

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího
(*Phylloscopus collybita*)

Bakalářská práce

Autor: Nikola Žilinčíková

Vedoucí práce: Ing. Lenka Hodačová

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikola Žilinčíková

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*)

Název anglicky

The impact of noise and light pollution on voice activity of Chiffchaff (*Phylloscopus collybita*)

Cíle práce

Posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*). Hlavním posuzovaným parametrem zpěvu bude jeho průběh v ranních hodinách při východu slunce a ve večerních hodinách při západu slunce.

Metodika

Výzkum bude probíhat na 4 typech lokalit (se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, s oběma antropogenními faktory a bez rušivých vlivů) v Praze a jejím okolí. V každé lokalitě budou umístěny diktafony do teritoria jedinců a nahrávání bude probíhat na všech typech lokalit najednou. Nahrávat se bude od začátku března do konce května za příznivého počasí (bez silného větru a bouřek). Diktafon bude na lokalitě vždy jeden den od odpoledne do druhého dne odpoledne, byla zachycena ranní a večerní případná noční vokalizace jedinců. Nahrávky budou následně vyhodnocovány, především bude porovnáván průběh zpěvu na odlišných typech lokalit.

Doporučený rozsah práce

cca 30

Klíčová slova

urbanizace, světelné znečištění, hluk, vokalizace, budníček menší (*Phylloscopus collybita*)

Doporučené zdroje informací

- Fuller R.A., Warren P.H. & Gaston K.J. (2007): Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters* vol. 3, 368-370.
- Kempenaers, B., Borgstrom, P., Loes, P., Schlicht, E. & Valcu, M. (2010): Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology*, Vol. 20, 1735-1739.
- Miller M. W. (2006): Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins. *Condor* 108, 130–139.
- Nemeth E., Pieretti N., Zollinger S. A., Geberzahn N., Partecke J., Miranda A. C. & Brumm H. (2013): Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. *Proc R Soc B* 280: 20122798.
- Nordt A. & Klenke R. (2013): Sleepless in Town – Drivers of the Temporal Shift in Dawn Song in Urban European Blackbirds. *PLoS ONE* 8(8).

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Hodačová

Garantující pracoviště

Fakulta životního prostředí

Konzultant

Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2016

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem „Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*)“, jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí práce Ing. Lenky Hodačové. Veškerá použitá literatura a další informační zdroje, které jsou v práci citovány, jsem uvedla v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne 12. 4. 2016

Poděkování:

Děkuji Ing. Lence Hodačové, vedoucí mé bakalářské práce, za její odbornou pomoc, čas a rady, které mi během psaní této práce poskytla.

Abstrakt

Stálý růst světové populace s sebou přináší zvyšování antropogenního vlivu na životní prostředí. V dnešní přetechizované době jsou vysoce sledovanými faktory, ovlivňujícími nejenom ptačí populace, světlo a hluk. Tyto faktory prostředí mohou negativně ovlivňovat ptačí zpěv a vzory chování sním spojené, běžně pozorované v přirozeném prostředí. Hlasový projev je pro ptačí druhy podstatou komunikace a je nezbytný pro životní pochody jedinců. Ptáci jsou proto pod vlivem stresorů nuceni k adaptaci na nově vznikající prostředí. Tato práce se zabývala sledováním vlivu světelného a hlukového znečištění na vokalizaci budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*) v ranních a večerních hodinách. Získaná data pocházela ze 4 typů lokalit (světelná, hlučná, světelně-hlučná, klidná), kde byly dané faktory zastoupeny především hlukem z dopravy a pouličním osvětlením. Vytipovány byly lokality s výskytem budníčka menšího a do jejich teritoria byly následně umístěny diktafony. Pomocí nich byly získány nahrávky jeho zpěvu, které byly následně analyzovány. Nahrávání probíhalo od dubna do května roku 2015, pouze za příznivého počasí (bez bouřek a silného větru). Sledován byl průběh a intenzita ptačího zpěvu. Pozorovaným výsledkem byl posun iniciace ranní vokalizace budníčka pod vlivem světelného i hlukového znečištění a zvýšená intenzita ptačího zpěvu v ranních hodinách na lokalitě ovlivněné světlem a na lokalitě hlučné při západu slunce.

Klíčová slova: urbanizace, vokalizace, ptačí zpěv, antropogenní znečištění, ranní vokalizace

Abstract

The continuing growth of the world's population causes increase of anthropogenic influence on environment. In this mechanized times the often observed factors with influence on (not only) birds populations, are light and noise. These factors of environment can have negative impact on birds song and behavior related to it. Vocal expression is essential for communication of bird species and is necessary for their life processes. The birds are therefore, under the influence of stressors, forced to adapt themselves to newly emerging environment. This work investigates the influence of light and noise pollution on vocalization of chiffchaff (*Phylloscopus collybita*) during the morning and evening hours. The obtained data came from 4 types of locality (light-polluted, noise-polluted, light-noise polluted and without pollution) where the factors were represented predominantly by the noise of traffic and by artificial night lighting. Localities with presence of chiffchaff were selected and voice recorder was then placed into his territory. The obtained records of his voice were subsequently analyzed. The recording was done since April until May 2015, solely during the good weather conditions (without storms and strong wind). A development and intensity of the birds song were compared. The spotted result was a shift of chiffchaff's morning vocalization initiation under the influence of light and noise pollution and increased intensity of bird's song in the morning hours, in the locality affected by light and also in the noisy locality during the sunset.

Key words: urbanization, vocalization, bird song, anthropogenic pollution, dawn chorus

Obsah

1	ÚVOD	8
2	CÍLE PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
3.1	VOKALIZACE	11
3.2	BUDNÍČEK MENŠÍ (<i>PHYLLOSCOPUS COLLYMBITA</i>)	13
3.3	VLIVY PROSTŘEDÍ	14
3.4	URBANIZACE	15
3.5	HLUK	16
3.6	SVĚTLO	19
4	METODIKA	22
4.1	STUDOVANÁ ÚZEMÍ	23
4.1.1	PRAŽSKÉ LOKALITY	23
4.1.2	LOKALITY V OKOLÍ BEROUNA	25
4.2	ZPRACOVÁNÍ DAT	28
4.3	ANALÝZA DAT	28
5	VÝSLEDKY	29
5.1	RANNÍ VOKALIZACE	29
5.2	VEČERNÍ VOKALIZACE	31
6	DISKUSE	33
7	ZÁVĚR	36
8	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
9	PŘÍLOHY	42
	SEZNAM PŘÍLOH:	42
	HLUKOVÁ MAPA PRAHY	42
	VÝSLEDKY KRUSKAL-WALLISOVA TESTU	43

1 Úvod

Po celém světě se živočišné druhy střetávají s vlivy okolního prostředí, jednak přirozenými a jednak antropogenními. Tyto faktory mohou ovlivňovat jedince, ale i celé populace živočichů a limitovat tak jejich přirozené projevy či naopak klást důraz na zvyšování jejich aktivit (Jaroš & Vosičková 1999). Omezením přirozených projevů jedince, může docházet k narušení jeho životního cyklu, změnám v reprodukci a ty mohou následně vyústit v případné evoluční změny (Kempnaers et al 2010; Verzijden et al. 2010).

Se studii ptačího zpěvu se začalo už na konci 19. století a již práce ze začátku století dvacátého mluví o světle, jako o faktoru iniciujícím ptačí zpěv (Miller 2006). Známým faktem je, že nejčastější denní dobou, kdy je aktivita ptáků co se týče zpěvu nejvyšší, je úsvit (Catchpole et al. 2008). Předpokládá se, že populace ptáků žijících v oblastech s vysokým množstvím umělého světla, bude výrazněji ovlivňována ve svých zvyklostech týkajících se zpěvu, oproti populacím žijícím mimo méně světelně znečištěná místa (Kempnaers et al. 2010). Ptáci ve vysoce osvětlených oblastech mohou začínat se svým zpěvem dříve, než jak tomu bylo v předchozích letech, kdy intenzita umělého světla byla nižší (Miller 2006).

Nejvyšší stupeň umělého osvětlení panuje beze sporu v nejhustěji obydlených částech. Velkoměsta a aglomerace, kde dosahuje míra urbanizace maximálních hodnot, jsou umělým osvětlením ohrožena po několika stránkách a jedním z nich je i riziko ekologické. Doprava, veřejné osvětlení a rušný noční život zcela mění charakter nočního prostředí a světelný smog unikající do okolí ovlivňuje i místa bez přímých zdrojů světla. Mimo antropogenní zdroje se může jednat i o vlivy přirozené, jako je světlo hvězd a měsíce (Wilson & Watts 2006).

Dalším nepříznivým faktorem ovlivňujícím chování živočichů je hluk. I když je v nočních hodinách oproti umělému světlu, které má primární význam v noci, míra hluku omezována, dosahuje hlučnost (až na některé výjimky) nejvyšších hodnot během dne. V urbanizovaných oblastech, městech a například podél dálnic je míra znečištění rušivá i v noci. Zdrojem může být opět noční život či kulturní akce, ale především doprava. Hluk z okolního prostředí může limitovat intenzitu ptačího zpěvu a snižovat tak účinnost jeho signalizace (Verzijden et al. 2010). Jedinec může

být pod vlivem stresoru nucen k vyšším výkonům či být jinak omezován. Což vede k nutnosti adaptovat se například přesunem iniciace zpěvu do méně hlučného časového úseku (Fuller et al. 2007).

Předmětem této studie jsou populace budníčka menšího a jeho vokalizace posuzované ve vztahu k hlukovému a světelnému znečištění ovlivňujícímu hnízdní stanoviště konkrétních sledovaných jedinců.

2 Cíle práce

- Posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*).
- Průzkum průběhu vokalizace jedince v ranních hodinách při východu slunce a ve večerních hodinách při západu slunce.
- Porovnání průběhu zpěvů sledovaných jedinců na odlišných typech lokalit (se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, s oběma antropogenními faktory a bez rušivých vlivů).

3 Literární rešerše

3.1 Vokalizace

Hlasový projev ptáků je klíčem k jejich vzájemnému dorozumívání. Zpěv, který u ptáků slouží ke komunikaci se zbylými příslušníky stejného druhu, je považován za signál. Pokud dochází ke komunikaci, v závislosti na signálu dojde ke změně v chování. Na dorozumívání tudíž přímo závisí chování jedinců. Ať už obranné, sexuální či sociální kdy vyslané signály slouží například ke vzájemné spolupráci (Veselovský & Dungel 2001; Catchpole & Slater 2008). Pro dorozumívání jsou důležité i vizuální signály, které jsou však za špatných podmínek či ve tmě nevyužitelné (Catchpole & Slater 2008). Jedná se například o zbarvení a strukturální rozlišení opeření samců či zbarvení zobáků, čehož je využíváno při výběru vhodného partnera. Nebo přímo aktivní vizuální projevy při zastrašování či útoku na soka či naopak pohyby při toku a další podobné vrozené vzorce chování. (Veselovský & Dungel 2001). Výhodou zvuku je, že se šíří do velkých dálek a ptáci mezi sebou mohou komunikovat až na několik kilometrů. Hlasový projev je pohotový a jedinci tak mohou rychle a jednoduše reagovat na aktuální problémy. Vystává pouze otázka, zda neustálý ptačí zpěv není pro jedince příliš energeticky náročný (Catchpole & Slater 2008). Energie obsažená v určitém zvuku je vyjadřována amplitudou hlasového projevu. Amplituda zvukových vln je spjata s hlasitostí zvuku. Vlny bývají měřeny v microbatech, avšak nejpoužívanější jednotkou hlasitosti je decibel (dB). Hladina zvuku se tedy mění s vlnovou délkou. Výška hlasu je charakterizována frekvencí, jejíž jednotkou je herz (Hz). U ptačího zpěvu se jedná o vyšší frekvenční hladiny, v průměru o 10,7 kHz. Ke studiu ptačích hlasových projevů se využívají oscilografy či sonografy, kde je frekvence hlasového projevu a časová struktura opticky viditelná a tudíž je následné rozpoznávání hlasové energie, čili amplitudy, objektivnější (Veselovský & Dungel 2001; Catchpole & Slater 2008).

Hlasové signály se rozdělují na zpěv a volání. Zpěv je obecně dlouhý, slouží k odlišení jedinců v rámci druhů a uplatňuje se tedy při ochraně teritoria. Mimo to je využíván převážně při námluvách k nalákání samičky samečkem, a tedy k výběru vhodného sexuálního partnera. Volání bývá kratší a vytváří jej obě pohlaví. Jedná se

v první řadě o varovná zvolání a poplašné signály, které díky svému jasnému poslání bývají srozumitelné i pro ostatní druhy. S obrannými signály se setkáváme například při voláních varujících mláďata před nebezpečím, jakým mohou být predátoři. Druhem zvolání je i prosba potomků o potravu. Každý druh je charakteristický svým zpěvem, avšak mnoho druhů ptáků disponuje více než jedním základním zněním svého zpěvu. Pěvci běžně disponují až 10 různými formami volání (Veselovský & Dungal 2001; Catchpole & Slater 2008). Podobné druhy, které se od sebe zrovna příliš neliší svým zevnějškem, se však výrazně liší svým hlasovým projevem (Slagsvold 1977; Lampe & Espmark 1987; Catchpole 1973 ex. Catchpole & Slater 2008). Během období, kdy dochází ke společnému soužití těchto druhů ve stejné oblasti výskytu, je tato odlišnost zásadní překážkou pro případné mezidruhové křížení. Výsledkem odlišnosti hlasového projevu v rámci druhů mezi populacemi, které žijí odděleně, je tvorba dialektu ptačího zpěvu. U jedinců, kteří přicházejí do kontaktu s oddělenou populací, dochází k výskytu obou dialektů a případně smíšených hlasových projevů. Význačné dialekty se vyskytují i v populacích budníčka menšího (Veselovský & Dungal 2001).

Ke zpěvu dochází u většiny druhů výhradně v určitých úsecích v roce a ve specifickém denním rytmu. Nejvhodnější dobou pro jeho sledování je časně ráno. V ranních hodinách je ptačí zpěv nejčastější. Tento jev se označuje jako „dawn-chorus“ (Catchpole & Slater 2008). Podle studie Kacelnik & Krebs (1982), která zkoumala ranní vokalizaci sýkory koňadry (*Parus major*), je hlavním důvodem nejintenzivnějšího zpěvu ptáků kombinace tří faktorů. Jedná se o klimatické podmínky ovlivňující obranu území a potravu. Pro shánění potravy je z hlediska tělesné kondice a klimatického stavu časně ráno nevhodné. Naopak pro hlasovou aktivitu, jsou z hlediska akustiky tyto podmínky účelné. V tuto ranní dobu je také nutná obrana teritoria, před případnými invazemi ostatních jedinců, která je s vokalizací ptáků spojena. Během roku k výraznějšímu hlasovému projevu ptáků nedochází, na jaře však jejich zpěv dosahuje svého vrcholu. S návratem migrujících ptáků, spojeného s obavami o teritoria místních jedinců je nutná jejich obrana. Také příchod období rozmnožování a potřeby vábení samiček, je jedním z důvodů (Catchpole & Slater 2008). V několika studiích bylo potvrzeno, že aktivita spojená se zpěvem koreluje s dobou snášení vajec. Zvyšující se délka dne a množství testosteronu v krevním oběhu podmiňuje sezónnost zpěvu (Quispe et al. 2016;

Catchpole & Slater 2008). Zvýšení produktivity zpěvu je v mírných pásmech běžně zapříčiněno zvyšováním účinku doby denního světla, což je spojené se zvýšenou produkcí testosteronu. Na podzim nastane opak, který je opět spojen s poklesem intenzity zpěvu (Catchpole & Slater 2008). I podle Quispe et al. (2016), byla iniciace zpěvu korelována se zvětšením androgenního receptoru (který je spjat s aktivitou samčích pohlavních orgánů) v HVc (high vocal center), což je oblast mozku, která má na starost ptačí zpěv (Reiner et al. 2004).

Ptačí zpěv není ovšem jen výsadou samců. V odstavci výše bylo popsáno, jak zpěv ovlivňuje samčí hormon testosteron. V krvi samic je obvykle jeho hladina nízká, ojediněle však může dojít k jeho navýšení nad hraniční úroveň. To následně velmi často vyústí v projevy samic zpěvem (Catchpole & Slater 2008). U některých druhů je tedy samičí zpěv srovnatelný se zpěvem samčím (Garamszegi et al. 2007) Takovým typickým druhem je červenka obecná (*Erithacus rubecula*) (Catchpole & Slater 2008). Garamszegi et al. (2007), ve své studii zjistili, že z 233 druhů evropských zpěvných ptáků je u 101 z nich známo, že zpívají mimo samců i samice. Pouze u 8 druhů bylo jasně uvedeno, že není znám žádný případ, kdy samice zpívá a u zbylých 124 druhů nebyly nalezeny vůbec žádné zmínky. Minimálně u dvou taxonů bylo zjištěno, že na přítomnost samičích zpěvů má vliv dědičnost, přičemž následné evoluční změny mohly zapříčinit jejich ztrátu či zanechání zpěvu samotnými samicemi.

3.2 Budníček menší (*Phylloscopus collymbita*)

Jedná se o malý druh, z řádu pěvců (*Passeriformes*), patřící do čeledi budníčkovití (*Phylloscopidae*). Příbuzným druhem je budníček větší (*Phylloscopus trochilus*) a budníček lesní (*Phylloscopus sibilatrix*). Budníček menší je nejmenším z nich s velikostí 7-9 gramů (Rodrigues & Crick 1997). Šťastný et al. (2011) přirovnávají jeho tělesnou velikost k polovině velikosti vrabce. Barevně je svrchní strana popisována jako zelenošedá nebo hnědavě olivová. Strana spodní podobně, ale světleji zbarvená (Černý 1980). Šťastný et al. (2011) uvádí spodinu jako špinavě bílou se světlehnědým odstínem na bocích a žlutým žilkováním na prsou. Křídla a ocas jsou hnědé a nohy tmavé.

V přírodě nejčastěji najdeme jednotlivcem pohybující se ve stromových porostech a křovinách, ve kterých staví také svá hnízda. Obecně vytváří hnízda nízko

nad zemí nebo přímo na zemi v husté trávě. Následně hnízdí v období od dubna do července. Podle Šťastný et al. (2011) je budníček menší dominantním druhem v mnoha typech lokalit. Uvádějí také, že v rozptýlené zeleni se vyskytuje zhruba 0,8 – 21 páru na 10 ha a v parcích a městské zeleni asi 1,7 – 21,3 párů na 10 ha. Dle statistiky, se v letech 2001 – 2003 vyskytovalo na území republiky 900 000 – 1,8 milionu párů (Šťastný et al. 2006). Zeměpisná variabilita je klinální a týká se především intenzity zbarvení a tělesné velikosti. Typ rozšíření, je u budníčka menšího palearktické. Je zčásti tažným druhem zimujícím převážně v Africe, ale částečně i v Asii a výjimečně v Evropě (Šťastný et al. 2011). Ve střední Evropě tedy reprezentuje tažného ptáka s krátkou tahovou cestou (Veselovský & Dungel 2001).

Budníček menší je svým charakteristickým, pravidelně a intenzivně se opakujícím zpěvem „cilp calp“ nezaměnitelný. Hlasově aktivní je převážně od poloviny března do první či druhé poloviny dubna. Poté se jeho aktivita snižuje, avšak zpívá částečně až do druhé poloviny července. Následně s blížícím se koncem srpna, dochází k ukončení a jeho hlasový projev tedy klesne na nulu (Šťastný et al. 2011).

3.3 Vlivy prostředí

Změny faktorů vnějšího prostředí označovány jako stresory, mají za následek reakce různého charakteru. Nejčastější typ reakcí jedinců se projevuje v podobě adaptací. Změny prostředí, zapříčiněné převážně kombinací abiotických a biotických faktorů, které se navzájem překrývají, zesilují či eliminují, mají odlišnou dobu trvání a různou intenzitu. Odpovědi na tyto stresory mají také různý průběh (Jaroš & Vosičková 1999). Za důležité abiotické faktory, které ovlivňují ptačí zpěv, jsou považovány změny počasí. Vlivem nepříznivého počasí může docházet k útlumu ptačího zpěvu, zejména v horku či vlhkém prostředí (Catchpole & Slater 2008). Ve studii, která zkoumá vliv čtyř vnějších faktorů na začátek zpěvu dvou ptačích druhů, kosa černého (*Turdus merula*) a bulbula zahradního (*Pycnonotus barbatus*), uvádí Hasan (2010) jako hlavní faktor právě počasí. Konkrétně se jednalo o déšť a vítr. Ostatní faktory, kterými bylo měsíční světo, pouliční světlo a hluk, neměli vliv žádný. Taktéž množství mraků na obloze vliv nemělo. Hill et al. (2005) jako nepodložený důkaz zmiňují eventuelně možné ovlivnění zpěvu ptáků při zhoršení počasí v případě, kdy dojde k překrytí slunečního svitu temným mrakem. Ve studii, která byla prováděna na lelkovi křiklavém (*Caprimulgus vociferus*) Wilson & Wats

(2006) předkládají důkaz vztahu mezi zpěvem pozitivně korelovaným se vzrůstající intenzitou měsíčního světla.

3.4 Urbanizace

Ve vysoce urbanizovaných zónách je míra ovlivňujících faktorů vyšší než v odlehlejších venkovských oblastech. Zvyšování je zapříčiněno výskytem antropogenních zdrojů znečišťujících tato prostředí. Napříč celým světem dochází k neustálému zvyšování míry urbanizace (Marzluff et al. 2001; Fuller et al. 2007). Ta značně ovlivňuje jak ekologii, tak evoluci a chování volně žijících zvířat (Iraudeau et al. 2014). Vlivem urbanizace dochází ke fragmentaci krajiny, degradaci stanovišť a to ve městských ekosystémech zapříčiňuje výskyt homogenních společenstev (Proppe et al. 2013). Ty jsou charakteristická obdobnými vzorci chování, jako je typická strava a stravovací zvyky či umístění (výška) hnízda. Takové výsledky se u stejných druhů mohou vyskytovat i na jiných místech. Kvůli omezením vznikajících jako důsledek městské krajiny, závisí výskyt druhu na těchto lokalitách na jeho citlivosti a schopnosti tyto bariéry tolerovat. Životní charakteristiky některých druhů totiž mohou při osidlování měst těmto jedincům překážet (Clergeau et al. 2006). Behaviorální strategie těchto jedinců nám mohou poskytovat informace o míře citlivosti ostatních druhů na tyto městské selekční tlaky (Slabbekoorn & Den Boen-Visser 2006). Postupné navyšování urbanizace má za následek nahrazení mnoha druhů menšími počty několika úspěšnějších, kterým se na urbanizovaných stanovištích daří (Crooks et al. 2004) Komunity ptáků ve městech jsou ve své struktuře velmi jednoduché a tvoří je nízký počet druhů a jen několik dominantních ptáků (Clergeau et al. 2006). Prostředí způsobující selektivní tlaky, napomáhá tvorbě širokého hlasového spektra a tyto změny ptačího hlasu hrají důležitou roli v evolučních procesech ovlivňujících ptačí biodiverzitu. (Slabbekoorn & Den Boen-Visser 2006). Druhy nepůvodní a ptáci citliví na urbanizaci se v městských oblastech téměř nevyskytují. Velká diverzita těchto druhů je hlavně v nefragmentovaných oblastech. V městech jsou časté antropofilní či synantropní druhy jako jsou například sýkory (*Parus*) (Crooks et al. 2004).

3.5 Hluk

Podle definice je za hluk považován jakýkoliv nežádoucí zvuk. Ten je ovšem přirozeným projevem nejen lidské činnosti. Hluk je tedy výsledkem maximalizace těchto zvuků. S rostoucí urbanizací a přetechnizováním je hluk typickým produktem civilizačního procesu, který negativně působí na své okolí (Vaňková 1996). Adamec (2008) uvádí, že podle dosavadních průzkumů tvoří přibližně 60 % z celkové hlukové zátěže obyvatelstva hluk v mimopracovním prostředí. Z těchto 60 % poté tvoří až 85 % hluk ze silniční dopravy. V některých vyspělých státech světa je hluk považován za důležitý element znečišťování životního prostředí (Vaňková 1996). Zvuk je šířen do okolí za pomoci mnoha faktorů prostředí. Zejména jde o teplotu a vlhkost vzduchu, proudění vzduchu a v neposlední řadě také kvalitu povrchů předmětů (Adamec 2008). Šíření zvukových signálů mezi původcem a příjemcem může být okolním hlukem oslabováno (Fuller et al. 2007). Hluk taktéž negativně ovlivňuje účinky signalizace (Verzidjen et al. 2011). Obrana teritoria a vábení partnera jsou dvě nejdůležitější funkce ptačích signálů. Okolní hluk, který tyto signály ruší, může tak u ptáků způsobovat stres. Například hluk maskující blížícího se predátora anebo varovný signál s tím spojený. V důsledku toho může docházet ke snižování fitness a reprodukční úspěšnosti samic (Slabbekorn & Ripmeester 2008; Halfwerk et al. 2011).

Zvuk je důležitý pro život mnoha druhů živočichů, ptáků nevyjímaje (Verzidjen et al. 2011). Pro ptáky je zvuková komunikace velice důležitá a jedinci, kteří žijí v blízkosti hluku jsou nuceni se s tím vyrovnat (Fuller et al. 2007). Sýkora koňadra je druhem, který je hlukem ovlivňován méně než jiné druhy (Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006). Vykazuje rysy, které mohou jiné druhy postrádat a být tím v hučném prostředí více znevýhodňovány (Slabbekoorn & Ripmeester 2008). Výsledky výzkumů, mapujících zpěv několika druhů ptáků běžně žijících ve městech ukázaly, že tam kde je vyšší množství nízkofrekvenčního hluku, zpívají ptáci ve vyšších frekvencích než je obvyklé (Proppe et al. 2013). K těmto změnám dochází ve velmi krátkém časovém rozmezí. Jedna z mála studií, která se zabývala vokalizací budníčka menšího se zaměřila na změnu frekvence. Budníčci zpívali při vyšších frekvencích podél hlučných dálnic oproti zpěvu v klidném okolí řeky. Při expozici jedinců hluku, došlo k přesunu jejich zpěvu do vyšších frekvencí téměř okamžitě, a to zhruba v úseku 10 písní. (Verzidjen et al. 2011). Maskování nízkofrekvenčního

šumu z dopravy je spojené se zvýšenou frekvencí, kdy dochází i k nárůstu zvukové amplitudy. Frekvence má pak v závislosti na změně amplitudy ještě mnohem větší účinek (Nemeth et al. 2013). Frekvence je počet zvukových vln, vyskytujících se v daném časovém úseku. Vyšší frekvence utváří více pronikavý zvuk, kdežto nižší frekvence zvuk méně ostrý (Constantine et al. 2006). Proto některé ptačí druhy reagují na hluk zvyšováním frekvence svých písní. Snaží se tak přebít nízkofrekvenční šum na pozadí města (Nemeth et al. 2013; Proppe et al. 2013). Morfologické vlastnosti jedinců jako je velikost, tvar či možné rozevření zobáku, jsou však pro tuto adaptaci omezující. U hýla rudoprsého (*Haemorhous mexicanus*) se korelace mezi hlasovými projevy a velikostí zobáků ve městech liší od projevu tohoto vztahu na venkově. V urbanizovaných a více narušených oblastech byly zobáky hýla delší a užší a horní hranice frekvence zpěvu klesala ve vztahu k morfologii zobáku (Giraudeau et al. 2014). Další možnou adaptací, díky které se ptáci vyrovnávají s vyšším hlukovým znečištěním během dne, je posun jejich hlasové aktivity na jinou denní dobu, než je tomu běžně zvykem. Fuller et al. (2007) zkoumaly, zda se červenka obecná (*Erithacus rubecula*) uchyluje spíše k nočnímu zpěvu, za účelem minimalizovat narušování okolním městským hlukem. Průměrná denní hladina hluku byla v jejich případě 10 dB. V místech, kde ptačí zpěv pokračoval i v nočních hodinách, byla úroveň hluku ještě vyšší než daný průměr. Což signalizuje, že ptáci buď přímo upřednostňují zpěv v nočních hodinách anebo jsou nuceni zpívat ještě dále za klidnějších podmínek k nahrazení ztrát zapříčiněných nedostatečnou signalizací během hlučné části dne.

Vlivem hluku dochází ke snížení druhové pestrosti během hnízdění, což zapříčiňuje vznik odlišných ptačích společenstev. Nepřímo ale napomáhá reprodukčnímu úspěchu některých jedinců v důsledku narušení interakcí dravec-kořist. Tento reprodukční úspěch u ptáků běžně žijících na hlučných stanovištích, vede k jejich většímu úspěchu při hnízdění, ale současně k vymizení méně přizpůsobivých druhů. Ti trpí nejen vyloučením z těchto lokalit, které by pro ně za lepších podmínek mohly být vhodným prostředím, ale i vyšší mírou hnízdění predace, než druhy přizpůsobivější (Francis et al. 2009). Samice bývají limitovány menší velikostí hnízda, k čemuž v hlučné oblasti dochází. Důsledkem negativního vlivu hluku je i nižší početnost mláďat (Halfwerk et al. 2011). Nejde tedy jen o městská stanoviště jako taková. S větší mírou hluku je nutno se vypořádat i mimo lidská

obydlení a to především kolem frekventovaných silnic a dálnic. V blízkosti silnic dochází taktéž ke snižování druhové rozmanitosti, nejvíce na místech s vyšší úrovní provozu (Slabbekoorn & Ripmeester 2008; Summers et al. 2011). Podle Summers et al. (2011) se druhové bohatství zvyšuje s rostoucí vzdáleností od dálnic. Ta je spojena se snižujícím se hlukem z dopravy. Avšak hluk nevidí jako hlavní příčinu tohoto efektu. Tu vidí spíše v úmrtnosti zapříčiněné silničním provozem. Hluk se mění jak prostorově tak i v čase. Dle Halfwerk et al. (2011), byla měřená míra hluku vyšší během dne než v noci a všední dny byly hlučnější než dny víkendové. Důležitým poznatkem je, že hluk z dopravy se překrýval se zpěvem ptáků jak v čase, tak i ve zvukových frekvencích. V případě železnic je tomu jinak. Wiącek et al. (2015) tvrdí, že i když se hluk s větší vzdáleností od železnice snižuje, nejvyšší počet a četnost druhů žije v blízkosti kolejí. Hluk z železniční dopravy tedy na ptáky žijící ve zkoumané oblasti (792 jedinců, 42 druhů) neměl vůbec žádný vliv. Což je vysvětlováno tím, že vlaky které danou oblast projíždějí v určitých časových intervalech, v tomto případě představují bodové zdroje hlukového znečištění. Kdežto u frekventovaných silnic je míra hluku neustálým lineárním zdrojem.

Francis (2015) se snažil odhalit faktory zodpovědné za citlivost ptáků na hluk. Porovnáním 183 ptačích druhů ve využívání jejich biotopů v hlučných a klidných lokalitách. Určité vzorce ve využívání stanovišť konkrétních jedinců v reakci na antropogenní hluk interpretovaly vokální frekvence, strava a zdroj potravy. Na rozdíl od velikosti těla, hnízda (umístění, velikost a typ) a typu antropogenního hluku, které změny v užívání stanovišť nepredikovaly. Pro pochopení a řízení změn v oblasti hluku je důležitá znalost druhově specifických odpovědí a následné kumulativní účinky na jedince. Zásadní význam pro zachování ekologických procesů a udržitelnost biodiverzity v krajině, mají zejména druhy s důležitými vazbami v rámci ekosystému (Francis et al. 2009). Opatření, která by snižovala úroveň antropogenního hluku, by tak napomáhala k lepšímu životnímu prostředí nejen lidí, ale i ke zlepšení životních podmínek pro reprodukci mnoha druhů. Základem jsou investice (hlukové bariéry), které jsou finančně náročnější nebo nutnost omezení dopravy a tím i hluku z ní (Slabbekoorn & Ripmeester 2008). Summers et al. (2011) ovšem namítají, že spíše než úpravou automobilů a vozovky za účelem snížení hluku, by se měla pozornost raději zaměřit na snížení úmrtnosti

jedinců, vlivem dopravy. Východiskem je kompromis mezi ekonomickým a ekologickým významem.

3.6 Světlo

Světlo obecně není nežádoucím faktorem působícím na organismy. Nechtěným se stává tehdy, kdy je míra světla zapříčiněna především antropogenními činiteli až na tolik vysoká, že negativně ovlivňuje přirozené chování jedinců. Světlo bývá nejčastěji měřeno v luxech. To je však vyjádřeno ve vlnových délkách vnímaných lidským zrakem. Existují však vlnové délky vnímané organismy, které jsou pro lidské oko neviditelné. Světlo tedy vnímají odlišně. Ekologové by tedy měli osvětlení měřit raději ve fotonech na m^2 za sekundu spolu s vlnovými délkami příslušného zdroje osvětlení (Longcore & Rich 2004). Organismy se běžně přizpůsobují délce světelné části dne i noci, která se během roku přirozeně mění. Tento jev je nazýván fotoperiodismus. Organismy v souvislosti se sezónností spoléhají na vnější podněty prostředí, s cílem maximalizovat svoji kondici (Russ et al. 2015). U samců je tímto typickým projevem řízení jejich pohlavní aktivity v závislosti na světle. Kdy prodlužování světelné části dne na jaře vede ke snižování syntézy melatoninu s čímž je spojen následný rozvoj pohlavní aktivity samců (Jaroš & Vosičková 1999). Především zpěvní ptáci přizpůsobují své chování rytmu dne a noci, tedy čas jejich ranního zpěvu podle měnící se intenzity světla (Nordt & Klenke 2013).

Interakce organismů spojené s přírodním světlem jsou zkoumány již dlouhá léta. Umělé osvětlení se nyní dostává do popření díky stálému zvyšování jeho intenzity a rozptylu skrze přirozená stanoviště. V důsledku ovlivnění tohoto faktoru může u některých druhů zvířat docházet k dezorientaci, oslnění a případně až ke smrti (tažní ptáci, želvy). Běžně se ale můžeme setkat se změnami vrozeného chování, změnami v reprodukci (načasování) či k omezování v komunikaci a potravních zvyklostech jednotlivých druhů. Pod pojmem ekologické světelné znečištění, je zahrnuto jak přímé osvětlení, tak nečekaná, chronicky či periodicky zvýšená míra světla (Longcore & Rich 2004).

Nejčastěji sledovaným projevem ptačích druhů je posun vokalizace podmíněný vyšší mírou osvětlení. Tato hypotéza tedy předpokládá, že ptáci hnízdící v oblastech s velkým množstvím umělého světla začínají se svými hlasovými projevy

na začátku dne dříve, než v oblastech s žádnou nebo nižší intenzitou umělého osvětlení. Stejně tak i v nočních hodinách při západu slunce, kdy může docházet k prodlužování hlasové aktivity jedinců. Pokud tedy světlo iniciuje ptačí zpěv, pak by načasování ranního zpěvu mělo pozitivně korelovat s ranní intenzitou světla (Miller 2006). Tuto skutečnost ve své práci Miller (2006) potvrdil. Ke stejnému závěru došel i Kempnaers et al. (2010). Ten se ve své studii zaměřil nejen na účinky umělého osvětlení na počátek vokalizace, ale také na reprodukci jedinců sýkory modřínky (*Parus caeruleus*). Samci, kteří zpívali dříve, měli i prokazatelně větší úspěch v získávání samic. Ty dávaly často přednost i mladším samcům, kteří by pro ně za normálních okolností nebyli tolik atraktivní. Dále pak zkoumal vliv světla i na snůšky samic. V teritoriích hnízdících samic sýkory modřínky, docházelo pod vlivem umělého osvětlení k dřívějšímu snášení vajíček v průměru o 1,5 dne. Na území bez osvětlení k posunu načasování nedocházelo. Na dobu snůšky má značný vliv věk samic. V tomto případě však teritoria poblíž osvětlených ulic neobývaly o nic více dospělé samice než samice mladé.

Přirozené střídání světla a tmy je dnes natolik pozměňováno lidmi, že umělé noční osvětlení má pravděpodobně za následek značné množství změn v ekologii společenstev tak i změn ekosystémových (narušení vztahu predátor-kořist, reprodukce, hnízdění). V urbanizovaném světě je však velké množství dalších ovlivňujících faktorů a zajímavým aspektem změn mohou být kumulativní vlivy všech těchto složek tvořící antropogenní znečištění. Umělé osvětlení tak bude často korelovat s faktory jako je doprava, výstavba, hluk apod. (Longcore & Rich 2004). Zatím bylo provedeno jen pár studií zkoumajících vliv hluku na chování druhů s uvážením dalších faktorů, kterým je právě třeba umělé osvětlení. Podle výsledků práce Nordt & Klenke (2013), prokazuje vzájemný vztah okolního hluku a světelného znečištění s cykly a vzorci aktivit u zkoumaného kosa černého. Byla zjištěna možná souvislost mezi antropogenním hlukem, nočním osvětlením a začátkem zpěvu. Hluk zapříčinil posun nástupu zpěvu z části lineárně, zatímco umělé noční dosáhlo asymptotické hodnoty a další jas již nepřispěl k další změně. V jiné studii (Russ et al. 2015), byly zkoumány důsledky umělého osvětlení na fyziologické vlastnosti jedinců kosa černého. Sezónní výkyvy abiotických faktorů, individuální podmínky, ale i světlo ovlivňuje reprodukční a stresovou fyziologii. K podstatné pozitivní korelaci došlo mezi umělou noční intenzitou světla a množstvím

kortikosteronu (stres), k negativní potom s hladinou estrogenu u samic. Vliv na hladinu testosteronu u samců zjištěn nebyl. Uvádějí tedy, že umělé světlo může být ptáky vnímáno jako slabý, ale chronický stresor, který v interakci s hypotalamusem, hypofýzou a pohlavními žlázami vede ke snižování sekrece reprodukčních hormonů. Pro druhy jako je kos, není tento vliv výrazně škodlivý, ale může být hrozbou v době, kdy dojde ke zhoršení podmínek.

4 Metodika

Samotný výzkum vokalizace budníčka probíhal za pomoci diktafonů Sony IC recorder ICD-PX312/PX312F, které byly v období od začátku dubna do konce května 2015 umístovány na vybraných sledovaných místech. Diktafony byly opatřeny obalem, kvůli ochraně před vnějšími vlivy a zároveň jím byly kryty a sloužil tak jako maskování před případnými zloději. Takto opatřené diktafony byly každý týden ve stejný stanovený den, avšak pouze za dobrého počasí, umístovány na konkrétní místo ve všech 4 typech lokalit. Dobrým počasím rozumějme stav bez silného větru a bez bouřek, jelikož tyto faktory mohou vokalizaci jedinců pozměňovat a z pořízených nahrávek je zpěv i špatně slyšitelný. Na každé lokalitě byly rozmístěny tři diktafony a to vždy nejbližší místu, kde byla co nejlépe vysledovaná hlasová aktivita jedince. Diktafon byl umístěn na zem do houští, křoví, ke stromu a následně přikryt vegetací, opadanými listy apod., jako maskování. Jelikož byla potřeba zkoumat hlasový projev hodinu před západem a taktéž i 3 hodiny po východu slunce, diktafony byly na místo dodány vždy ten den s předstihem a sbírány byly po té druhý den ráno nejdříve po třech hodinách od východu slunce.

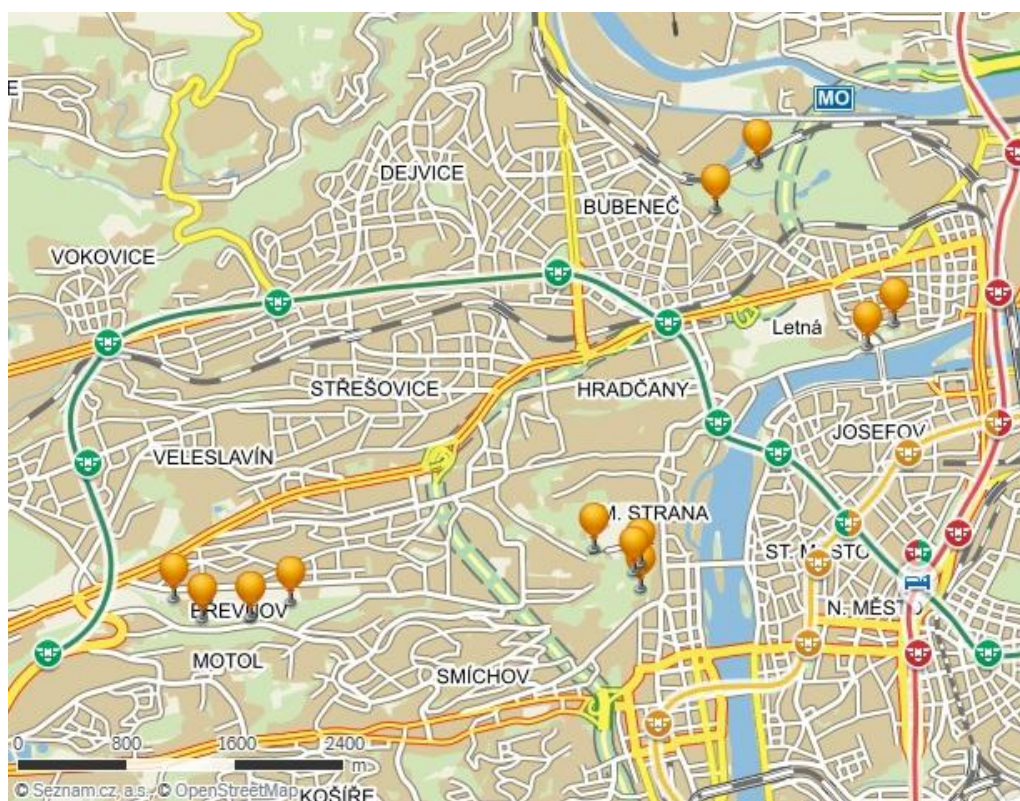
Sběr dat probíhal na čtyřech typech lokalit (tabulka 1). Lokality ovlivněné pouze světlem a lokality pod vlivem světla a hluku současně byly vybrány v Praze (obrázek 1). Jako lokality s oběma faktory byly vytipovány parky u hlučných silnic. Jednalo se o Kinského zahrady, Letenský park a severní část parku Ladronka. Jako lokality se světelným znečištěním byly vybrány klidné osvětlené parky, kde zdrojem osvětlení byly pouliční lampy. Intenzita jejich osvětlení měřena nebyla. Těmito lokalitami byly Petřínské sady, park Stromovka a jižní části parku Ladronka. Výběr lokalit s hlukovým znečištěním probíhal s pomocí hlukové mapy Prahy (příloha 1). Lokality ovlivněné hlukem a lokality klidné byly sledovány v okolí města Berouna. Tyto nahrávky byly pořízeny Bc. Martinem Vlachem (obrázek 2).

4.1 Studovaná území

světlo + hluk	světlo	hluk	Klid
Kinského zahrady	Petřín	Loděnice	Okolí obce Nižbor
Letenské sady	Stromovka	Beroun U nemocnice	Rozhledna Děd
Ladronka – S	Ladronka – J	Lesopark Knihov	Okolí obce Felbabka
		Lom Kosov	Okolí obce Jince

Tabulka 1. Přehled lokalit

4.1.1 Pražské lokality



Obrázek 1. Mapa lokalit – Praha (zdroj: mapy.cz)

Petřín a Kinského zahrady

Jedná se o dvě na sebe navazující lokality v centru Prahy, nacházející se v městské části Prahy 1 na levé straně řeky Vltavy. Obě tyto oblasti společně tvoří PP Petřín.

Vliv světla byl zkoumán v komplexu zahrad vrchu Petřína, především se jedná o Petřínské sady, ale částečně i o okolní zahrady (Lobkovická, Seminářská

zahrada a Nebozítek). V jarním období jsou dominantou Petřina rozkvetlé ovocné sady (ENVIS).

V Kinského zahradách byly za ovlivňující faktory označeny světlo i hluk současně. Konkrétně vliv světelných účinnů pouličního osvětlení a hluku z nedaleké frekventované silnice, kudy vede i tramvajový pás. Zahrada se nachází na jihovýchodním svahu Petřina (ENVIS). Dominantními dřevinami jsou zde dub zimní (*Quercus petraea*), habr obecný (*Carpinus betulus*) a javory mléč, klen a babyka (*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*). Z nepůvodních stromů se zde vyskytuje jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*) nebo ořešák královský (*Juglans regia*). Z keřů je zde pěstován nepůvodní pámelník bílý (*Symphoricarpos albus*) a tavolník (*Spiraea* sp.) (Bratka et al. 2011).

Letenské sady a park Stromovka

Tyto oblasti jsou situovány severněji, vyskytují se na území městské části Praha 7. Jejich vzájemná vzdálenost je zhruba 1 kilometr.

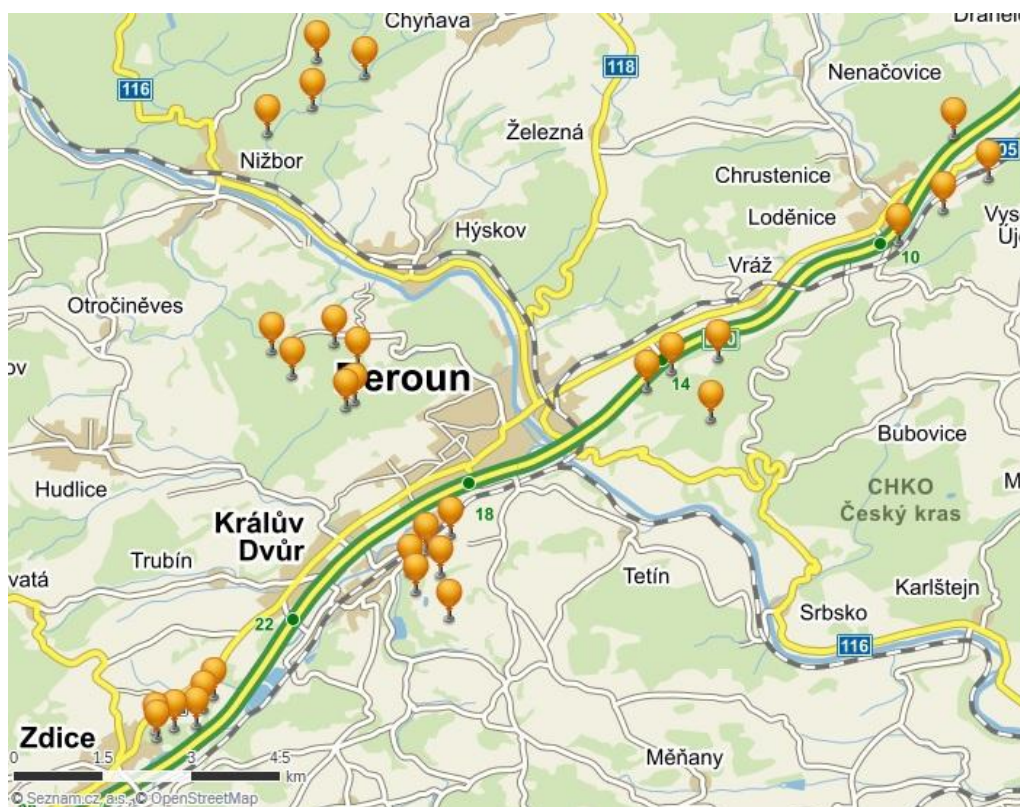
Letenské sady byly vybrány jako lokalita vhodná na posouzení obou faktorů. Oblast je výrazně ovlivněna nočním osvětlením a ovlivnění hlukem je ještě znatelnější. Ze všech stran na místo působí hluk z automobilové dopravy, ale i tramvajové. V této čtvrti je také značná přítomnost člověka, díky různým sportovním a kulturním aktivitám. Mezi nejčastější dřeviny patří jírovec maďal, jasan ztepilý a platan javorolistý (*Platanus hispanica*).

Královská obora stromovka byla určena jako lokalita pouze světelná. Občasný hluk je patrný minimálně z dvou železničních tratí procházejících územím. Stromové a keřové patro je výrazně ovlivněno člověkem a v oboře se tak vyskytuje velké množství druhů dřevin jak původních, nepůvodních tak i jejich kultivarů. Mezi běžnější pěstované druhy patří jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), javorovec jasanolistý (*Negundo aceroides*), smrk omorika (*Picea omorica*), smrk pichlavý (*Picea pungens*), borovice černá (*Pinus nigra*) a jerlín japonský (*Sophora japonica*). Z málo častých druhů je to například sekvojovec obrovský (*Sequoiadendron giganteum*) a téměř 20 taxonů dubů (*Quercus* sp.) (Kohlík 2009).

Park Ladronka

Oblast je situována nejzápadněji ze všech studovaných. Spadá do městské části Praha 6. Severní část parku byla vyhodnocena jako lokalita světlo-hlučná a jeho odlehlejší jižní část jako světelná. Park je po celém obvodu ohraničen silnicemi, okolo jeho jižní části však není tak výrazná zástavba, jako v části severní. Tam je také větší aktivita lidské činnosti. Mezi převládající dřeviny patří: javor klen, dub letní (*Quercus robur*), borovice a smrky (*pinus sp.*, *picea sp.*) a je zde i hojné keřové patro.

4.1.2 Lokality v okolí Berouna



Obrázek 2. Mapa lokalit – Beroun (zdroj: mapy.cz)

Okolí obce Nižbor a Rozhledna Děd

Tyto dvě klidné lokality, se nacházejí severovýchodně od města Beroun. Od sebe jsou vzdáleny zhruba 5 km (Mapy.cz).

U obce nižbor byly diktafony umístěny na 5 místech. Podle aplikace MapoMat, se zde vyskytují tyto biotopy: luhy a olšiny a acidofilní doubravy. Na složení dřevin biotopu luhů a olšin, se podílejí převážně olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), dalšími listnatými stromy bývají javory (mléč a klen). Dalšími druhy pak

dub letní a lípa srdčitá (*Tilia cordata*). Z jehličnanů se vyskytuje smrk ztepilý (*Picea abies*). Z keřového patra, které bývá husté a druhově bohaté jsou to druhy jako svída krvavá (*Cornus sanguinea*), bez černý (*Sambucus nigra*) či vrba jíva (*Salix caprea*). U acidofilních doubrav je dominantním druhem dub zimní a dub letní, doprovodným druhem je bříza bělokorá (*Betula pendula*) a případně jedle bělokorá (*Abies alba*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a topol osika (*Populus tremula*). Z keřového patra je to potom krušina olšová (*Frangula alnus*) (Chytrý et al. 2001).

Dalších 6 míst, kde probíhalo nahrávání vokalizace, je v okolí rozhledny Děd. Ta se nachází na stejnojmenném vrchu Děd v nadmořské výšce 492 m n. m (Mesto-beroun.cz). V této oblasti se vyskytují převážně bikové bučiny (MapoMat), které jsou charakteristické výskytem buku lesního (*Fagus sylvatica*) a příměsí dalších listnatých (javor klen, dub letní, dub zimní, lípa srdčitá) a jehličnatých dřevin (jedle bělokorá, smrk ztepilý). V tomto biotopu převažuje absence keřového patra (Chytrý et al. 2001). V menší míře se v této oblasti vyskytují ještě luhy a olšiny a acidofilní doubravy, stejně jako na předchozí lokalitě (MapoMat).

Okolí obce Felbabka a obce Jince

Mezi další klidnou lokalitu patří okolí obce Felbabka. Nachází se jihozápadně ve vzdálenosti přibližně 18 km od města Berouna (Mapy.cz). Nahrávání probíhalo na 6 místech v jejím okolí, kde se vyskytují 3 základní biotopy. Bikové bučiny, které byly již popsány výše. Dále květnaté bučiny a třetím biotopem jsou dubo-habrové háje (MapoMat). V biotopu květnatých bučin převládá buk lesní, který doprovází javor mlč, javor klen, habr obecný, jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dub zimní, lípa srdčitá, lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*) a jilm horský (*Ulmus glabra*). Keřové patro bývá zastoupeno lískou obecnou (*Corylus avellana*), lýkocem jedovatým (*Daphne mezereum*), bezem červeným (*Sambucus racemosa*), jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*) a jinými. Dubohabřiny tvoří převážně habr obecný, dub zimní anebo dub letní. Vedlejšími druhy mohou být lípa srdčitá nebo javor babyka. Keřové patro většinou tvoří druhy stromového patra doplněny o lísku obecnou či hloh obecný (*Crataegus laevigata*) (Chytrý et al. 2001).

Poslední klidná lokalita byla v okolí obce Jince, která se nachází jihozápadně od města Berouna. Zde se nahrávalo na 5 místech v pásnu posádkového cvičiště

Jince, v okrajové zóně CHKO Brdy, zhruba 22 km od centra města Berouna (Mapy.cz). V těchto místech se vyskytují pouze květnaté bučiny (Mapomat).

Obec Loděnice a Beroun

Mezi hlučné lokality byly vybrány místa v blízkosti dálnice D5, která spojuje Prahu s Plzní a vede až k hranici České republiky s Německem (Dálnice d5). Intenzita dopravy je v tomto úseku dálnice Loděnice – Beroun východ, zhruba 44,7 tisíc vozidel během 24 hodin v obou směrech (Intenzity 2012). Vzdálenost mezi těmito oblastmi je zhruba 4 km (Mapy.cz).

Dálnice prochází samotným Berounem a v těsné blízkosti podél ní, ve východní části města, bylo nahráváno na 4 místech. Převažují zde dubo-habrové háje a vyskytují se i subxerofilní doubravy (MapoMat), kde bývá dominantní dřevinou dub letní. Dále se mohou vyskytovat dub šípák (*Quercus pubescens*), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), javor babyka či bříza bělokorá. Mezi druhy keřového patra patří hlohy (*Crataegus sp.*), ptačí zob (*Ligustrum vulgare*) anebo třeba dřín obecný (*Cornus mas*) (Chytrý et al. 2001).

V okolí obce Loděnice, která se nachází severovýchodně od Berouna, probíhalo nahrávání na 4 místech. Na nichž se nacházejí luhy a olšiny a dubo-habrové háje (MapoMat), které byli již popsány výše.

Lesopark Knihov a lom Kosov

Poslední dvě hlučné lokality se nacházejí jižněji, než předchozí dvě, stále však v blízkosti dálnice D5.

Lesopark Knihov se nachází severně od obce Zdice a rozkládá se na kopci Knihov (369 m n. m). Z pravé strany vede dálnice D5 a protéká řeka Litavka, z levé strany lesopark ohraničuje silnice II. třídy (Mapy.cz). Převažují zde dubo-habrové háje (MapoMat).

Poslední lokalita se nachází v blízkosti obce Jarov, severněji než lokalita předchozí. Oblast, kde se nahrávání uskutečnilo je od města Berouna oddělena dálnicí D5 a železnicí. Na těchto místech převažují luhy a olšiny a subxerofilní doubravy (MapoMat).

4.2 Zpracování dat

Z nahrávek pořízených pomocí diktafonů byla extrahována data týkající se vokalizace budníčka menšího. Z jednotlivých záznamů byl vyhodnocován jen určitý časový úsek (1 hodina před a 1 hodina po západu slunce a po té 1 hodina před a 3 hodiny po východu slunce). Ten byl rozdělen na 15 minutové intervaly a následně byla zjišťována intenzita zpěvu měřením délky hlasového projevu v rámci těchto 15 minut. Výsledná délka ptačího zpěvu byla pro každý 15 minutový interval zapsána v jednotkách času (min). Současně byl sledován také počátek a konec vokalizace.

4.3 Analýza dat

Po prvotní úpravě sesbíraných dat, bylo pro jejich výsledné vyhodnocení použito softwaru pro statistickou analýzu dat. V programu Statistica 12, byl vypočten průměr (mean) a standardní chyba průměru ($\pm SE$). Následně byla k získanému průměru pokaždé odečítána a přičítána vypočtená standardní chyba. Z těchto dat byly vytvořeny grafy ranní a večerní vokalizace. Všechna data byla testována na normalitu a bylo zjištěno, že nemají normální rozdělení. K testování byl použit Shapiro-Wilkův test normality, jak je implementován v programu Statistica 12. Proto byl k analýzám zvolen neparametrický typ testu Kruskal-Wallis. V případech, kdy dosažená hladina významnosti vyšla signifikantně ($p\text{-value} < 0,05$), bylo provedeno i mnohonásobné porovnávání. Výsledky Kruskal-Wallisova testu byly zobrazeny na krabicových grafech (zobrazující medián, rozpětí a spodní a horní kvartil).

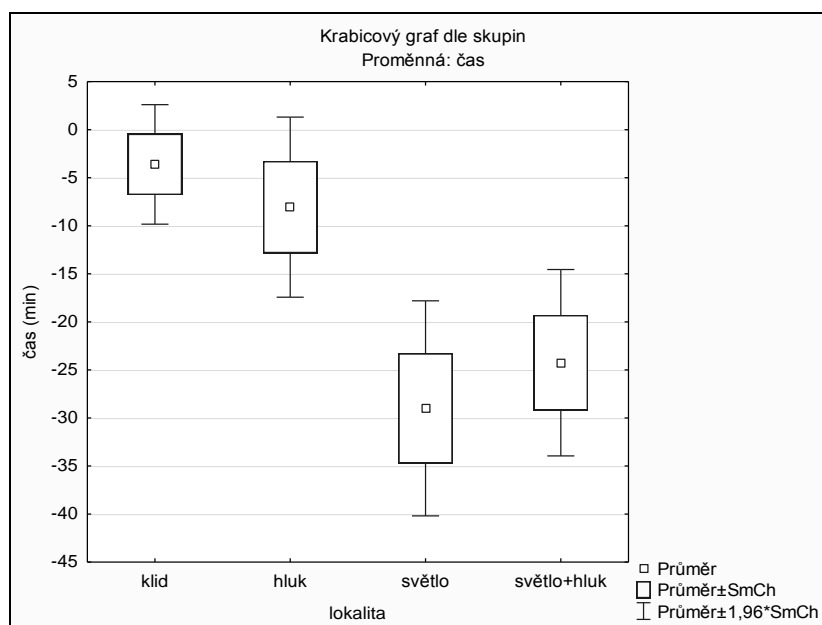
5 Výsledky

5.1 Ranní vokalizace

Po provedení Kruskal-Wallisova testu, je na základě dosažené hladiny významnosti ($p = 0,0020$) prokazatelné, že vliv lokality na vokalizaci budníčka menšího při východu slunce je statisticky významný (příloha 3). Vliv lokality na počátek hlasové aktivity je průkazný. Z mnohonásobného porovnání Kruskal-Wallisova testu je patrné, že dříve před východem slunce vokalizují jedinci z lokalit ovlivněných současně světlem i hlukem (světlo + hluk) a lokalit ovlivněných pouze světlem (tabulka 2) oproti lokalitám klidným, což je zřejmé i z krabicového grafu (obrázek 3).

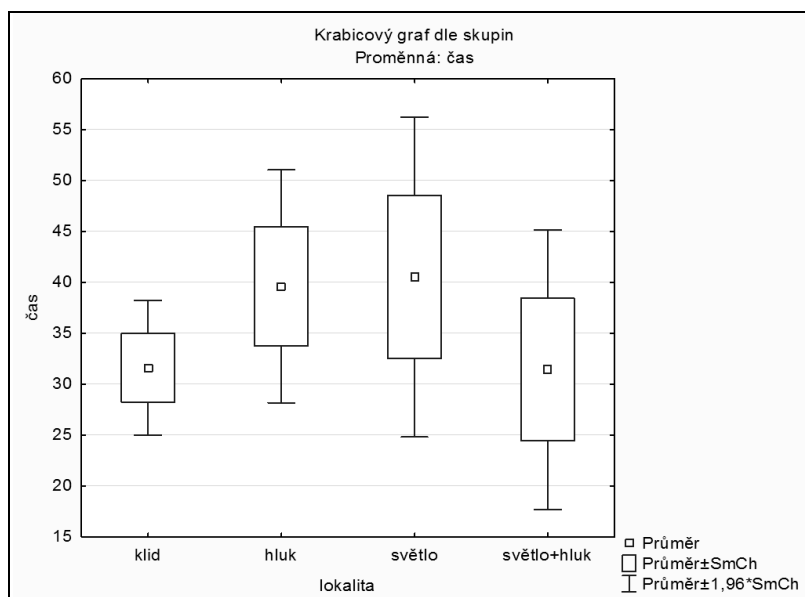
Závislá: čas	Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=49) = 14,79658$ $p = ,0020$			
	klid R:32,222	hluk R:26,639	světlo R:9,7000	světlo+hluk R:14,625
klid		1,172256	3,118000	2,898320
hluk	1,172256		2,345038	1,978726
světlo	3,118000	2,345038		0,604606
světlo+hluk	2,898320	1,978726	0,604606	

Tabulka 2. Mnohonásobné porovnání Kruskal-Wallisova testu



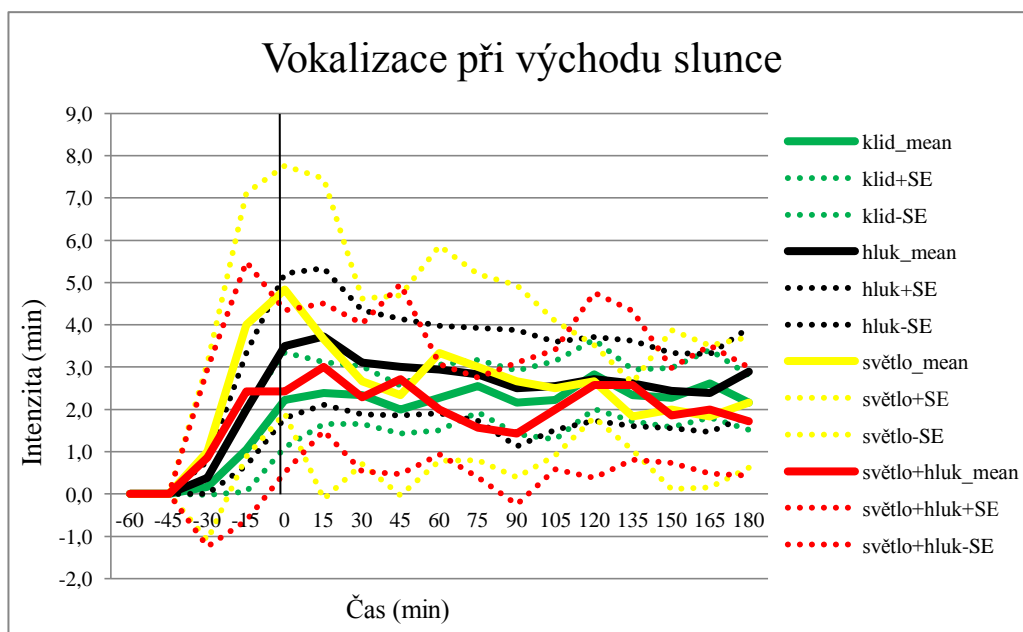
Obrázek 3. Vokalizace v ranních hodinách

Dále byl sledován vliv lokality na intenzitu zpěvu jedinců budníčka menšího. Podle výsledku testu ($p = 0,5221$), není vliv lokality na intenzitu zpěvu budníčka menšího prokazatelný (příloha 5). Porovnání intenzit viz obrázek 4.



Obrázek 4. Intenzita vokalizace v ranních hodinách

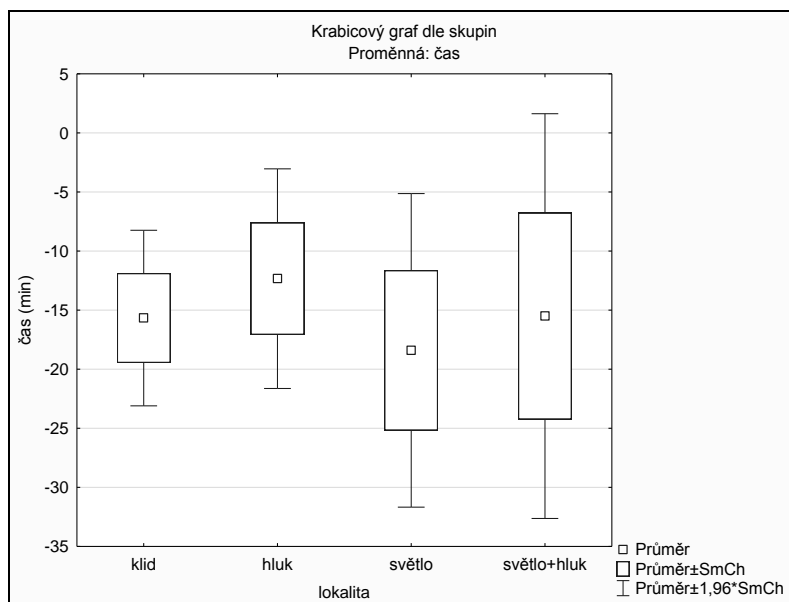
Hodnocen byl i průběh ranní vokalizace 1 hodinu před a 3 hodiny po východu slunce. Nejvyšší intenzity dosahovali ptáci na lokalitách ovlivněných světlem a naopak s nejmenší intenzitou zpívali ptáci na lokalitách klidných (obrázek 5).



Obrázek 5. Průběh intenzity vokalizace v ranních hodinách

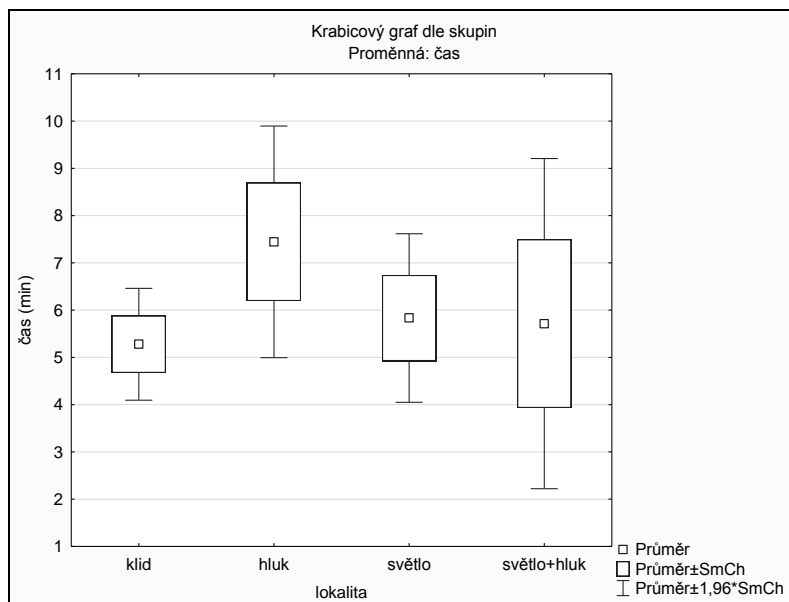
5.2 Večerní vokalizace

V případě vokalizace budníčka při západu slunce, byl výsledek Kruskal-Wallisova testu statisticky neprůkazný. P-hodnota testovací statistiky je větší než 0,05 ($p = 0,6429$) (příloha 2) a tudíž vliv lokalit na večerní vokalizaci není prokazatelný (obrázek 6).



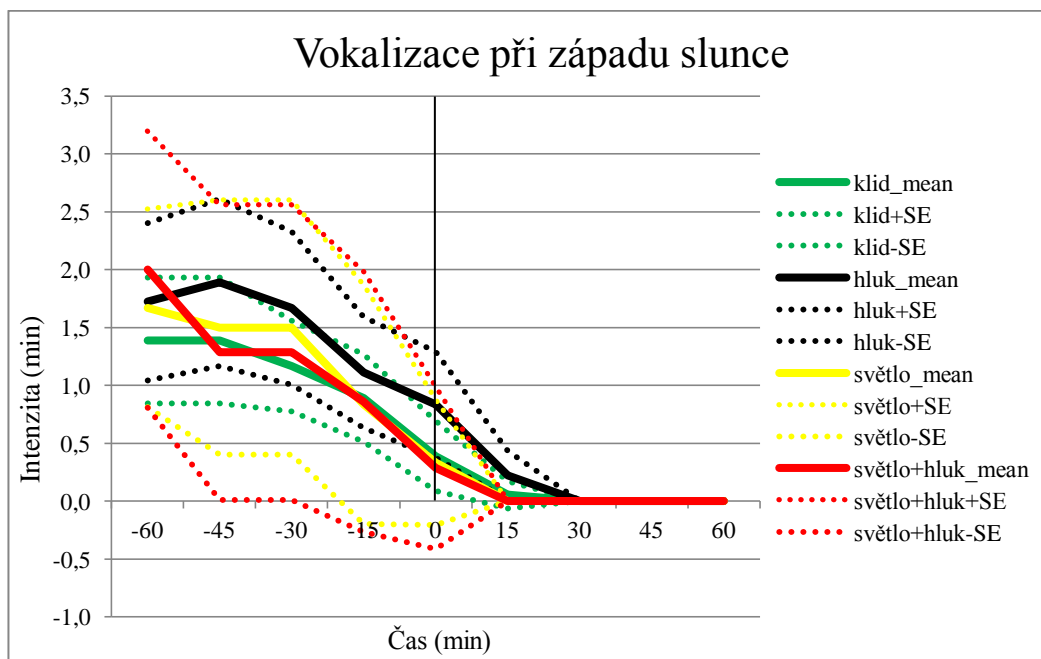
Obrázek 6. Vokalizace ve večerních hodinách

Vztah mezi intenzitou vokalizace budníčka při západu a typem lokality, není dle výsledku Kruskal-Wallisova testu signifikantní (příloha 4). Dosažená hladina významnosti je $p = 0,6566$. S největší intenzitou zpívají jedinci budníčka v hlučných lokalitách (obrázek 7).



Obrázek 7. Intenzita vokalizace ve večerních hodinách

Průběh intenzity hlasové aktivity budníčka menšího při západu slunce je zobrazen na grafu (obrázek 8). Nejnižší intenzita zpěvu je na klidných lokalitách a stejně tomu bylo i v ranních hodinách. Naopak nejintenzivněji zpívali jedinci na lokalitách hlučných a zároveň byli po západu slunce také nejdéle aktivní.



Obrázek 8. Průběh intenzity vokalizace ve večerních hodinách

6 Diskuse

Dle výsledku testů je patrné, že na lokalitách ovlivněných světlem a hlukem současně a stejně tak na lokalitách ovlivněných pouze světlem docházelo k dřívější vokalizaci jedinců (před východem slunce) v ranních hodinách. Začátek vokalizace budníčka byl tedy ovlivněn jak hlukovým, tak světelným zdrojem znečištění. Budníček tak začínal s ranní vokalizací dříve než je běžné. Výsledek této analýzy získaných dat byl statisticky významný. Ke stejnému výsledku došel ve své studii i Miller (2006), který uvádí, že světelné znečištění mělo zjevný vliv na chování celé populace drozda stěhovavého (*Turdus migratorius*). Na lokalitách s vyšší intenzitou umělého nočního osvětlení začali se svým zpěvem dříve než jedinci na lokalitě s nižší intenzitou. Čas zahájení byl pozitivně korelován s množstvím umělého světla přítomného na těchto lokalitách. V pracích Holoubek (2015) a Studníčková (2015) byly výsledky vlivu na vokalizaci budníčka menšího neprůkazné. To může být zapříčiněno špatně zvolenými lokalitami, množstvím či vzájemnou odlišností v rámci jednotlivých typů lokalit. Ty mohou být méně ovlivněny znečišťujícími faktory oproti lokalitám sledovaných v této práci. Může se například významně lišit vztah sledovaných faktorů k prostředí (intenzita, typ osvětlení). Podobný průzkum provedli Da Silva et al. (2014) na 6 druzích ptáků, kterými byli červenka obecná, kos černý, drozd zpěvný (*Turdus philomelos*), sýkora koňadra, sýkora modřinka a pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*). Zkoumali taktéž vliv umělého nočního osvětlení a hluku z dopravy na zpěv při východu a západu slunce. Výsledky ukázaly, že umělé noční světlo vede k dřívějším začátkům zpěvu v ranních hodinách u 5 ze 6 druhů (kromě pěnkavy). V průměru o 10 minut u drozda zpěvného do 20 minut u sýkory koňadry a červenky obecné. Tento jev byl pozitivně korelován se světelnou intenzitou. Změnu ve vokalizaci zaznamenali v menší míře i ve večerních hodinách. Kdy 3 druhy (kos, drozd a sýkora koňadra) pokračovaly ve svém zpěvu po západu slunce déle, než je běžné. To se u jedinců budníčka menšího neprokázalo. Výsledky studie Kampenaers et al. (2010), jsou podobné jako výsledky v předešlé studii. Před východem slunce začali zpívat samečkové 4 vybraných druhů ptáků (červenka obecná, kos černý, drozd zpěvný, sýkora koňadra a sýkora modřinka), jejichž teritoria byla nejbližší pouličním lampám, na rozdíl od jedinců žijících na méně znečištěných stanovištích.

Tato studie prokazuje významné ovlivnění ranní vokalizace budníčka menšího na lokalitách světelných a lokalitách pod vlivem světla a hluku současně. Je možné, že se zde projevuje kumulativní vliv těchto dvou faktorů, které spolu mohou korelovat (Longcore & Rich 2004). Na lokalitách pouze hlučných, nebyl totiž vliv na ranní vokalizaci dostatečně signifikantní. Avšak právě na těchto hlučných lokalitách zpíval budníček menší po západu slunce nejdéle a s největší intenzitou. Určitý vliv hluku je tedy patrný. K takovému výsledku došli také Da Silva et al. (2014). Hlukové znečištění podle jejich výsledků nemělo žádný významný vliv na posun vokalizace sledovaných jedinců, i když bylo během zpěvu prokázáno jeho vzájemné překrývání se s hlukem. Začátek a konec vokalizace ptáků to nijak výrazně neovlivnilo. V některých studiích však byl tento jev potvrzen (Fuller et al. 2007; Francis 2015). Podle Nordt & Klenke (2013) je řídicím faktorem v posunutí ranní vokalizace kosa černého právě hluk. Avšak efekt okolního osvětlení nebylo možné separovat. Jedinci žijící v centru města začínali se svým zpěvem až o 5 hodin dříve, nežli jedinci žijící v částečně přirozeném prostředí. Jako další faktorem mající vliv na změnu v načasování zpěvu uvedli i meteorologické podmínky (studené a oblačné počasí), které spožďovaly začátek zpěvu.

Všechny tyto studie probíhaly ve volné přírodě na stanovištích ovlivněných anebo bez ovlivnění. Dominoni et al. (2013) nejdříve za použití přístrojů, připevněných na volně žijících kosech černých, změřili intenzitu světla, které jsou ptáci vystaveni v noci ve volné přírodě. Poté byli tito jedinci, žijící ve městě a v lesních biotopech pochyťáni a následně byl vliv světla na jejich chování (ranní zpěv) a fyziologické vlastnosti (množství testosteronu v krvi, velikost varlat) zkoumán v laboratořích. Během noci byli ptáci vystaveni velmi nízké světelné intenzitě (0,3 lux) anebo naprosto ničím neovlivněné tmě. Extrémně nízká intenzita světla (0,3 lux), použitá při laboratorním pokusu odpovídala zhruba 20 x nižší intenzitě osvětlení, která byla vyzařována pouličními lampy (cca 6 lux) ve studovaných oblastech. Na světlo během noci reagovali městští ptáci odlišně než lesní. Jedinci vystaveni světlu vyvinuli svůj reprodukční systém až o měsíc dříve. Současně u nich i dříve docházelo ke ztracení peří, než u jedinců bez vlivu světla. Změna byla zjištěna i v posunu růstu varlat a sním spojené produkci testosteronu až o 1 měsíc, což je vzhledem k 3-4 měsícům trvající hnízdní době kosa černého dlouhý

časový úsek. Ovlivnění jedinci současně začínali s ranním zpěvem o necelý měsíc dříve.

Další adaptací ptáků, ve snaze přebít nízkofrekvenční antropogenní městský hluk, je změna ve frekvencích zvukového projevu. Jedinci kosa černého zpívali v lesních biotopech při nižších frekvencích a v delších intervalech mezi jednotlivými zpěvy, než jedinci v centru velkoměsta (Nemeth & Brumm 2009). Zajímavé by bylo zjistit, zda v návaznosti na míru znečištění hlukem, posazuje i budníček menší svůj hlasový projev do vyšších zvukových frekvencí, za účelem zvýšení hlasové intenzity. I když existuje již celá řada studií, zkoumající vliv světla a hluku na vybrané ptačí druhy, žádné publikované práce se doposud nezajímali o tento relativně hojný ptačí druh. Většina studií se také věnuje pouze antropogenním vlivům. Je však známo, že poměrně významný vliv na chování a vokalizaci ptáků mají i biotické faktory prostředí. Do budoucna by bylo vhodné zaměřit se například na účinky počasí, jako je oblačnost, déšť anebo vítr.

7 Závěr

Budníček menší je početným druhem a často žije v blízkosti člověka, kde se jeho obvyklým biotopem stávají parky a zahrady. Světelné a hlukové znečištění tak může být potencionálním podnětem pro změnu v jeho chování. Ptačí druh, vysoce závislý na akustických signálech, je pod vlivem stresoru nucen přizpůsobovat se stále měnícímu se prostředí. Některé druhy jsou schopny se efektivněji adaptovat, jiné mají míru tolerance vůči těmto vlivům nižší. To zapříčiňuje snižování druhové rozmanitosti a vede k homogenizaci antropogenní krajiny. Výsledky této práce jsou založeny na sledování vokalizace budníčka menšího na 4 typech lokalit. Každá z lokalit byla typická konkrétním znečišťujícím faktorem, s výjimkou jedné lokality klidné (bez rušivého vlivu). Zjišťován byl případný vliv faktorů (světla a hluku) na zahájení a ukončení hlasového projevu, na jeho průběh a intenzitu. Získaná data byla statisticky zpracována a následně vyhodnocena. Na počátek hlasové aktivity jedinců při východu slunce mělo vliv jak světlo, tak hluk. Docházelo tedy k posunu vokalizace do časnějších hodin. Na ukončení vokalizace tyto faktory neměly jasně prokazatelný vliv. V ranních hodinách byla také zjištěna nejvyšší intenzita zpěvu na lokalitách ovlivněných světlem. Ve večerních hodinách byla intenzita zpěvu nejvyšší na lokalitách hlučných. Vliv těchto dvou faktorů (světla a hluku) je tedy bezesporu podstatný a je potřeba se jim i nadále věnovat.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

ADAMEC V. (2008): Doprava, zdraví a životní prostředí. Grada, Praha.

BRATKA J., POKORNÝ J., ROUB T & BRATKOVÁ J. (2011): Plán péče pro přírodní památku Petřín na období 2013–2022. Dep. In: Rezervační kniha AOPK ČR Praha. Nепublikováno.

CATCHPOLE C. K. & SLATER P. J. B. (2008): Bird song. Biological Themes and Variations. Second edition, Cambridge, Cambridge University Press.

CLERGEAU P., CROCI S., JOKIMÄKI J., KAISANLAHTI-JOKIMÄKI M. L. & DINETTI M. (2006): Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. *Biological Conservation* 127 (3): 336–344.

DA SILVA A., SAMPLONIUS J. M., SCHLICHT E., VALCU M. & KEMPENAERS B. (2014): Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behavioral Ecology* 25 (5): 1037–1047.

Dálnice D5 - dopravní informace aktuálně [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.d5.cz

DOMINONI D., QUETTING M & PARTECKE J. (2013): Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280 (1756).

CONSTANTINE M. & SOUND APPROACH (2006): The sound approach to birding: A guide to understanding bird sound. The Sound Approach, Dorset.

CROOKS K. R, SUAREZ A. V. & BOLGER D. T. (2004): Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. *Biological Conservation* 115 (3): 451–462.

ČERNÝ W. (1980): Ptáci. Artia, Praha.

ENVIS – Informační servis o životním prostředí v Praze [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.envis.praha-mesto.cz.

FULLER R. A., WARREN H. P. & GASTON K. J. (2007): Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters* 3: 368–370.

FRANCIS C. D., ORTEGA C. P. & CRUZ A. (2009): Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology* 19: 1415–1419.

FRANCIS C. D. (2015): Vocal traits and diet explain avian sensitivities to anthropogenic noise. *Global Change Biology*, 21 (5), 1809–1820.

GARAMSZEGI L. Z., PAVLOVA D. Z., EENS M. & MØLLER A. P. (2007): The evolution of song in female birds in Europe. *Behavioral Ecology* 18 (1): 86–96.

GIRAUDEAU M., NOLAN P. M., BLACK C. E., EARL S. R., HASEGAWA M. & MCGRAW K. J. (2014): Song characteristics track bill morphology along a gradient of urbanization in house finches (*Haemorrhous mexicanus*). *Frontiers In Zoology* 11 (1): 83.

HASAN N. M. (2010): The effect of environmental conditions on the start of dawn singing of blackbirds (*Turdus merula*) and Bulbuls (*Pycnonotidae*). *Jordan Journal of Biological Sciences* 3 (1): 13–16.

HILL C. E., COPENHAVER K. A., GANGLER R. K. & WHALEY J. W. (2005): Does light intensity influence song output by northern mockingbirds. *The Chat* 69 (2): 132–135.

HALFWERK W., HOLLEMAN L. J. M., LESSELLS C. M. & SLABBEEKOORN H. (2011): Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *Journal of applied ecology*, 48 (1).

CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČÍ M. (2001): Katalog biotopů. AOPK ČR, Praha.

Intenzity 2012 – automatické sčítání dopravy 1994–2012 [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.ceskedalnice.cz.

JAROŠ J. & VOSIČKOVÁ J. (1999): Vybrané kapitoly z ekologie. Univerzita Karlova, Praha.

KACELNIK A. & KREBS J. R. (1982): The Dawn Chorus in the Great Tit (*Parus major*): Proximate and Ultimate Causes. *Behaviour* 83 (3/4): 287–309.

KEMPENAERS B., BORGSTORM P., LOES P., SCHLICHES E. & VALCU M. (2010): Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology* 20: 1735–1739.

KOHLÍK V. (2009): Plán péče o přírodní památku Královská obora na období 2010–2019. Dep. In: Rezervační kniha AOPK ČR Praha. Nепublikováno.

LONGCORE T. & RICH C. (2004): Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (4): 191–198.

Mapy.cz – Mapový portál [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.mapy.cz.

MapoMat – Webový prohlížeč mapových služeb AOPK ČR Praze [online]. [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: www.mapy.nature.cz.

MARZLUFF J. M., BOWMAN R. & DONNELLY R. E. (2001): Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.

Mesto-beroun.cz - Oficiální server královského města Berouna [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: www.mesto-beroun.cz.

MILLER M. W. (2006): Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins. *Condor* 108: 130–139.

NEMETH E. & BRUMM H. (2009): Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization? *Animal Behaviour* 78 (3): 637–641.

NEMETH E., PIERETTI N., ZOLLINGER S. A., GEBERZAHN N., PARTECKE J., MIRANDA A. C. & BRUMM H. (2013): Bird song and anthropogenic noise:

vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. *Proc. R. Soc. London B* 280 (1754): 20122798.

NORDT A. & KLENKE R. (2013): Sleepless in Town – Drivers of the Temporal Shift in Dawn Song in Urban European Blackbirds. *PLoS ONE* 8 (8).

PROPPE D. S., STURDY CH. B. & ST. CLAIR C. C. (2013): Anthropogenic noise decreases urban songbird diversity and may contribute to homogenization. *Global Change Biology* 19 (4): 1075–1084.

QUISPE R., SÈBE F., DA SILVA M. L. & GAHR M. (2016): Dawn-song onset coincides with increased HVC androgen receptor expression but is decoupled from high circulating testosterone in an equatorial songbird. *Physiology* 156: 1–7.

REINER A., PERKEL D. J., MELLO C. V. & JARVIS E. D. (2004): Songbirds and the revised avian brain nomenclature. *Annals Of The New York Academy Of Sciences* 1016: 77–108.

RODRIGUES M. & CRICK H. Q. P. (1997): The breeding biology of the Chiffchaff *Phylloscopus collybita* in Britain: a comparison of an intensive study with records of the BTO Nest Record Scheme. *Bird Study* 44 (3): 374 –383.

RUSS A., REITEMEIER S., WEISSMANN A., GOTTSCHALK J. & KLENKE R. (2015): Seasonal and urban effects on the endocrinology of a wild passerine. *Ecology* 5(23): 5698-5710.

SLABBEKOORN H. & DEN BOER-VISSER A. (2006): Report: Cities Change the Songs of Birds. *Current Biology* 16 (23): 2326–2331.

SLABBEKOORN H. & RIPMEESTER E. A. (2008): Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology* 17: 72–83.

SUMMERS P. D., CUNNINGTON G. M. & FAHRIG L. (2011): Are the negative effects of roads on breeding birds caused by traffic noise?. *Journal of Applied Ecology* 48: 1527–1534.

ŠŤASTNÝ K., BEJČEK V. & HUDEC K., (2006): Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice: 2001–2003. Aventinum, Praha.

ŠŤASTNÝ K. & HUDEC K. (eds.) (2011): Ptáci – Aves (III. díl/1). Academia, Praha.

VAŇKOVÁ M. (1996): Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí. Vysoké učení technické, Brno.

VERZIDJEN M. N., RIPMEESTER E. A. P., OHMS V. R., SNELDERWAARD P. & SKLABBEKOORN H. (2010): Immediate spectral flexibility in singing chiffchaffs during experimental exposure to highway noise. *Journal of Experimental Biology* 213: 2575–2581.

VESELOVSKÝ Z. & DUNGEL J. (2001): *Obecná ornitologie*. Academia, Praha.

WIĄCEK J., POLAK M., FILIPIUK M., KUCHARCZYK M. & BOHATKIEWICZ J. (2015): Do Birds Avoid Railroads as Has Been Found for Roads? *Environmental Management* 56 (3): 643–52.

WILSON M. D. & WATTS B. D. (2006): Effect of moonlight on detection of Whip-poor-wills: implications for long-term monitoring strategies. *Journal of field ornithology* 77 (2): 207–211.

9 Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1.: Hluková mapa Prahy

Výsledky Kruskal-Wallisova testu:

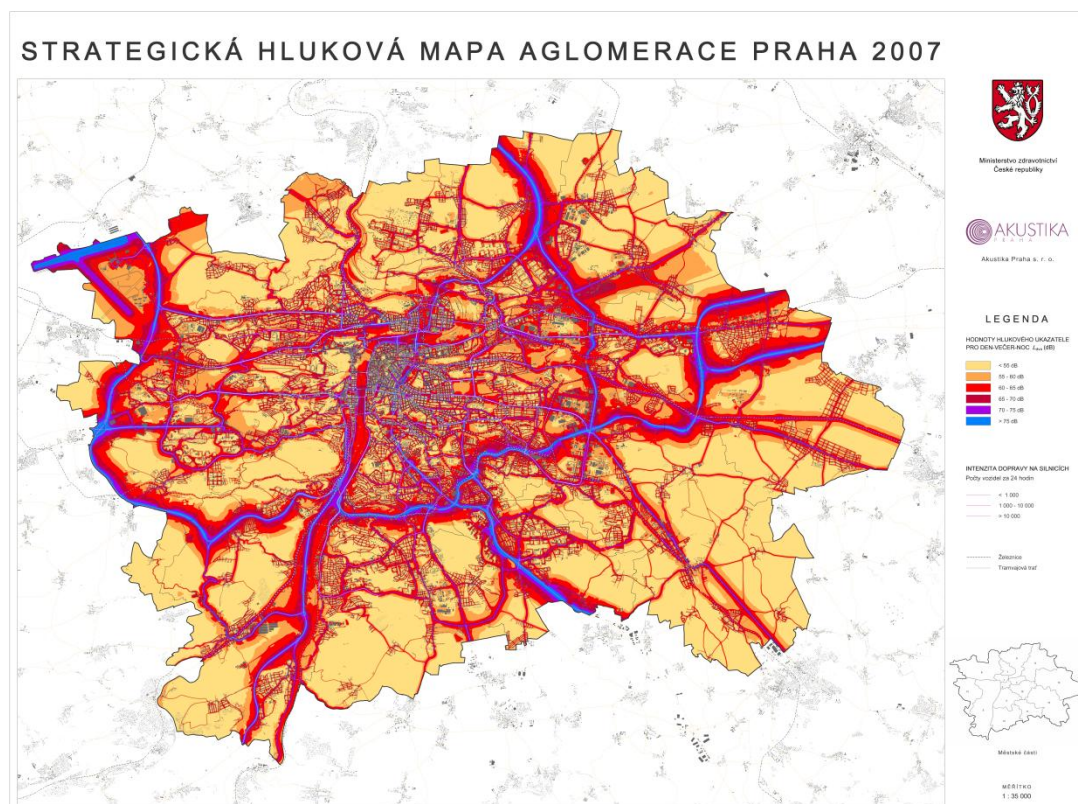
Příloha 2.: Vokalizace při západu slunce

Příloha 3.: Vokalizace při východu slunce

Příloha 4.: Vliv lokality na intenzitu vokalizace při západu slunce

Příloha 5.: Vliv lokality na intenzitu vokalizace při východu slunce

Příloha 1. Hluková mapa Prahy



Zdroj: MZCR, dostupné z: www.hlukovemapy.mzcr.cz

Výsledky Kruskal-Wallisova testu

Příloha 2. Vokalizace při západu slunce

Závislá: čas	Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=49) = 1,673218$ $p = ,6429$				
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí	
klid	1	18	411,5000	22,86111	
hluk	2	18	494,5000	27,47222	
světlo	3	5	101,5000	20,30000	
světlo+hluk	4	8	217,5000	27,18750	

Příloha 3. Vokalizace při východu slunce

Závislá: čas	Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=49) = 14,79658$ $p = ,0020$				
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí	
klid	1	18	580,0000	32,22222	
hluk	2	18	479,5000	26,63889	
světlo	3	5	48,5000	9,70000	
světlo+hluk	4	8	117,0000	14,62500	

Příloha 4. Vliv lokality na intenzitu vokalizace při západu slunce

Závislá: čas	Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=49) = 1,612311$ $p = ,6566$				
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí	
klid	1	18	404,5000	22,47222	
hluk	2	18	505,5000	28,08333	
světlo	3	6	155,5000	25,91667	
světlo+hluk	4	7	159,5000	22,78571	

Příloha 5. Vliv lokality na intenzitu vokalizace při východu slunce

Závislá: čas	Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=49) = 2,250539$ $p = ,5221$				
	Kód	Počet platných	Součet pořadí	Prům. Pořadí	
klid	1	18	393,0000	21,83333	
hluk	2	18	497,0000	27,61111	
světlo	3	6	176,5000	29,41667	
světlo+hluk	4	7	158,5000	22,64286	