

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra ekologie

Obor: Územní technická a správní služba



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu

kosa černého

The impact of artificial light and traffic noise on a voice

activity of Blackbird

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Konzultant: Ing. Vojtěch Barták, Ph.D.

Zpracovala: Michaela Červeňáková

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michaela Červeňáková

Územní technická a správní služba

Název práce

Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého

Název anglicky

The impact of artificial light and traffic noise on a voice activity of Blackbird

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Posuzována bude intenzita zpěvu v období od východu slunce po dobu následujících 60 minut.

Metodika

Výzkum bude probíhat na 4 typech lokalit (se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, s oběma předešlými faktory a bez rušivých vlivů), přičemž celkově bude analyzováno cca 60 již dříve sebraných nahrávek. Analýza nahrávek bude provedena pomocí software Avisoft. Na každé nahrávce bude sledována intenzita zpěvu v intervalu 1 hodina od východu slunce. Při vyhodnocení dat budou kromě světelného a hlukového znečištění brány v úvahu i další faktory – zejm. aktuální počasí.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran + přílohy

Klíčová slova

Světelné znečištění, hlukové znečištění, hlasová aktivita, kos černý

Doporučené zdroje informací

- Dominoni, D.M., Carmona-Wagner, E.O., Hofmann, M., Kranstauber, B. & Partecke, J. 2014: Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology*, 83(3): 681-692.
- 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.
- 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

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Vojtěch Barták, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 23. 4. 2018

doc. Ing. Jirí Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 8. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2019

PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého“ vypracovala zcela samostatně pod vedením vedoucího a konzultanta bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze 1.4.2019

.....

Michaela Červeňáková

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. P. Zasadilovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a čas, který mi po celou dobu psaní mé bakalářské práce věnoval. Dále bych ráda poděkovala Ing. V. Bartákovi, Ph.D. za jeho připomínky a pomoc, kterou mi poskytl a také mé rodině, která mě neustále podporovala.

Abstrakt

Urbanizace obecně vede k extrémním změnám v životním prostředí a má velice zásadní vliv na kvalitu života lidí a živočichů včetně ptáků. Urbanizace s sebou přináší světelné i hlukové znečištění, které u ptáků může způsobit změny v chování, zejména změnu v začátku vokalizace a také změnu intenzity. Tato bakalářská práce se zabývá vlivem světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*).

Hlavním cílem bylo vyhodnotit vliv znečištěných lokalit na délku a počet strof studovaného druhu v období 1. hodiny po východu slunce a také vliv počasí na jeho hlasovou aktivitu. Analýza nahrávek byla provedena pomocí programu „AviSoft SASLab Pro“. Nahrávky byly pořízeny od dubna do června roku 2014 a nahrávání probíhalo na čtyřech typech lokalit: lokality se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným i hlukovým znečištěním a lokality bez znečištění. Sledované lokality se nacházely na území hlavního města Prahy a v jeho blízkém okolí. Celkem bylo analyzováno 56 hodinových záznamů, které byly dále rozděleny do patnáctiminutových intervalů.

Výsledky práce vliv znečištěných lokalit na délku a počet strof neprokázaly. Určitá změna hlasové aktivity však byla vypořádkována ve čtvrté čtvrtině po východu slunce, kdy délka zpěvu jedinců na znečištěných lokalitách byla výrazně kratší, a i počet strof se výrazně snížil. U lokalit, které nijak znečištěné nebyly se délka a počet strof naopak zvýšily.

Práce prokázala velmi negativní vliv hlukového znečištění, kdy u jedinců v lokalitách znečištěných hlukem se délka a počet strof výrazně snížily. Vliv světelného znečištění se neprokázal.

Vliv počasí na délku a počet strof byl prokázán jen u teploty, kdy se zvyšující se teplotou docházelo ke zkrácení délky a zároveň ke snížení počtu strof. Faktor, u kterého byl prokázán vliv pouze na počet strof byla vlhkost, kdy se zvyšující se vlhkostí docházelo ke zvýšení počtu strof.

Klíčová slova: světelné znečištění, hlukové znečištění, hlasová aktivita, kos černý (*Turdus merula*)

Abstract

Urbanization generally leads to extreme environmental changes. It also has an essential influence on animal and human lives including birds. In addition, it comes with light and noise pollution as well. It could cause birds to change behaviours, mostly in vocalization outset and sound intensity. This Bachelor theses deals with the impact of artificial light and traffic noise pollutions effecting the voice activity of a Blackbird (*Turdus merula*).

Main target is to evaluate the influence of poluted areas on lenght and number of verses of this species within one hour after sunrise. It will also evaluate weather influence on its sound activity. Recording analysis was made using „AviSoft SASLab Pro“ software. Taping was done between April and June 2014 in four types of locations: with light pollution, with noise pollution, locations with combination of both and locations without any pollutions. Monitored sites were all on City of Prague territory and its near surrounding. Together 56 one hour recordings were made and those were divided into fifteen minutes segments.

Results of this research did not prove any influence of poluted areas on lenght and number of verses. However, it was detected that every fourth segment showed certain change. Singing time in poluted areas was significantly shorter and number of verses was smaller. In areas without pollution the results were opposite, the singing time was longer and number of verses was larger.

Research established negative influence of sound pollution. Individual birds in noise poluted areas sang shorter and lesser verses. Light pollution influence was not established.

Effects of weather on lenght and number of verses were only positive with rising temperatures. It caused reduction of singing time and lesser number of verses. It was also established that humidity only effects the number of verses. Number of verses was higher when humidity was high.

Key words: light pollution, noise pollution, voice activity, Blackbird (*Turdus merula*)

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Úvod..... | 1 |
| 2. | Cíle..... | 2 |
| 3. | Literární řešerše..... | 3 |
| 3.1 | Urbanizace | 3 |
| 3.2 | Světelné znečištění..... | 4 |
| 3.2.1 | Vliv světelného znečištění na živočichy | 4 |
| 3.2.2 | Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků | 5 |
| 3.3 | Hlukové znečištění..... | 13 |
| 3.3.1 | Vliv hlukového znečištění na ptáky | 13 |
| 3.4 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>)..... | 19 |
| 4. | Metodika a materiál..... | 22 |
| 4.1 | Nahrávky zpěvu kosa černého (<i>Turdus merula</i>)..... | 22 |
| 4.2 | Sledované lokality v Praze..... | 24 |
| 4.3 | Sledované lokality mimo Prahu..... | 25 |
| 4.4 | Sběr dat | 25 |
| 4.5 | Vyhodnocení nahrávek | 26 |
| 4.6 | Analýza výsledných dat | 26 |
| 5. | Výsledky | 27 |
| 5.1 | Vliv lokalit na délku a počet strof u hodinových nahrávek | 27 |
| 5.2 | Vliv lokalit na délku a počet strof u patnáctiminutových nahrávek..... | 28 |
| 5.3 | Vliv hlukového a světelného znečištění a počasí na délku zpěvu..... | 35 |
| 5.4 | Vliv hlukového a světelného znečištění a počasí na počet strof | 37 |
| 6. | Diskuse..... | 39 |
| 7. | Závěr | 41 |
| 8. | Seznam použitých zdrojů | 42 |
| 9. | Seznam obrázků a tabulek..... | 46 |

1. Úvod

Stále se zvyšující urbanizace a fragmentace krajiny jsou velkými hrozbami zejména pro populace volně žijících živočichů (Riley et al. 2003). U ptáků mění se krajina vede ke změnám, zmenšování, izolaci a poklesu ptačích stanovišť na celém světě. Hlavními důsledky urbanizace je také velké množství znečištění životního prostředí (Marzluff 2001), například znečištění odpady z lidské produkce, dále znečištění ovzduší a také znečištění světelné a hlukové (Riley et al. 2003).

Vliv světelného a hlukového znečištění je v posledních letech velice diskutované téma zejména v souvislosti s vlivem na hlasovou aktivitu ptáků (Da Silva et al. 2014, Nordt et Klenke 2013), neboť světelné (Da Silva et al. 2014) i hlukové znečištění má na ptáky velice negativní vliv (Ortega 2012). Při světelném znečištění dochází u ptáků v ranních hodinách k dřívějšímu začátku vokalizace a ve večerních hodinách naopak k pozdějšímu ukončení (Da Silva et al. 2014). Dále má světelné znečištění negativní vliv např. na délku přijímání potravy (Russ et al. 2014), rychlost krmení mláďat (Titulaer et al. 2012) nebo na délku ptačího spánku (Raap et al. 2015). Při výskytu hlukového znečištění u ptáků nejčastěji dochází k poškození uší, ke zvýšení stresu (Ortega 2012), k posunu začátku i konce hlasové aktivity (Fuller 2007) a také ke zvýšení frekvence zpěvu (Brumm 2004).

Právě proto se i tato práce zabývá vlivem světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu vybraného druhu, kterým je kos černý (*Turdus merula*). Kos černý je totiž v současné době jedním z nejčastějších druhů ptáků ve středoevropských městech, u něhož se městská populace oproti venkovské populaci výrazně zvýšila (Partecke et al. 2006).

2. Cíle

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit:

- rozdíl mezi čtyřmi typy lokalit v délce zpěvu a počtu strof kosa černého (*Turdus merula*) v období 1. hodiny po východu slunce:
 - lokality ovlivněné světelným znečištěním
 - lokality ovlivněné hlukovým znečištěním
 - lokality ovlivněné světelným i hlukovým znečištěním
 - lokality bez světelného i hlukového znečištění
- vliv světelného a hlukového znečištění na délku zpěvu a počet strof kosa černého (*Turdus merula*) v období 1. hodiny po východu slunce
- vliv počasí na délku zpěvu a počet strof kosa černého (*Turdus merula*) v období 1. hodiny po východu slunce.

3. Literární rešerše

3.1 Urbanizace

Urbanizací se rozumí proces, při kterém je člověkem vytvářeno nové prostředí, tzv. urbánní prostředí, z prostředí původního, které v minulosti nebylo člověkem nijak ovlivněno (Bartomeus 2017). Urbánní prostředí je charakteristické vyšší hustotou obyvatelstva, a to nejméně 150 obyvatel na km² (Niemela 1999).

Městské zástavby jsou celosvětově nejrychleji rozšiřujícím se typem krajinného pokryvu (Evans et al. 2009a) a právě Evropa se svými historickými městy, kulturními poklady a obrovsky rozšířenou městskou zástavbou patří mezi nejvíce urbanizované kontinenty na Zemi (EEA 2006). Na začátku minulého století v městských prostředích žilo okolo 10 % lidí z celkové světové populace (Grimm et al. 2008). Od poloviny 50. let se plocha městských prostředí v Evropě rozšířila o 78 % a počet obyvatel vzrostl o 33 % (EAA 2006). V roce 2006 se předpokládalo, že během následujících 50 let se tato procenta budou dále navyšovat (Grimm et al. 2008) a již v roce 2020 bude 80 % Evropanů žít v městských prostředích.

Urbanizace tak vede k extrémním změnám v životním prostředí a tímto s sebou přináší zásadní vliv na kvalitu života lidí (EAA 2006) a živočichů, včetně ptáků (Evans et al. 2011). Hlavními změnami u urbánních populací ptáků jsou například změny v chování a v mortalitě (Ibáñez-Álamo et Soler 2010).

Jedním z hlavních důvodů, proč se některé druhy stěhují z volné krajiny do městského prostředí, je právě potravní nabídka, která je ve městech mnohem pestřejší a pro ptáky je tak snadnější potravu vyhledat (Luniak 2004). Dalším důvodem je například lepší klima (Moller 2009).

S pojmem urbanizace jsou spojeny pojmy synurbanizace a synantropizace, přičemž „Synurbanizaci“ můžeme chápat jako přizpůsobení se volně žijících druhů živočichů k specificky urbanizovanému prostředí a „Synantropizací“ se rozumí přizpůsobení se volně žijících druhů živočichů k životu v blízkosti člověka (Luniak 2004).

Proces synantropizace se dělí na tři základní etapy, jimiž jsou: příchod, přizpůsobení a šíření. Příchodem se rozumí příchod z původního prostředí do městského prostředí v pravidelných intervalech. Přizpůsobením se rozumí přizpůsobení se novému

prostředí, které se liší oproti původnímu prostředí a šířením se rozumí šíření v městském prostředí na kratší vzdálenost na základě reprodukce (Evans et al. 2010).

Osídlování městského prostředí lze rozdělit na dva základní způsoby:

- způsob nezávislého osídlování městského prostředí
- způsob skokového osídlování, které probíhá na základě jedinců, kteří byli adaptováni do městského prostředí již dříve (Evans et al. 2009b).

3.2 Světelné znečištění

Růst světelného znečištění v prostředí souvisí především s růstem lidské populace, průmyslovým rozvojem a růstem ekonomické úrovně společnosti. K růstu světelného znečištění začalo docházet od vynálezu elektrického světla, a zvláště pak od druhé světové války, kdy došlo k prudkému nárůstu venkovního osvětlení a přirozená temnota v lidských sídlech téměř zcela zmizela (McDonnell 2009). Dnes je světelné znečištění globálním problémem, který postihuje téměř všechny země světa. Největší problém je však v USA, Evropě a Japonsku. Více než 99 % obyvatelstva USA, EU a téměř dvě třetiny světové populace žije v oblastech, kde je osvětlení noční oblohy nad hranicí, která je považována za znečištěný stav (Cinzano et al. 2001). Je rozlišováno několik druhů nočního osvětlení, a to veřejné osvětlení (osvětlení ulic a veřejných míst), komerční osvětlení (osvětlení reklam, veřejných budov a památek) a v poslední řadě osvětlení výjimečných událostí (McDonnell 2009). K těmto osvětlením může být také přiřazeno světlo vyzařované z oken domů nebo z automobilů (Nordt et Klenke 2013).

3.2.1 Vliv světelného znečištění na živočichy

Světelné znečištění má významný vliv zejména na živočichy, u nichž dochází k narušení biologických rytmů, orientace, migrace a aktivit jako je hledání potravy, chování při páření a úspěch reprodukce. Umělým nočním osvětlením jsou také přitahováni ptáci migrující v noci a létající hmyz (McDonnell 2009). U savců se vyskytuje vysoké riziko úmrtnosti na silnicích (Beier 2005). Umělé noční osvětlení má však také vliv na rostliny, u kterých dochází ke změně směru jejich růstu a doby kvetení (McDonnell 2009).

3.2.2 Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků

Ptačí smysl pro světlo je vysoce vyvinutý a z tohoto důvodu ptáci citlivěji reagují na vyšší intenzitu světla (Hasan 2010), pokud se nachází ve světelně znečištěných lokalitách. Světelné znečištění má vysoký vliv na jejich hlasovou aktivitu, se kterou začínají v ranních hodinách mnohem dříve, než je obvyklé a ke konci dne ji posunují do pozdních nočních hodin. Proto je vliv světelného znečištění studován zejména v souvislosti s jeho vlivem na začátek a konec hlasové aktivity ptáků (Da Silva et al. 2014).

V průběhu času bylo uskutečněno mnoho studií zabývajících se vlivem světelného znečištění na vybrané druhy ptáků. Pro příklad jsem proto vybrala některé z nich, a to zejména s ohledem na prokázaný vliv.

Je samozřejmé, že podmínky jednotlivých studií jsou rozdílné. Vliv pouze světelného znečištění zkoumali Da Silva et al. (2016), Dominoni et al. (2014), Raap et al. (2015), Kempnaers (2010), Russ et al. (2014) a Titulaer et al. (2012). U jiných to bylo v kombinaci s hlukovým znečištěním, popř. s vlivy počasí, jako je např. déšť, teplota či oblačnost (Da Silva et al. 2014), a to vzhledem k tomu, že jednotlivé vlivy jde velice obtížně oddělit. Rozdílná byla i zvolená lokalizace pro dané studie. Zásadní pak byla zvolená lokalita, zda se jednalo o lokality v městském či venkovském prostředí s lesem. Studie se liší i množstvím a druhy studovaných ptáků.

Přehled podmínek jednotlivých studií zabývajících se vlivem světelného znečištění na začátek a konec zpěvu přehledně shrnuje Tabulka 1:

Tabulka 1: Podmínky jednotlivých studií zabývajících se vlivem světelného znečištění na začátek a konec zpěvu.

| Studie | Lokalizace | Porovnávané lokality | Druhy ptáků | Ostatní vlivy |
|----------------------|---------------------------------|---|--|--|
| Da Silva et al. 2014 | jižní Německo | se světelným a hlukovým znečištěním, se světelným znečištěním | kos černý (<i>Turdus merula</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>), pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>), drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | hlukové znečištění |
| Da Silva et al. 2016 | jižní Německo (Seewiesen) | pouze nerušené lesní oblasti s minimálním světelným znečištěním | kos černý (<i>Turdus merula</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkory koňadry (<i>Parus major</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>) | |
| Dominoni et al. 2014 | jihovýchodní Německo (Mnichov) | městský park, městská obytná zástavba | kos černý (<i>Turdus merula</i>) | |
| Hasan 2010 | západní břeh Jordánu (Tulkarem) | dvě klidná místa s několika domy a velkými zahradami se světelným znečištěním | kos černý (<i>Turdus merula</i>), bulbul zahradní (<i>Pycnonotus barbatus</i>) | hlukové znečištění a povětrnostní podmínky |

| | | | | |
|----------------------|------------------|---|--|--|
| Raap et al. 2015 | Belgie (Wilrijk) | se světelným znečištěním, bez světelného znečištění | sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | |
| Kempenaers 2010 | Rakousko (Vídeň) | se světelným znečištěním, bez světelného znečištění | sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>) | |
| Russ et al. 2014 | Německo (Lipsko) | centrum města, les | kos černý (<i>Turdus merula</i>) | |
| Titulaer et al. 2012 | Nizozemí (Ede) | se světelným znečištěním | sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | |

Výsledky studií dle jednotlivých druhů ptáků jsou následující:

Kos černý (*Turdus merula*)

U kosa černého byl vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázán celkem u tří studií (Da Silva et al., Da Silva et al. 2016, Dominoni et al. 2014). Umělé noční osvětlení mělo velice významný vliv ve studii Da Silvy et al. (2014), kde ovlivnění jedinci začali vokalizovat v průměru již o 10-20 minut dříve, než je obvyklé. V další studii Da Silva et al. (2016) samci kosa černého začali vokalizovat cca o 4 minuty dříve. Tato studie se však od předchozí lišila tím, že byly sledovány lokality, u nichž docházelo k cyklickému nočnímu osvětlování a jedinci kosa černého na tuto změnu intenzity reagovali dřívějším začátkem hlasové aktivity. Na základě této studie lze říci, že umělé měněna intenzita nočního osvětlení má vliv na začátek hlasové aktivity pěvců. I u poslední studie kosi reagovali podobně a čím větší intenzita osvětlení na kosa působila, tím dříve kosi začali se svou hlasovou aktivitou. Kromě toho se vliv světelného znečištění u této studie prokázal mnohem větší v městském prostředí než ve venkovském lese (Dominoni et al. 2014). Kromě vlivu světelného znečištění na začátek hlasové aktivity byly u dvou studií vyzorovány také změny povětrnostních podmínek (Da Silva et al. 2014, Hasan 2010). Světelné znečištění mělo však kromě vlivu na začátek hlasové aktivity vliv také na konec hlasové aktivity (Da Silva et al. 2014, Russ et al. 2014). U jedné studie kos černý svou hlasovou aktivitu ukončoval cca 7 minut po západu slunce (Da Silva et al. 2014). U studie z Lipska bylo zjištěno, že umělé noční osvětlení má nejen vliv na konec hlasové aktivity, ale má vliv také na délku přijímání potravy. Kosi, vyskytující se v centru města, sbírali potravu mnohem déle, než kosi vyskytující se v lese (Russ et al. 2014).

Červenka obecná (*Erithacus rubecula*)

U červenky obecné byl prokázán vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity u všech studií (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016). U studie z jižního Německa červenka obecná začínala se svou vokalizací o 10-20 minut dříve a ukončovala ji v průměru až o 1,5 hodiny později (Da Silva et al. 2014). U další studie byl prokázán vliv pouze na začátek hlasové aktivity. Zde červenka obecná začínala se svou hlasovou aktivitou v průměru již o 37 minut dříve. Tento dřívější začátek byl však způsoben v souvislosti s cyklickým nočním osvětlováním, které bylo vytvořeno

sestavením tří paralelních řad světel s halogenovými žárovkami. Světla byla od sebe umístěna cca 5 metrů a každé světlo se skládalo ze dvou žárovek. U červanky byl tento vliv cyklického nočního osvětlování největší ze všech druhů (Da Silva et al. 2016).

Pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*)

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu pěnkavy obecné se u studie Da Silvy et al. (2014) neprokázal.

Drozd zpěvný (*Turdus philomelos*)

Vliv světelného znečištění byl u drozda zpěvného prokázán na začátek hlasové aktivity ve studii Da Silvy et al. (2014). Drozd zpěvný v této studii se svou hlasovou aktivitou začínal o cca 10-20 minut dříve.

Sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*)

Vliv světelného znečištění byl u sýkory modřinky prokázán ve všech studiích (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016, Kempnaers 2010). Ve studii Da Silva et al. (2014) sýkora modřinka začala se svou vokalizací o cca 10-20 minut dříve. V další studii začínala se svou hlasovou aktivitou cca o 4 minuty dříve každé ráno (Da Silva et al. 2016). Ve studii Kempnaers (2010) se prokázal vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity pouze u samců, nikoliv u samic. U samic, žijících v osvětlených lokalitách, byl zjištěn vliv světelného znečištění na načasování reprodukčního chování. Jejich vejce byla snesena v průměru o 1,5 dne dříve než u samic žijících v lokalitách bez světelného znečištění.

Sýkora koňadra (*Parus major*)

U sýkory koňadry se vliv světelného znečištění projevil na začátek hlasové aktivity. U jedné studie sýkora koňadra začínala se svou hlasovou aktivitou v průměru o 10-20 minut dříve (Da Silva et al. 2014) a u druhé o cca 4 minuty (Da Silva et al. 2016). U studie Raap et al. (2015) byl vypořován vliv světelného osvětlení na spánek. Sýkory koňadry se při umělém nočním osvětlení probudily o 30 minut dříve a jejich hnízdo opouštěly o 20 minut dříve. Jejich celková délka spánku tak byla snížena v průměru o 45 minut. U další studie, kterou prováděl Titulaer et al. (2012), byl zjištěn vliv světelného znečištění na každodenní aktivitu, a to krmení mlád'at. Tato studie sledovala celkem 262 hnízd, kde byla nainstalována světla, která působila na

hnízda různou intenzitou. Bylo zjištěno, že jedinci vystavení umělému světlu byli ovlivněni v rychlosti krmení, pokud byla mláďata 9-16 dní stará. Ptáci, kteří byli vystavení menší intenzitě světla nebo světlu nebyli vystaveni vůbec, svou rychlost krmení mláďat neměnili (Titulaer et al. 2012).

Bulbul zahradní (*Pycnonotus barbatus*)

U bulbula zahradního vliv světelného znečištění prokázán nebyl. Ve studii z Tulkaremu bulbul zahradní začal vokalizovat v průběhu jedné minuty po východu slunce. To dokazuje, že pouliční osvětlení ani měsíční svit neměly na bulbula zahradního žádný vliv. Hlavním ovlivňujícím faktorem, který měl vliv na začátek hlasové aktivity, byla změna povětrnostních podmínek (Hasan 2010).

V níže uvedené tabulce

Tabulka 2 jsou přehledně zobrazeny studie, které studovaly vliv světelného znečištění na ptáky. Jak je možné vidět, vliv na začátek hlasové aktivity mělo světelné znečištění téměř vždy (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016, Kempnaers 2010). U kosa černéh byl vliv na začátek hlasové aktivity prokázán celkem u tří studií (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016, Dominoni et al. 2014). Vliv mělo kromě světelného znečištění také nepříznivé počasí (Hasan 2010). Děšť v ranních hodinách hlasovou aktivitu opožďoval a největší vliv měl na konec hlasové aktivity ve večerních hodinách, kdy ptáci přestali zpívat dříve (Da Silva et al. 2014). U jedné studie se prokázal vliv světelného znečištění nejen na konec hlasové aktivity, ale také na délku přijímání potravy (Russ et al. 2014). U červenky obecné (*Erithacus rubecula*) se vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázal u každé studie (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016). Podle jedné studie červenka obecná (*Erithacus rubecula*) začala se svou ranní hlasovou aktivitou již o 37 minut dříve. To mohlo být však způsobené v souvislosti s cyklickým osvětlováním sledovaných lokalit (Da Silva et al. 2016). Na základě této studie lze říci, že uměle měněna intenzita světla má vliv na začátek hlasové aktivity pěvců (Da Silva et al. 2016). Druhá studie prokázala, že červenka svou hlasovou aktivitu ukončovala až 1,5 hodiny po západu slunce (Da Silva et al. 2014). Dále se vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázal vždy u sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*) (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016, Kempnaers 2010). U jedné studie se však vliv

světelného znečištění prokázal pouze u samců, nikoliv u samic (Kempenaers 2010). U sýkory koňadry se kromě vlivu na hlasovou aktivitu (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2016, Raap et al. 2015) prokázal také vliv na rychlost krmení mláďat (Titulaer et al. 2012). Podle studie, která probíhala v německém Mnichově, je možné říci, že čím větší intenzita světla na ptáky působí, tím dříve začnou s hlasovou aktivitou. Zároveň je možné říci, že vždy závisí na prostředí, ve kterém se ptáci vyskytují a také na období (Dominoni et al. 2014). Vzhledem k tomu, že umělé osvětlení ovlivňuje počátek hlasové aktivity, ovlivňuje také délku ptačího spánku (Raap et al. 2015).

Tabulka 2: Výsledky studií zkoumajících vliv světelného znečištění.

| Studie | Pták | Vliv světla na | |
|----------------------|--|--------------------------|------------------------|
| | | Začátek hlasové aktivity | Konec hlasové aktivity |
| Da Silva et al. 2014 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | 10-20 min dříve | 7 min po západu slunce |
| Da Silva et al. 2016 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | 4 min dříve | NE |
| Dominoni 2014 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | ANO | NE |
| Hasan 2010 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | NE | NE |
| Russ et al. 2014 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | NE | ANO |
| Da Silva et al. 2014 | Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>) | 10-20 min dříve | 1,5 po západu slunce |
| Da Silva et al. 2016 | Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>) | 37 min dříve | NE |
| Da Silva et al. 2014 | Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>) | NE | NE |
| Da Silva et al. 2014 | Drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>) | 10-20 min dříve | NE |
| Da Silva et al. 2014 | Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>) | 10-20 min dříve | NE |
| Da Silva et al. 2016 | Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>) | 4 min dříve | NE |
| Kempenaers 2010 | Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>) | ANO | NE |
| Da Silva et al. 2014 | Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | 10-20 min dříve | NE |
| Da Silva et al. 2016 | Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | 4 min dříve | NE |
| Raap et al. 2015 | Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | 30 min dříve | NE |
| Titulaer et al. 2012 | Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | NE | NE |
| Hasan 2010 | Bulbul zahradní (<i>Pycnonotus barbatus</i>) | NE | NE |

3.3 Hlukové znečištění

Hlukové znečištění se výrazně začalo rozšiřovat na začátku průmyslové revoluce, kdy byly vynalezeny nové technologie, například vozidla a mnoho dalších vymožeností, které začaly zatěžovat prostředí hlukem. Za hlukové znečištění se obecně považují zvuky vytvářené lidskou činností, které se nazývají antropogenním hlukem. Tyto zvuky se v prostředí pohybují vzduchem, eventuálně vodou a jejich vibrace vytváří sluchové vjemy. Například podmořský hluk z vodní dopravy je stále více významný všudypřítomný znečišťující prvek (Williams et al. 2015). Antropogenní hluk se dělí na hluk dlouhodobý (hluk z průmyslu a obchodů), pravidelný, ale zároveň přerušovaný (letecká a silniční doprava) a dočasný (vrtačky, pily, sekačky, mobilní telefony, houkačky, alarmy). Antropogenní hluk se rozšiřuje s rostoucí hustotou lidské populace (Ortega 2012) a rozvojem měst (Kight et Swaddle 2011). Již dnes se odhaduje, že jedna pětina USA je znečištěna hlukem z dopravy a vzhledem ke stále rostoucí lidské populaci lze předpokládat, že se antropogenní hluk bude stále dále rozšiřovat. Mezi hlukové znečištění však také patří přírodní hluk, jako jsou zvuky deště, větrů, vody a také například zvuky a vokalizace jiných zvířat (Ortega 2012). Antropogenní zvuky jsou však častější a hlasitější než zvuky přírodní (Kight et Swaddle 2011).

3.3.1 Vliv hlukového znečištění na ptáky

I když se hlukové znečištění vyvíjelo po mnoho desetiletí, studie zabývající se vlivem hlukového znečištění na ptáky vznikly až na začátku 21. století (Ortega 2012). Ptáci jsou totiž zajímavou modelovou skupinou pro studium vlivu hlukového znečištění na organismy (Dooling et Popper 2016).

Hlukové znečištění má na ptáky významný vliv a způsobuje poškození uší, stres, změnu chování v hledání potravy, změnu reprodukce a také změny v hlasové komunikaci (Ortega 2012).

Ptačí komunikace je vysoce závislá na prostředí, ve kterém se ptáci vyskytují, na hluku v pozadí a také na signálu, který ptáci vydávají. K rozpoznání signálu je proto velice důležitý poměr signálu a hluku v pozadí (Brumm 2004).

Obecně se předpokládá, že ptáci vystavení antropogennímu hluku zvýší svou zvukovou frekvenci, právě pokud se jejich frekvence překrývá s okolní frekvencí

šumu. Právě proto je u ptáků nejčastěji studována změna frekvence (Roca et al. 2016).

Stejně jako u světelného znečištění, tak i u hlukového znečištění existuje mnoho studií zabývajících se vlivem hlukového znečištění na vybrané druhy ptáků. I v tomto případě byl výběr na základě vybraných druhů zkoumaných ptáků.

Vlivem pouze hlukového znečištění se zabývali Brumm (2004), Mockford et Marshall (2009), Brumm et Slater (2006), u ostatních to bylo v kombinaci se světelným znečištěním, popř. s vlivy počasí. I u těchto studií má zásadní vliv na výsledek studie zvolená lokalita.

Přehled podmínek jednotlivých studií zabývajících se hlukovým znečištěním přehledně shrnuje tabulka

Tabulka 3:

Tabulka 3: Podmínky jednotlivých studií zabývajících se hlukovým znečištěním.

| Studie | Lokalizace | Porovnávané lokality | Druhy ptáků |
|---------------------------|----------------------------|--|---|
| Brumm 2004 | Německo (Berlín) | s hlukovým znečištěním | nespecifikováno |
| Fuller et al. 2007 | Velká Británie (Sheffield) | s hlukovým znečištěním, se světelným znečištěním | červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>) |
| Mockford et Marshall 2009 | Velká Británie | městské prostředí | sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) |
| Parris et Schneider 2009 | jižní Austrálie | u silnice | pištec australský (<i>Colluricincla harmonica</i>), pávik popelavý (<i>Rhipidura fuliginosa</i>) |
| Nordt et Klenke 2013 | Německo (Lipsko) | centrum města, parky a lesy na okraji města | kos černý (<i>Turdus merula</i>) |
| Brumm er Slater 2006 | Skotsko | prostředí u vodopádů, bystřin | pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>) |
| Da Silva et al. 2014 | jižní Německo | se světelným a hlukovým znečištěním, se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním | kos černý (<i>Turdus merula</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>), pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>), drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) |

Výsledky studií dle jednotlivých druhů ptáků jsou následující:

Kos černý (*Turdus merula*)

U kosa černého byl vliv na hlasovou aktivitu většinou prokázán u světelného znečištění. U studie, která zkoumala vliv světelného a hlukového znečištění z dopravních prostředků a také vliv teploty na hlasovou aktivitu kosa černého bylo však zjištěno, že hlukové znečištění má na kosa dvakrát větší vliv než znečištění světelné a kosi vyskytující se v centru města začali s vokalizací dříve než kosi v lesích a parcích. Nízká teplota a zatažená obloha měly na kosa také negativní vliv a výrazně začátek vokalizace zpomalily (Nordt et Klenke 2013).

Červenka obecná (*Erithacus rubecula*)

Vliv hlukového znečištění byl u červenky obecné prokázán na načasování hlasové aktivity. Pro studii ze Sheffieldu byly vybrány lokality s hlukovým znečištěním, ale také se světelným znečištěním. Ve všech lokalitách byla hladina hluku vyšší během dne a tato denní hladina hluku byla výrazně vyšší v místech, kde červenky vokalizovaly během noci. Nástup a ukončení hlasové aktivity byl u červenek vždy cca 40 minut před svítáním a 40 minut po západu slunce (Fuller et al. 2007).

Sýkora koňadra (*Parus major*)

U studie, která zkoumala rozdíly v písních samců sýkory koňadry bylo zjištěno, že samci reagovali výrazně nižší odezvou na signál, který slyšeli z území, ve kterém se lišila úroveň znečištění od jejich vlastní. Například samci, kteří obývali klidná území, výrazně reagovali pouze na signály od jedinců obývajících území s nízkou úrovní hlukového znečištění. Vliv hlukového znečištění se u tohoto druhu tedy prokázal (Mockford et Marshall 2009).

Pištec australský (*Colluricincla harmonica*)

U pištee australského byl studován vliv hlukového znečištění ze silničního provozu v okolí 58 silnic na frekvenci písní. Studií bylo prokázáno, že pištec za přítomnosti hluku ze silničního provozu zpíval s vyšší zvukovou frekvencí. Bylo také zjištěno, že se zvýšeným hlukem a vyšším objemem silničního provozu pištec australský navštěvoval lokality v okolí silnic výrazně méně (Parris et Schneider 2009).

Pávík popelavý (*Rhipidura fuliginosa*)

Pávík popelavý byl studován společně s pištcem australským (*Colluricincla harmonica*). U pávíka popelavého se však vliv hlukového znečištění ze silničního provozu na frekvenci zpěvu neprokázal. Avšak bylo prokázáno, že stejně jako pišttec australský, tak i pávík popelavý, navštěvoval lokality v okolí silnic výrazně méně, pokud se zde vyskytoval vyšší hluk a vyšší objem silničního provozu. Proto se tyto dva druhy mnohem častěji nacházely na klidnějších lokalitách s menším hlukovým znečištěním (Parris et Schneider 2009).

Pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*)

Vliv hlukového znečištění byl také prokázán u 14 samců pěnkavy obecné, kteří se vyskytovali na lokalitách znečištěných hlukem z vodopádů, bystřin nebo také vokalizací jiných druhů ptáků v okolí. Pro studium byly pořízeny nahrávky, u kterých byla sledována délka a složení písně všech 14 studovaných samců. Bylo zjištěno, že pěnkavy, které se vyskytovaly na místech znečištěných hlukem z vodopádů a bystřin, zpívaly píseň jednoho typu mnohem déle a vícekrát za sebou než ostatní jedinci v místech znečištěných vokalizací jiných druhů ptáků. Opakování jednoho typu písně neboli signálu vícekrát za sebou může totiž zvýšit pravděpodobnost, že se signál úspěšně dostane k příjemci. Proto je pravděpodobné, že místa v okolí vodopádů a bystřin byla nejvíce hlučná a tento hluk měl největší vliv na délku písní (Brumm et Slater 2006). Dále se u pěnkavy prokázal vliv deště, který měl největší vliv na dřívější konec hlasové aktivity. Vliv antropogenního hluku se však u pěnkavy obecné neprokázal (Da Silva et al. 2014).

V níže uvedených tabulkách Tabulka 4 a Tabulka 5 jsou přehledně zobrazeny studie, které studovaly vliv hlukového znečištění na hlasovou aktivitu ptáků. Prokázal se vliv hlukového znečištění, jak na začátek hlasové aktivity (Russ et al. 2014, Hasan 2010, Fuller 2007), tak na konec viz Tabulka 4 (Da Silva 2014, Fuller 2007). Dalo by se říct, že u červenky obecné (*Erithacus rubecula*) se stejně jako u světelného znečištění, tak i u hlukového, prokázal výrazný vliv na začátek a konec hlasové aktivity, ze všech zkoumaných druhů ptáků nejvíce (Fuller 2007). Ukázalo se však, že hlukové znečištění mělo v mnoha případech větší vliv na frekvenci zpěvu viz Tabulka 5 (Brumm 2004, Parris et Schneider 2009). Ptáci, kteří se nacházeli v lokalitách s vysokou mírou hlukového znečištění, vokalizovali s vyšší zvukovou

frekvencí než ptáci v lokalitách s menším hlukovým znečištěním. Navíc bylo zjištěno, že o víkendových dnech, při kterých byla hladina hluku menší než ve všedních dnech, ptáci změnili svou intenzitu vokalizace. Ptáci tedy upravují svou intenzitu vokalizace v závislosti na hluku v pozadí a snaží se zmírnit jejich zhoršenou komunikaci zpěvem s vyšší frekvencí, při kterém však musí vynaložit vyšší úsilí na zpěv (Brumm 2004). Dále se prokázalo, že ptáci vyskytující se v lokalitách znečištěných hlukem zpívali píseň mnohem déle, vícekrát za sebou (Brumm et Slater 2006) a i s vyšším kmitočtem (Parris et Schneider 2009). Hluk v blízkosti silnic prokázal, že ptáci obývající okolí silnic se mnohem častěji nacházeli dále od těchto míst, a proto je možné říct, že hluk ze silničního provozu má na ptáky velmi vážný vliv (Parris et Schneider 2009). Vliv nepříznivého počasí se také na mnoha druzích prokázal (Da Silva et al. 2014, Russ et al. 2014, Nordt et Klenke 2013, Hasan 2010).

Tabulka 4: Výsledky studií zkoumajících vliv hlukového znečištění na začátek a konec hlasové aktivity.

| Studie | Pták | Druh hlukového znečištění | | | | | Vliv na | |
|--------------------------|--|---------------------------|---------|--------|---------|--------------|---------------|---------------|
| | | Město | Příroda | Počasí | Silnice | Nespecifický | Začátek | Konec |
| Da Silva et al. 2014 | Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>) | | | x | | | NE | ANO |
| Brumm et Slater 2006 | Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>) | | x | | | | NE | NE |
| Dominoni et al. 2014 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | x | | | | | NE | NE |
| Russ et al. 2014 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | | | x | | | ANO | NE |
| Nordt et Klenke 2013 | Kos černý (<i>Turdus merula</i>) | x | x | x | | | NE | NE |
| Hasan 2010 | Bulbul zahradní (<i>Pycnonotus barbatus</i>) | | | x | | | ANO | NE |
| Fuller 2007 | Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>) | | | | | x | ANO 40 min | ANO 40 min |
| Parris et Schneider 2009 | Pávik popelavý (<i>Rhipidura fuliginosa</i>) | | | | x | | NE | NE |

Tabulka 5: Výsledky studií zkoumajících vliv hlukového znečištění na frekvenci zpěvu.

| Studie | Pták | Zvýšení frekvence vokalizace |
|---------------------------|---|---|
| Brumm 2004 | Nespecifikováno | V závislosti na hluku v pozadí se zvyšuje frekvence zpěvu. |
| Mockford et Marshall 2009 | Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>) | Změna intenzity vydávané frekvence v závislosti na intenzitě přijímaného signálu. |
| Parris et Schneider 2009 | Pištec australský (<i>Colluricincla harmonica</i>) | Vyšší frekvence v závislosti na intenzitě hluku. |

3.4 Kos černý (*Turdus merula*)

Stručný popis

Kos černý je v České republice jedním z nejznámějších ptáků (Šťastný et al. 2006). Samec kosa černého je černý a jeho zobák je výrazně žlutý až oranžový. Tělo i zobák samičky je tmavě hnědý. Ve starším věku však může mít zobák úplně žlutý. Na zemi se kos pohybuje velmi rychle pobíháním nebo skákáním, křídla má spuštěná a ocas má mírně zvednutý (Šťastný et Hudec 2011).

Rozšíření ve světě

Kos černý v dnešní době obývá více než 50 % Evropy (Šťastný et al. 2006), včetně britských ostrovů. Dále se kos černý vyskytuje na Kavkazu v severním Íránu, v Himálajích a také v Číně (Cepák et al. 2008). V západní Evropě je kos druhem stálým, zato v severní a východní Evropě je spíše druhem tažným (Šťastný et al. 2006).

Výskyt v ČR

Kos černý se v České republice vyskytuje na celém území. Jeho nejčastěji osídlenými lokalitami jsou městská prostředí. Nalezneme ho však také v lesích různého typu nebo v parcích. Jeho početnost v letech 1982-1985 byla odhadována na 1-2 miliony párů. Později, v letech 2001-2003, jeho početnost stoupla a bylo odhadováno 2-4 miliony párů (Šťastný et Hudec 2011).

Prostředí

Kos černý je původně lesní druh, který se od poloviny 19. století postupně začal přesouvat do lidských sídlišť a center velkých měst. V dnešní době je jeho hustota osídlení mnohem vyšší v městském prostředí než v lesích (Šťastný et Hudec 2011). Například v Praze se v některých částech vyskytuje až 200 párů kosa černého, a proto se kos černý řadí mezi nejhojnější pražské pěvce. Nejvíce osídlenými lokalitami jsou Dejvice, Bubeneč, Střešovice, Košíře a také pražské parky, jako je Petřín a Vyšehrad (Fuchs et al. 2002). Nalezneme ho tedy v lidských sídlištích, zahradách, parcích, ale také v prostředí bez porostů a na okrajích listnatých a jehličnatých lesů (Šťastný et Hudec 2011).

Hnízdění

Kos černý začíná hnízdit v dubnu a s hnízděním končí v červenci. Počet hnízdění je závislý na nadmořské výšce. V nižších polohách hnízdí většinou 2 - 3x do roka a ve vyšších nadmořských výškách často hnízdí pouze 1x. Nejčastěji hnízdí na smrku, vrbě a na nejrůznějších keřích, například na hlohu a bezu. Jeho hnízda můžeme dále najít na místech vytvořených člověkem, například na plotech, žebřících, hromadách dřeva, okapových rourách a také na zahradních domcích. Hnízdo kosa černého hnízdícího v lese je tvořené nejčastěji z listů, trávy, mechu nebo větviček keřů a stromů. Uvnitř se většinou nachází hlína, tráva a kořínky. U kosa černého hnízdícího v urbánním prostředí se v hnízdě většinou nacházejí různé provázky, kousky igelitu a papírky. Hnízdo staví pouze samička a postavení hnízda trvá 4-6 dnů. Do hnízda samička snese vždy jen jedno vejce a postupně snáší další. Barva vejce je různá. Nejčastěji je vejce zelené, lehce modravé, šedě namodralé, ale i bílé až šedé s červenými nebo hnědými skvrnkami. Po vylíhnutí jsou mláďata krmena oběma rodiči po dobu 14-16 dnů. Poté mláďata opouští hnízdo, ale rodiče se o mláďata stále starají (Šťastný et Hudec 2011).

Potrava

Kosi se v každém ročním období živí jinou potravou. Potrava živočišná převažuje na jaře a v létě. Ke konci léta a v průběhu podzimu převažuje potrava rostlinná. Mezi živočišnou potravu patří bezobratlí, zejména žížaly, měkkýši, pavouci a stonožky. Mezi rostlinnou potravu patří nejčastěji plody bezů, jabloně, hrušně, třešně nebo vinné révy. Mláďata jsou rodiči krmena zejména žížalami, brouky a motýly.

Živočišnou i rostlinnou potravu sbírají kosi na zemi a rostlinnou potravu nacházejí také ve větvích stromů a keřů. Někdy se kosi živí také z odpadků a jídel, které se nachází v okolí popelnic, skládek, na balkonech nebo na krmítkách. Mezi to patří například brambory, pečivo, knedlíky, rýže či zelenina (Šťastný et Hudec 2011).

Zpěv

Zpěv kosa černého se díky jeho hojnému výskytu u nás, snadno pozná. Jeho hlas je hlasitý, melodický a zpěv velice dlouhý. Nejčastěji ho můžeme slyšet k večeru při západu slunce či v brzkých ranních hodinách při východu slunce (Šťastný et al. 2006). Sameček i samička kosa černého mají velmi rozsáhlou zásobu skladeb. Kosa černého poznáme podle souvislého opakování skladeb. Ve večerních hodinách se jedna skladba může opakovat až třikrát za sebou. Ptáci se učí fráze již od mladého věku, a to většinou od svých sousedů, kteří se nacházejí v jejich blízkém okolí. Učení trvá po celý jejich život a série frází často závisí na věku ptáka, období rozmnožování a také na denní době, ve které se nachází. Píseň před západem slunce je u kosa vždy pomalá a klidná. Při východu slunce je píseň většinou dlouhá a mezery mezi frázemi jsou zkrácené. Při nepříznivém počasí, při hledání potravy a při krmení mlád'at je píseň často hlasitá, ale mezery mezi frázemi jsou dlouhé a píseň se opakuje velmi nepravidelně. Kosa můžeme poznat podle kontaktního zvuku „ssrie“ a „sri“, který se používá zejména k udržení kontaktu při letu (Cramp 1992) a také k vábení (Šťastný et al. 2006). Tento zvuk trvá více jak 3 sekundy a tón je velmi vysoký. Když chce kos někoho výstražně varovat, například mlád'ata na přítomnost dravce, pronese „pook“, „djuck“ nebo „kop“. Pokud se kos nachází v neznámé nebo nejisté situaci, opakuje fráze „chook“, „tuc“, „tuk“ nebo „duck“ s určitým zrychlením a vzestupným stoupáním. Pokud je kos rozčilený, například při snaze udržení svého území, uslyšíme jeho agresivní volání „chink“, „milk“, „tix“ nebo „tink“ (Cramp 1992).

4. Metodika a materiál

4.1 Nahrávky zpěvu kosa černého (*Turdus merula*)

Práce spočívala ve vyhodnocování nahrávek kosa černého (*Turdus merula*), které sbírala Studničková (2015) s Holoubkem (2015). Nahrávky byly sbírány v Praze a jejím okolí, od 2. 4. 2014 do 5. 6. 2014. Nahrávání probíhalo na čtyřech typech lokalit:

- na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním,
- na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním,
- na lokalitách ovlivněných světelným i hlukovým znečištěním,
- na lokalitách bez hlukového a světelného znečištění.

Nahrávání probíhalo na všech lokalitách vždy současně a nahrávalo se celkem na dvanácti lokalitách viz Tabulka 6.

Tabulka 6: Sledované lokality.

| Týden v roce | Datum | Hlukové a světelné znečištění | Světelné znečištění | Hlukové znečištění | Bez hlukového a světelného znečištění |
|--------------|----------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 14. | 2.-3.4.2014 | | | Říčanský les | Říčanský les |
| 15. | 8.-9.4. 2014 | Park Přátelství | Stromovka | Říčanský les | |
| | | Park Přátelství | Stromovka | | |
| | | Park Přátelství | | | |
| 16. | 19.-20.4.2014 | | Petřín | Janovický les | Janovický les |
| | | | | | Říčanský les |
| | | | | | Olšanské hřbitovy |
| | | | | | Olšanské hřbitovy |
| 17. | 26.-27.4.2014 | Letenské sady | Stromovka | | |
| | | Letenské sady | | | |
| 18. | 1.-2.5. 2014 | | Stromovka | Janovický les | Janovický les |
| | | | Stromovka | | |
| 19. | 8.-9.5. 2014 | Letenské sady | Petřín | Říčanský les | Janovický les |
| | | | Petřín | | Janovický les |
| 20. | 16.-17.5. 2014 | | Hostivař | Klánovice | Janovický les |
| | | | | Milíčovský les | |
| 21. | 21.-22.5.2014 | Kinského zahrady | | Klánovice | Klánovice |
| | | | | Klánovice | Klánovice |
| | | | | Klánovice | |
| 22. | 30.-31.5. 2014 | Letenské sady | Hostivař | Kersko | Kersko |
| | | Letenské sady | | Kersko | Kersko |
| | | Letenské sady | | Milíčovský les | Kersko |
| | | Hostivař | | | Janovický les |
| 23. | 4.-5.6. 2014 | Kinského zahrady | | Kersko | Kersko |
| | | Kinského zahrady | | Kersko | Kersko |
| | | | | Kersko | |

4.2 Sledované lokality v Praze

Olšanské hřbitovy

Olšanské hřbitovy jsou se svými neuvěřitelnými padesáti hektary největšími hřbitovy na celém území České republiky. Prostředí Olšanských hřbitovů je plné záhad, umění a historek. Díky svému tajemnu, tichu, ale také šumu zdejších stromů a keřů, se tento hřbitov stal jedním z nejvíce vyhledávaných míst k procházkám a odpočinku.

Letenské sady

Letenské sady tvoří rozsáhlý park o rozloze 25 ha, který se zde postupně vytvářel již od roku 1860. V parku nalezneme mnoho různých dřevin a také dlouhá stromořadí. Návštěvníci tento park využívají k rekreaci, sportu a k posezení s báječným pohledem na Prahu.

Stromovka

Stromovka, dříve Královská obora, se nachází v Praze – Bubenči v nadmořské výšce 230 m n. m. Se svými 105 ha patří mezi největší zahrady v Praze a zároveň se považuje za hlavní park Prahy. Udržován je ve stylu anglického parku a nachází se zde vodní plochy, vysoké stromy a přes 8 000 jehličnanů.

Petřín

Park Petřín se nachází ve výšce 237 m. Nalezneme zde mnoho různých skal, nejčastěji však z pískovce. V jarním a podzimním období se Petřín řadí mezi nejkrásnější parky v Praze, protože na jaře všechny ovocné stromy rozkvétají a na podzim se celý vrch parku zakryje listím do podzimních pestrobarevných barev.

Kinského zahrady

Na území Kinských zahrad se dříve nacházely lesy, které byly později nahrazeny vinicemi. V dnešní době zde nalezneme nádhernou přírodu, mnoho objektů, pískovcové skály, jezírka a vodopády. Jelikož je zahrada tvořena spíše svahelem, nalezneme zde také pěkný výhled.

Park přátelství

Park přátelství se nachází na Praze 9 – Prosek. Park zaujímá rozlohu 11 ha a jeho nadmořská výška je 288 m. n. m. Tento park je novodobý a je tvořen rybníky,

vodním dílem a také stromy, z nichž tu nalezneme nejvíce lípu malolistou (*Tilia parvifolia Ehrl.*) a habr obecný (*Carpinus betulus*).

4.3 Sledované lokality mimo Prahu

Říčanský les

Říčanský les, který zaujímá rozlohu 650 ha, se nachází v bohaté lokalitě, ve které najdeme zejména mnoho turistických tras.

Janovický les

Janovický les je navazujícím lesem na Říčanský les a stejně jako v Říčanském lese, tak i v Janovickém, najdeme mnoho turistických tras.

Milíčovský les

Milíčovský les se nachází 265–295 m. n. m. v blízkosti sídliště a početné silniční dopravy. Nachází se zde rybník a spousta cest, které slouží převážně k cyklistice.

Hostivařský park

Hostivařský park byl vytvořen mezi lety 1959-1963. Tento park zaujímá rozlohu 140 ha a leží 240-300 m. n. m. Nejčastěji zde nalezneme stromy, např. jako jsou dub zimní (*Quercus petraea*), dub letní (*Quercus robur*), lípy (*Tilia* sp.), habr (*Carpinus* sp.), javor (*Acer* sp.), jasan (*Fraxinus excelsior*) nebo buk (*Fagus sylvatica*).

Klánovický les

Klánovický les se nachází na území přírodního parku Klánovice – Čihadla. Leží v nadmořské výšce 250 m. n. m. a nalezneme zde stromy, např. jako jsou dub zimní (*Quercus petraea*), habr obecný (*Carpinus betulus*) a borovice lesní (*Pinus sylvestric*).

Kersko

Kersko je les nacházející se v Polabské nížině v okrese Nymburk a leží 185 m. n. m. Je označen jako přírodní park chránící borové a březové porosty.

4.4 Sběr dat

Nahrávky hlasové aktivity byly pořizovány pomocí diktafonů „SONY ICD-PX33“. Tyto diktafony byly na sledovaných lokalitách vždy umístěny tak, aby od teritoria každého jedince byly vzdáleny minimálně 300 metrů a nedošlo k případnému

nahrávání jednoho jedince na dva diktafony najednou. Během sledovaného období bylo pořízeno celkem 56 nahrávek kosa černého. Nahrávání probíhalo vždy jednu hodinu od východu slunce.

4.5 Vyhodnocení nahrávek

Každá pořízená nahrávka kosa černého byla rozdělena do dalších čtyř patnáctiminutových intervalů. Analýza nahrávek probíhala pomocí programu „Avisoft SASLab Pro“. V každém 15 minutovém intervalu byly zaznamenávány následující charakteristiky zpěvu:

- Délka zpěvu: celkový čas, po který daný jedinec zpíval v průběhu analyzovaného 15 minutového intervalu. Čas byl uváděn v minutách.
- Počet strof (zpěvů): počet přednesených strof v daném 15 minutovém intervalu, bez ohledu na délku strofy nebo její úplnost.

Tyto výsledky následně vstupovaly do další analýzy dat.

4.6 Analýza výsledných dat

Pro analýzu dat byl použit program R verze 3.4.1. (R Core Team 2017). Nejdříve byla pomocí Shapiro-Wilkova testu normality vyhodnocena normalita dat. Pokud data měla signifikantní výsledek, bylo dále pracováno s normálním rozdělením. Následné hodnocení bylo provedeno pomocí metody testu ANOVA. Průkazné byly brány hodnoty, pokud $p < 0,05$.

U našeho sledovaného druhu kosa černého (*Turdus merula*) byl hodnocen vliv lokalit se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným i hlukovým znečištěním a také vliv lokalit bez světelného a hlukového znečištění na délku a počet strof. Dále byl hodnocen také vliv počasí.

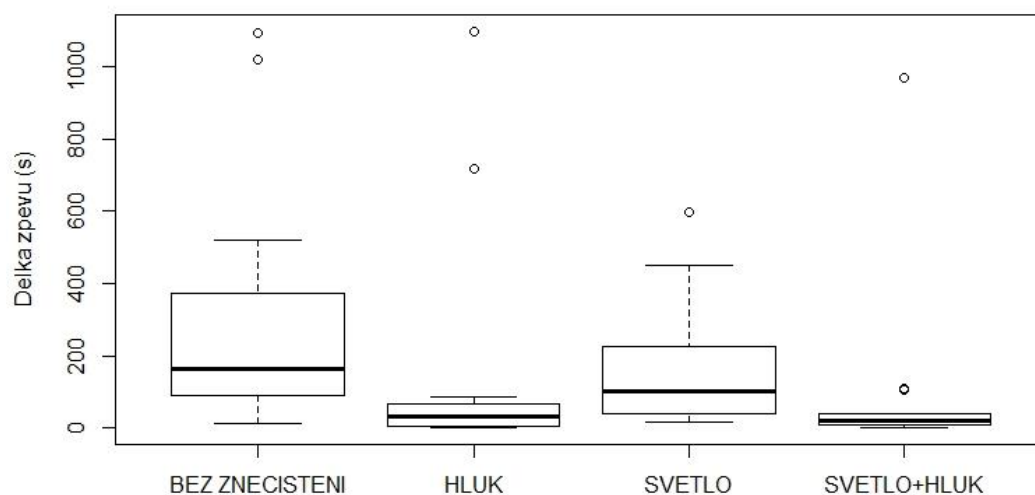
Jako první byly vyhodnocovány data z celé jedné hodiny na délku a počet strof. Pro podrobnější vyhodnocení jsme data celých hodin následně rozdělily na patnáctiminutové intervaly, které se vyhodnocovaly stejně jako data celých hodin. U čtvrté čtvrt hodiny jsme pro porovnání sledovaných lokalit použili Tukeyův test mnohonásobného porovnání. Dále byl zjišťován podrobnější vliv světelného a hlukového znečištění a také vliv počasí na délku a počet strof sledovaného druhu.

5. Výsledky

5.1 Vliv lokalit na délku a počet strof u hodinových nahrávek

Ve výsledku testu ANOVA nám žádná z vycházejících hodnot pod 0,05 nevyšla. Celková hodnota p nám v tomto případě vyšla na 0,297 viz Tabulka 7, tedy větší než 0,05. Podle tohoto výsledku můžeme říci, že typ lokality na délku zpěvu kosa černého neměl v tomto případě žádný vliv viz Obrázek 1.

Obrázek 1: Vliv lokalit na délku zpěvu u hodinových nahrávek.

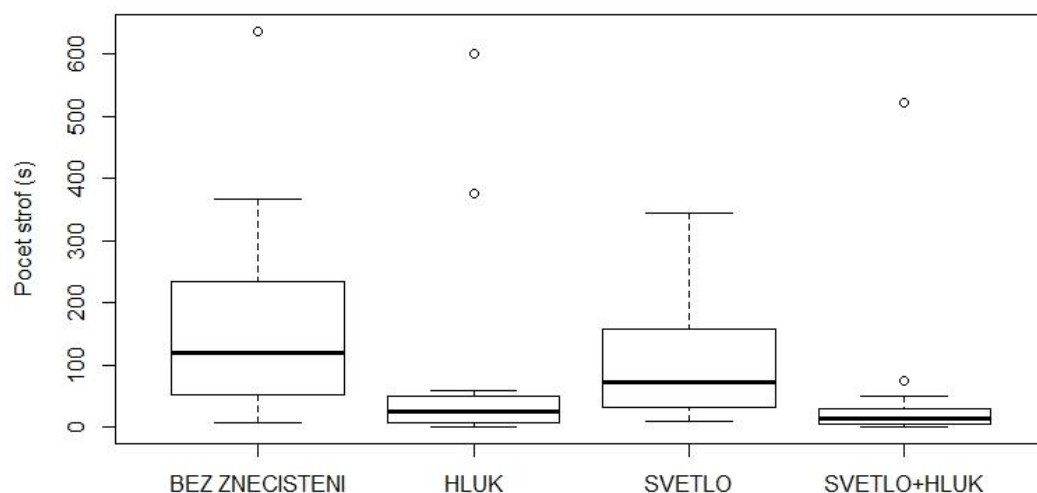


Tabulka 7: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na délku zpěvu u hodinových nahrávek.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Délka zpěvu | 287,200 | 52,000 | 1,261 | 0,297 |

Další hodnotící proměnnou byl počet strof. Ani u počtu zpěvů nám však nevyšla žádná z hodnot pod 0,05. Celková hodnota p nám v tomto případě vyšla na 0,227 viz Tabulka 8, a proto nelze říci, že by typ lokality měl vliv na počet strof kosa černého viz Obrázek 2.

Obrázek 2: Vliv lokalit na počet strof u hodinových nahrávek.



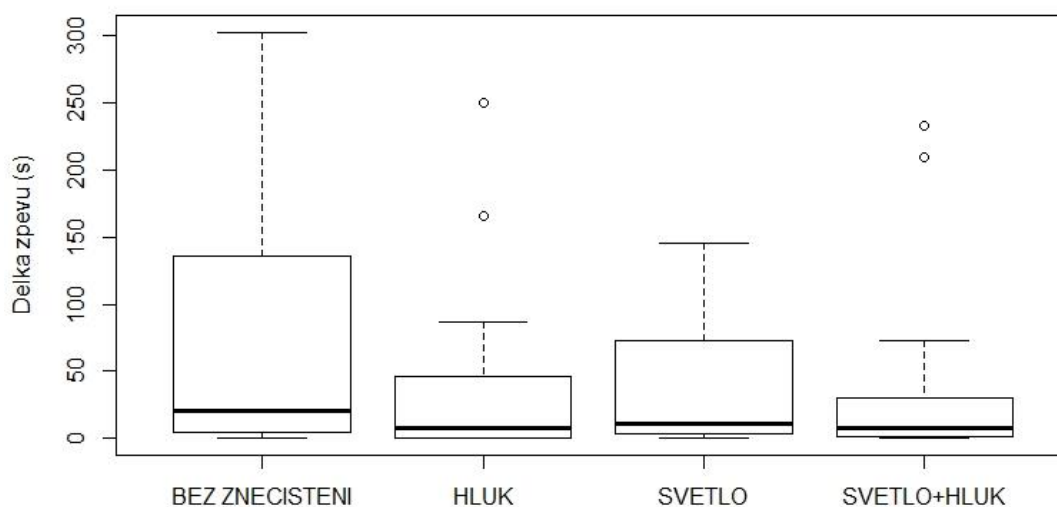
Tabulka 8: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na počet strof u hodinových nahrávek.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Počet strof | 149,600 | 52,000 | 1,496 | 0,227 |

5.2 Vliv lokalit na délku a počet strof u patnáctiminutových nahrávek

Stejně jako u celých hodinových nahrávek, tak i u čtvrt hodinových nahrávek, byla hodnocena délka zpěvu a počet strof. U prvních tří čtvrt hodin, které hodnotily, zda sledovaná lokalita má vliv na délku zpěvu kosa černého, byly hodnoty p následující: 1. čtvrt hodina $p = 0,684$, 2. čtvrt hodina $p = 0,364$ a 3. čtvrt hodina $p = 0,187$ viz Tabulka 9, Tabulka 10, Tabulka 11. Žádná z těchto hodnot nevyšla pod 0,05 a tímto tedy můžeme říci, že v žádné z prvních tří čtvrt hodin neměl typ lokality vliv na délku zpěvu, viz Obrázek 3, Obrázek 4, Obrázek 5.

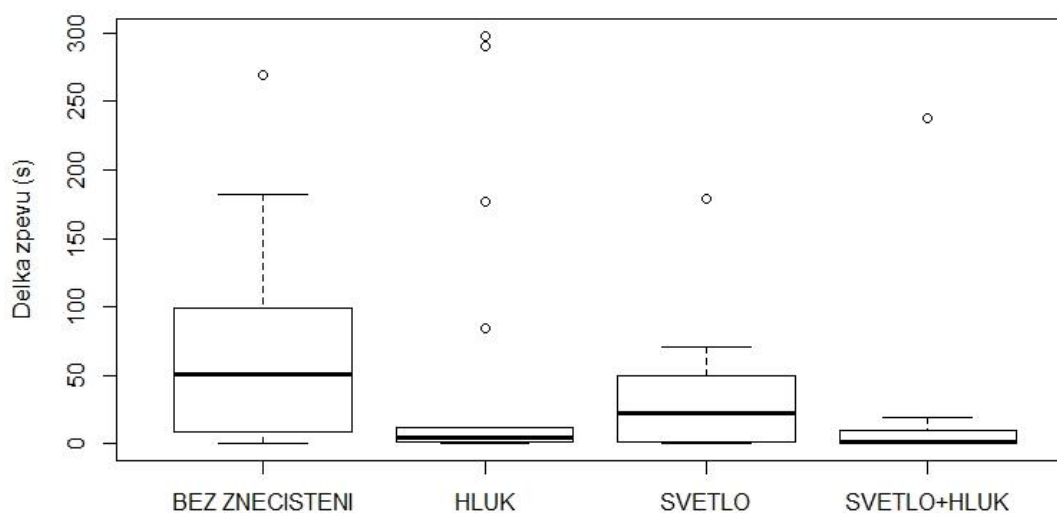
Obrázek 3: Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na délku zpěvu.



Tabulka 9: Souhrnný výsledek testu ANOVA–Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na délku zpěvu.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Délka zpěvu | 76,480 | 56,000 | 0,500 | 0,684 |

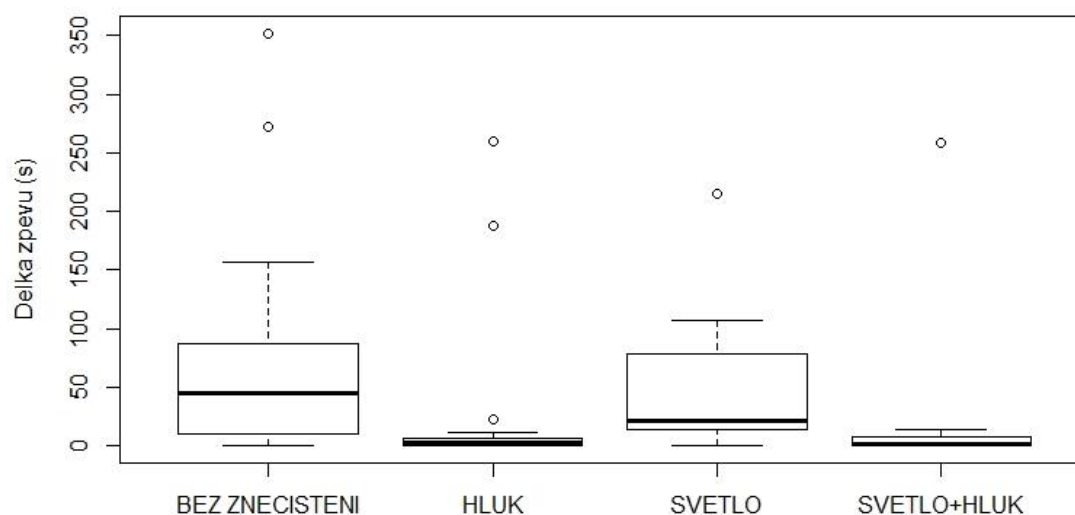
Obrázek 4: Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na délku zpěvu.



Tabulka 10: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na délku zpěvu.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Délka zpěvu | 77,220 | 55,000 | 1,084 | 0,364 |

Obrázek 5: Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na délku zpěvu.

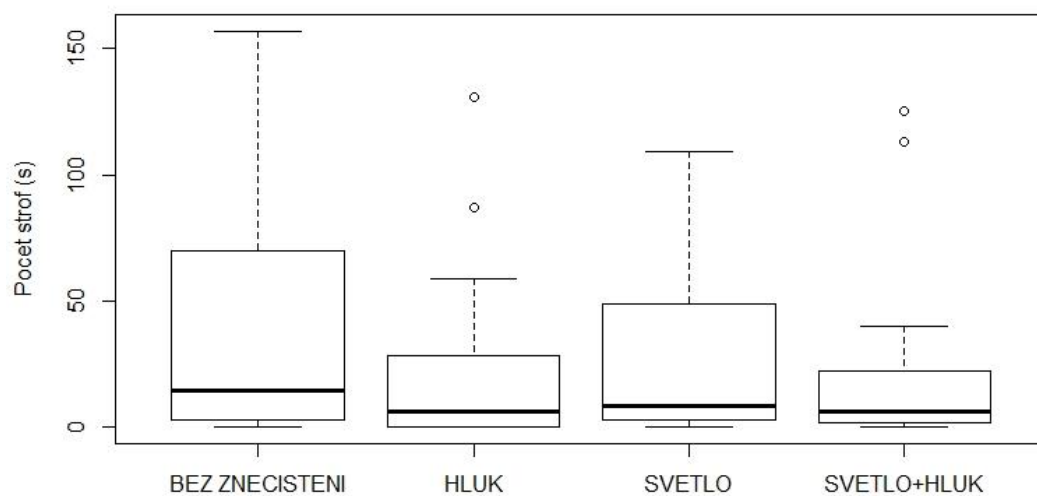


Tabulka 11: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na délku zpěvu.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Délka zpěvu | 77,990 | 57,000 | 1,654 | 0,187 |

U prvních tří čtvrt hodin, které hodnotily, zda sledovaná lokalita má vliv na počet strof kosa černého, byly hodnoty p následující: 1. čtvrt hodina $p = 0,766$, 2. čtvrt hodina $p = 0,280$ a 3. čtvrt hodina $p = 0,128$ viz Tabulka 12, Tabulka 13, Tabulka 14. Žádná z těchto hodnot opět nevyšla pod 0,05 a tímto tedy můžeme říci, že ani zde v žádné z prvních tří čtvrt hodin neměl typ lokality vliv na počet strof viz Obrázek 6, Obrázek 7, Obrázek 8.

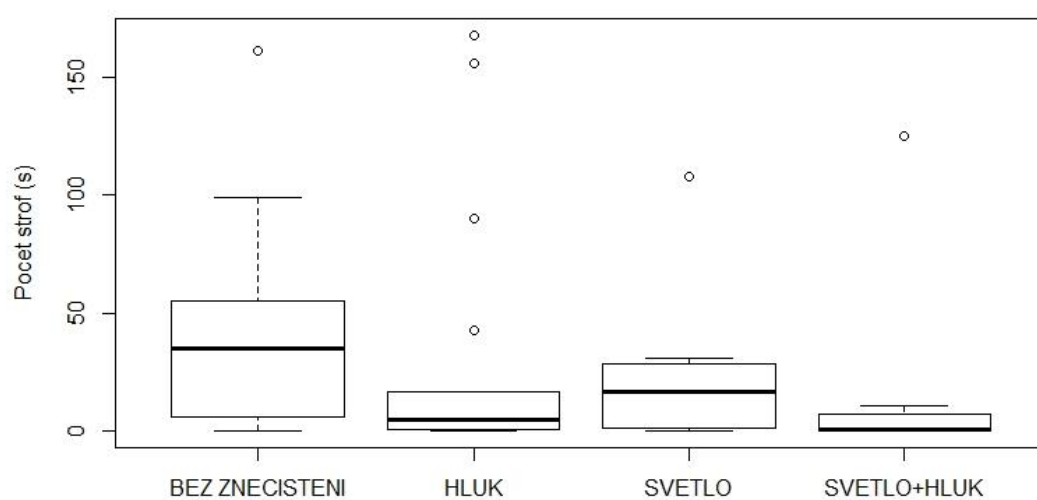
Obrázek 6: Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na počet strof.



Tabulka 12: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na počet strof.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Počet strof | 40,250 | 56,000 | 0,382 | 0,766 |

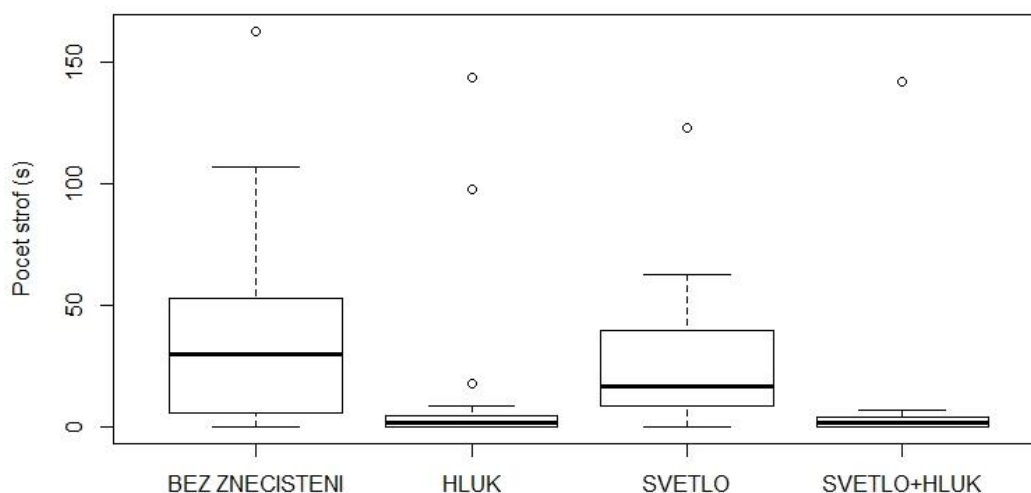
Obrázek 7: Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na počet strof.



Tabulka 13: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na počet strof.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Počet strof | 42,220 | 55,000 | 1,310 | 0,280 |

Obrázek 8: Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na počet strof.



Tabulka 14: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na počet strof.

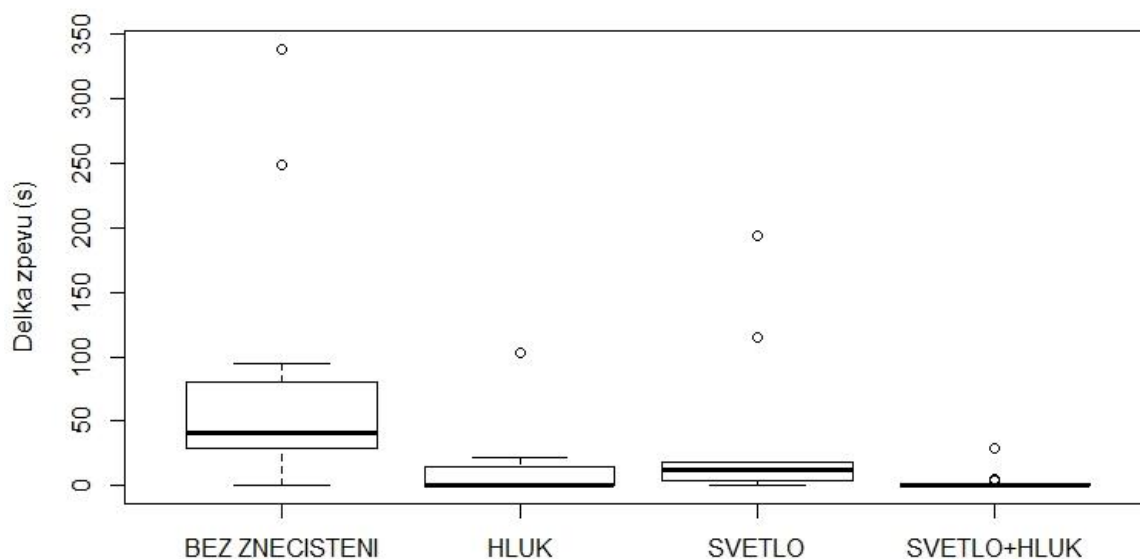
| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Počet strof | 39,730 | 57,000 | 1,972 | 0,128 |

U čtvrté čtvrt hodiny nám u délky zpěvu celková pravděpodobnost podle ANOVA testu vyšla menší než 0,05 $p > 0,010$ viz Tabulka 16. Největší vliv na délku zpěvu se prokázal u lokalit bez znečištění, s hlukovým znečištěním a u lokalit se světelným i hlukovým znečištěním zároveň viz Tabulka 15.

Pro ověření jsme však zkoumali vztah jednotlivých hodnot proměnných „typu lokalit“ pomocí Tukeyova testu. Mnohonásobným porovnáním nám vyšel největší rozdíl středních hodnot u lokalit HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ a SVĚTLO+ HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ viz Tabulka 17. Obě tyto dvojice mají hodnotu p menší než 0,05. Tímto nám tento test potvrdil, že délka zpěvu u čtvrté čtvrt hodinové nahrávky

významně záležela na typu lokality, ve které se kos černý zrovna nacházel viz Obrázek 9.

Obrázek 9: Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu.



Tabulka 15: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu.

| TYP LOKALITY | Estimate | Std. Error | T value | Pr (> t) |
|--|----------------|---------------|---------------|--------------|
| BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -73,850 | 14,230 | 5,191 | 0,000 |
| S HLUKOVÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -61,910 | 20,780 | 2,980 | 0,004 |
| SE SVĚTELNÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -35,630 | 23,380 | -1,524 | 0,134 |
| SE SVĚTELNÝM I HLUKOVÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -70,750 | 21,610 | -3,274 | 0,001 |

Tabulka 16: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Délka zpěvu | 58,660 | 51,000 | 4,540 | 0,010 |

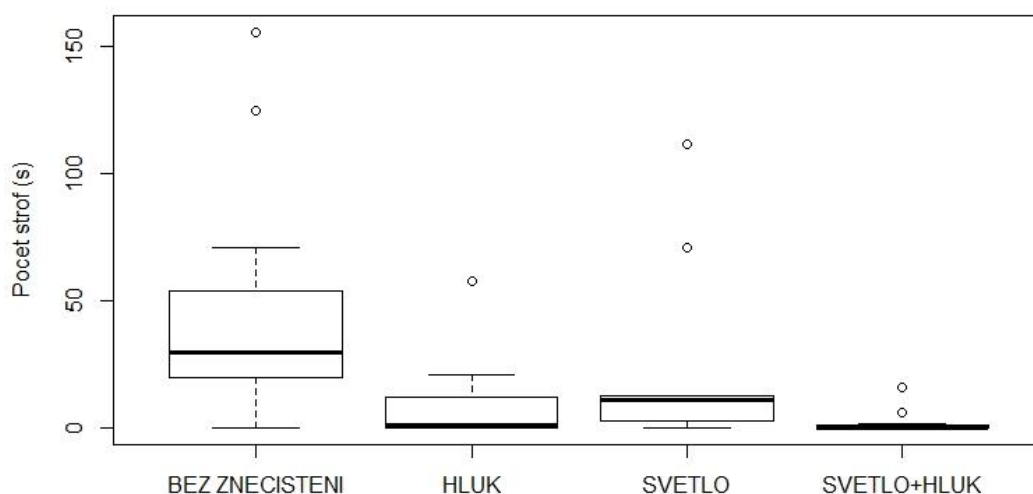
Tabulka 17: Mnohonásobné porovnání lokalit Tukeyovou metodou u 4. čtvrt hodiny délky zpěvu.

| TYP LOKALITY | Estimate | Std. Error | Z value | Pr (> z) |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|
| HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -61,914 | -117,102 | -6,727 | 0,022 |
| SVĚTLO-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -35,629 | -97,714 | 26,457 | 0,431 |
| SVĚTLO+HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -70,749 | -128,148 | -13,351 | 0,010 |
| SVĚTLO-HLUK | 26,286 | -37,315 | 89,886 | 0,693 |
| SVĚTLO+HLUK-HLUK | -8,835 | -67,868 | 50,198 | 0,978 |
| SVĚTLO+HLUK-SVĚTLO | -35,121 | -100,649 | 30,407 | 0,491 |

I u počtu stromů celková pravděpodobnost podle ANOVA metody vyšla pod 0,05 $p > 0.001$ viz Tabulka 19. Největší vliv na délku zpěvu se prokázal opět u lokalit bez znečištění, s hlukovým znečištěním a u lokalit se světelným i hlukovým znečištěním zároveň viz tabulka Tabulka 18.

Pro ověření jsme opět zkoumali vztah jednotlivých hodnot proměnných „typu lokalit“ pomocí Tukeyova testu, kde nám vyšlo, že největší rozdíl středních hodnot vyšel u lokalit HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ a SVĚTLO+HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ viz Tabulka 20. Obě tyto dvojice mají hodnotu p menší než 0,05, a tímto nám tento test potvrzuje hypotézu, že počet stromů u čtvrté čtvrt hodinové nahrávky významně záležel na typu lokality, ve které se kos černý zrovna nacházel viz Obrázek 10.

Obrázek 10: Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na počet stromů.



Tabulka 18: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrtrovině na počet strof.

| TYP LOKALITY | Estimate | Std. Error | T value | Pr (> t) |
|-------------------------------------|----------|------------|---------|-----------|
| BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | 44,059 | 7,159 | 6,154 | 0,000 |
| S HLUKOVÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -35,725 | 10,457 | -3,417 | 0,001 |
| SE SVĚTELNÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -20,059 | 11,764 | -1,705 | 0,094 |
| SE SVĚTELNÝM I HLUKOVÝM ZNEČIŠTĚNÍM | -42,136 | 10,876 | -3,874 | 0,000 |

Tabulka 19: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrtrovině na počet strof.

| Proměnná | Residual SE | DF | F-statistic | P-value |
|-------------|-------------|--------|-------------|---------|
| Počet strof | 29,520 | 51,000 | 6,221 | 0,001 |

Tabulka 20: Mnohonásobné porovnání lokalit Tukeyovou metodou u 4. čtvrtrovině počtu strof.

| TYP LOKALITY | Estimate | Std. Error | Z value | Pr (> z) |
|-----------------------------|----------|------------|---------|-----------|
| HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -35,725 | -63,496 | -7,955 | 0,007 |
| SVĚTLO-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ | -20,059 | -51,301 | 11,183 | 0,332 |
| SVĚTLO+HLUK-BEZ ZNEČIŠTĚNÍ. | -42,136 | -71,019 | -13,252 | 0,002 |
| SVĚTLO-HLUK | 15,667 | -16,338 | 47,671 | 0,567 |
| SVĚTLO+HLUK-HLUK | -6,410 | -36,116 | 23,296 | 0,940 |
| SVĚTLO+HLUK-SVĚTLO | -22,077 | -55,051 | 10,897 | 0,296 |

5.3 Vliv hlukového a světelného znečištění a počasí na délku zpěvu

Byl zjišťován vliv vybraných faktorů na délku zpěvu sledovaného druhu. Ze všech sledovaných faktorů vyhověl podmínce $p < 0,05$ pouze faktor hluku (0,047) a teploty (0,038) viz Tabulka 21. Vliv faktoru „děšť“ nebyl zařazen do modelu z důvodu malého počtu záznamů.

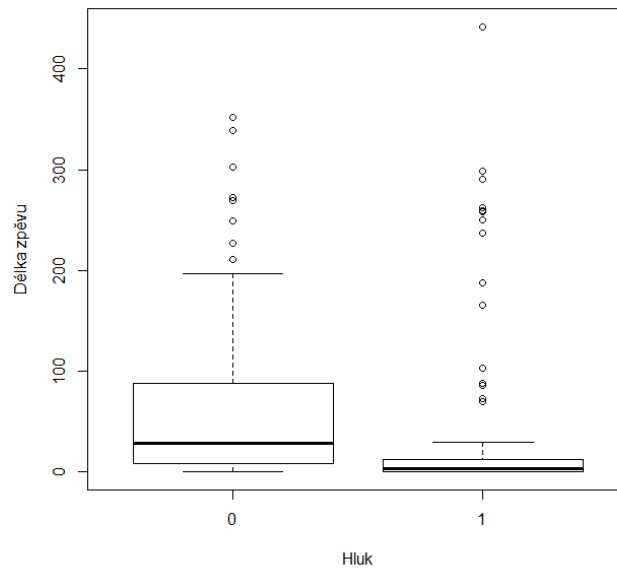
Tabulka 21: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv vybraných faktorů na délku zpěvů.

| | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) |
|-------------|-----------|------------|---------|----------|
| (Intercept) | -1532,428 | 1307,907 | -1,172 | 0,243 |
| HLUK | -21,664 | 10,846 | -1,997 | 0,047 |
| SVĚTLO | -14,334 | 10,882 | -1,317 | 0,189 |

| | | | | |
|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| TEPLOTA | -5,151 | 2,471 | -2,084 | 0,038 |
| TLAK | 01,01,5285 | 1,274 | 1,199 | 0,232 |
| VLHKOST | 1,136 | 0,749 | 1,517 | 0,131 |

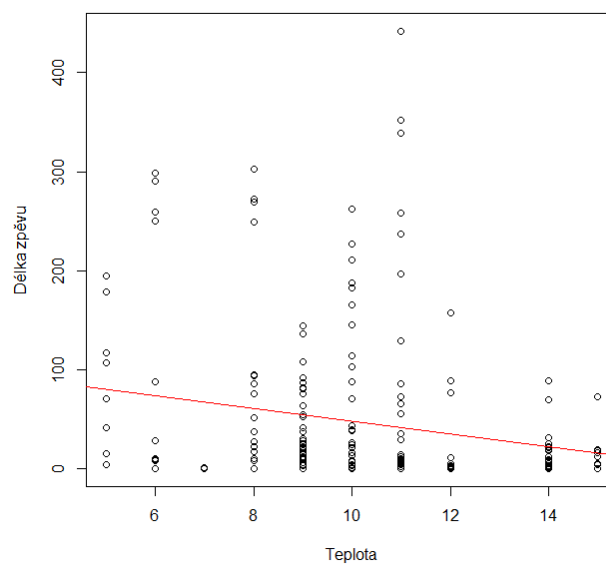
Níže jsou uvedeny závislosti délky zpěvu na faktorech, které vyhověly podmínce.

Obrázek 11: Vliv hluku na délku zpěvu.



Graf na Obrázek 11 ukazuje, že se zvyšujícím se hlukem dochází ke zkrácení délky zpěvu.

Obrázek 12: Vliv teploty na délku zpěvu.



Graf na Obrázek 12 ukazuje, že se zvyšující se teplotou dochází ke zkrácení délky zpěvu.

5.4 Vliv hlukového a světelného znečištění a počasí na počet strof

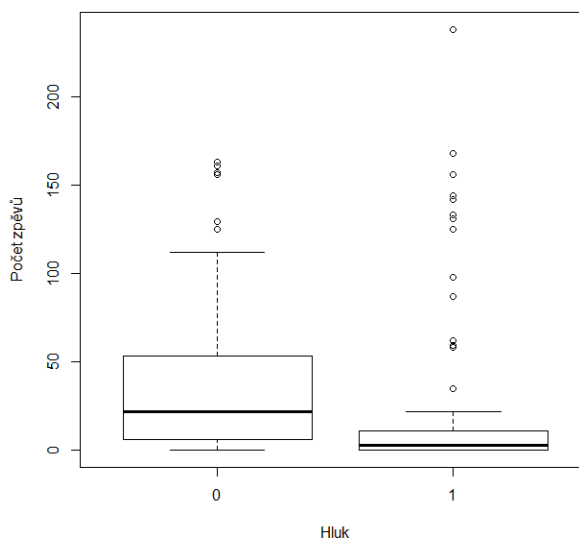
Byl zjišťován vliv vybraných faktorů na počet strof sledovaného druhu. Ze všech sledovaných faktorů vyhověly podmínce $p < 0,05$ tři faktory, a to faktor hluku (0,032), teploty (0,011) a vlhkosti (0,021) viz Tabulka 22. Vliv faktoru „déšť“ nebyl zařazen do modelu z důvodu malého počtu záznamů.

Tabulka 22: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv vybraných faktorů na počet strof.

| | Estimate | Std. error | t value | Pr(> t) |
|----------------|----------------|--------------|---------------|--------------|
| (Intercept) | -1114,315 | 665,936 | -1,673 | 0,096 |
| HLUK | -12,022 | 5,553 | -2,165 | 0,032 |
| SVĚTLO | -6,749 | 5,568 | -1,212 | 0,227 |
| TEPLOTA | -3,245 | 1,266 | -2,564 | 0,011 |
| TLAK | 1,090 | 0,649 | 1,680 | 0,095 |
| VLHKOST | 0,898 | 0,385 | 2,332 | 0,021 |

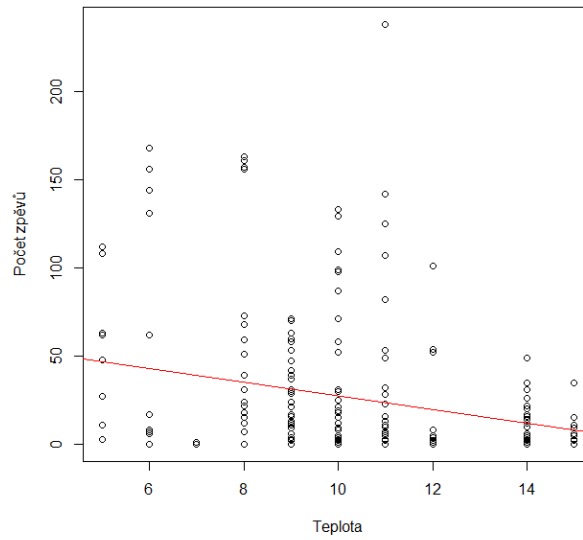
Níže jsou uvedeny závislosti počtu strof na faktorech, které vyhověly podmínce.

Obrázek 13: Vliv hluku na počet strof.



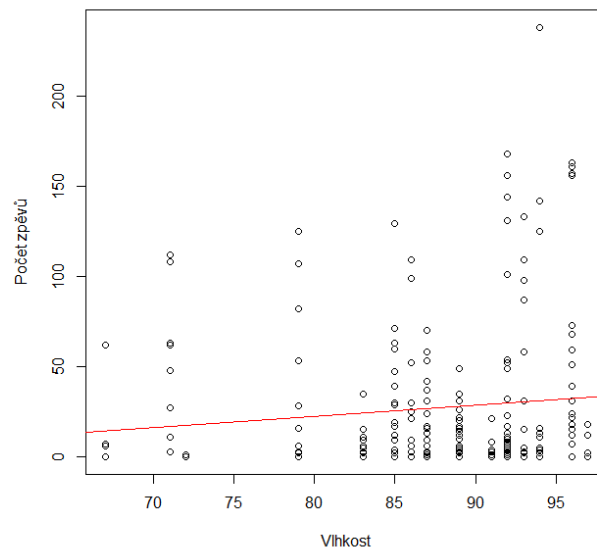
Graf na Obrázek 13 ukazuje, že se zvyšujícím se hlukem dochází ke snížení počtu strof.

Obrázek 14: Vliv teploty na počet strof.



Graf na Obrázek 14 ukazuje, že se zvyšující se teplotou dochází ke snížení počtu strof.

Obrázek 15: Vliv vlhkosti na počet strof.



Graf na Obrázek 15 ukazuje, že se zvyšujícím se vlhkostí dochází ke zvýšení počtu strof.

6. Diskuse

V rámci analýzy byly posuzovány nahrávky kosa černého, které byly pořízeny na různých lokalitách v rámci výzkumu vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého v Praze a okolí.

V rámci statistických analýz byly nejdříve porovnány počty strof a délka zpěvu na 4 typech sledovaných lokalit – tj. lokality se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným a hlukovým znečištěním a lokality bez znečištění.

Při tomto porovnání byly statisticky prokázány nejnižší hodnoty délky zpěvu a počtu strof na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním a na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním. Naopak nejvyšší hodnoty délky zpěvu a počtu strof byly zaznamenány na lokalitách bez znečištění a lokalitách, kde působilo pouze světelné znečištění. Statisticky průkazné byly tyto rozdíly až v poslední čtvrt hodině (tj. 46-60 minut od východu slunce), v předchozích 15 minutových intervalech (tj. 1-15 minut, 16-30 minut a 31-45 minut od východu slunce) byly tyto rozdíly sice patrné, ale statisticky neprůkazné.

Z tohoto pohledu můžeme porovnat naši práci s diplomovou prací Vlacha (2016), který porovnával začátek a délku zpěvu stejného druhu na stejných lokalitách, ale v období před východem slunce. Zatímco světelné znečištění mělo průkazný vliv na začátek zpěvu, pozitivní vliv na délku zpěvu byl prokázán pouze v kombinaci s hlukovým znečištěním, naopak na lokalitách, kde působilo pouze hlukové znečištění byla délka zpěvu nejkratší.

V naší práci se po východu slunce vliv světelného znečištění již neprojevoval. To pochopitelně souvisí s tím, že po východu slunce světelné znečištění přestává působit, jelikož zdroje umělého osvětlení zhasnou a na všech lokalitách působí stejné světelné podmínky. Hlukové znečištění vedlo vždy ke snížení délky zpěvu a počtu přednesených strof, tj. jak na lokalitách, kde působilo pouze hlukové znečištění, tak na lokalitách, kde působilo zároveň hlukové i světelné znečištění.

V této souvislosti je možné zmínit i bakalářské práce týkající se vlivu hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků Holoubek (2015) a Studničková (2015), jejichž pozorování probíhalo na stejných lokalitách a dokonce i tentýž rok. V obou těchto pracích se prokázal patrný vliv na hlasovou aktivitu budníčka menšího

vyskytujícího se ve světelných a zároveň hlučných lokalitách, oproti jedincům obývajících lokality světelným a hlukovým znečištěním nezasazené.

V odborné literatuře téměř chybí studie zabývající se vlivem hlukového a světelného znečištění na délku zpěvu. Většina autorů se v souvislosti se světelným znečištěním věnuje posunu načasování začátku a konce zpěvu, který u kosa černého prokázali například Da Silva et al. (2014) a Russ et al. (2014). U jiných autorů se naopak časový posun začátku nebo konce zpěvu prokázat nepodařilo (Hasan 2010, Brumm et Slater 2006). V souvislosti s hlukovým znečištěním, je kromě časového posunu začátku či konce zpěvu nejčastěji studována změna frekvence hlasu, kterou u kosa černého prokázali např. Nemeth et Brumm (2009).

Výsledky této práce statisticky prokázaly, že negativní vliv na hlasovou aktivitu jedinců kosa černého má jednoznačně znečištění hlukové, jelikož se zvyšujícím se hlukem docházelo ke snížení délky i počtu zpěvů. Vliv hlukového znečištění na délku zpěvu prokázali také Brumm et Slater (2006), kteří se zabývali intenzitou zpěvu pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs*) v prostředích znečištěných hlukem z vodopádů a bystřin. Zajímavé je, že u této studie byl prokázán vliv opačný, kdy při vyšším hluku pěnkavy obecné zpívaly píseň jednoho typu mnohem déle a s vyšším počtem strof. Jiná odborná literatura studující vliv hlukového znečištění na délku zpěvu některého ptačího druhu nebyla nalezena.

Ve výsledku této práce byl prokázán vliv počasí, a to konkrétně vliv teploty na počet strof i délku zpěvu kosa černého. Se zvyšující se teplotou docházelo ke zkrácení délky zpěvu a zároveň ke snížení počtu strof. V této souvislosti zatím žádná studie nestudovala vliv teploty na délku a počet strof kosa černého, byla však provedena studie Hasan (2010), u níž výsledky prokázaly vliv teploty na ranní hlasovou aktivitu kosa černého. Vliv teploty na začátek hlasové aktivity kosa černého byl také prokázán studií Nordt et Klenke (2013). Zde se ranní hlasová aktivita výrazně opozdila při nižší teplotě. Negativní vliv měla v této studii také zatažená obloha. Vliv teploty na hlasovou aktivitu kosa černého potvrdil také Schäfer et al. (2017). Zajímavým zjištěním naší studie také je, že na počet zpěvů měla vliv i vlhkost, neboť se zvyšující se vlhkostí docházelo ke zvýšení počtu zpěvů.

7. Závěr

Tato bakalářská práce měla za cíl vyhodnotit vliv čtyř různě znečištěných lokalit a vliv počasí na délku a počet strof kosa černého (*Turdus merula*). Pro práci byly zvoleny lokality znečištěné světelným či hlukovým znečištěním, lokality s oběma těmito znečištěními zároveň a také lokality bez žádného znečištění.

Vliv lokalit na délku a počet strof kosa černého je spíše neprůkazný, neboť určitá změna v chování kosa černého byla vyzorována pouze ve čtvrté čtvrt hodině po východu slunce. V této čtvrt hodině u znečištěných lokalit došlo k negativním vlivům na chování kosa, neboť aktivita kosa, co se týče délky a počtu strof, byla nižší. Naopak neznečištěné lokality měly na chování kosa pozitivní vliv, neboť byl zaznamenán vyšší počet strof a delší délka zpěvu.

Zároveň se prokázal vliv počasí na počet i délku zpěvu u teploty. Se zvyšující se teplotou docházelo ke zkrácení délky a zároveň ke snížení počtu strof. Dalším prokazatelným ovlivňujícím faktorem byla zaznamenána vlhkost, kdy se zvyšující se vlhkostí docházelo k zvýšení počtu strof. Tento vliv se prokázal pouze na počtu strof, nikoliv na délce. Jediným ze studovaných faktorů, který na délku ani počet strof nebyl prokázán, byl tlak.

Vliv hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého byl prokázán negativně, neboť při zvýšení hlukového znečištění se délka a počet strof výrazně snížily. Vliv světelného znečištění prokázán nebyl.

Vzhledem k tomu, že tato studie probíhala pouze během jedné sezóny, doporučuji podobnou studii provést během několika sezón, a to se zaměřením na další možné ovlivňující faktory, jako je například období migrace daného druhu nebo také průběh hnízdní sezóny.

8. Seznam použitých zdrojů

- Bartomeus I., Sol D., González-Lagos C., Pavoine S., et Haddadn. 2017: Urbanisation and the loss of phylogenetic diversity in birds. *Ecology Letters* 20: 721-729.
- Beier, P., 1995: Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. *Journal of Wildlife Management* 59: 228–237.
- Brumm H., 2004: The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* 73: 434–440.
- Brumm H. et Slater P. J. B., 2006: Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60: 475-481.
- Cepák J., Klvaňa P., Škopek J., Schröpfer L., Jelínek M., Hořák D., Formánek J. et Zárbynický J., 2008: Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky. Aventinum, Praha.
- Cinzano P., Falchi F. et Elvidge C. D., 2001: The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328: 689-707.
- Cramp S., 1992: Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Oxford University Press, Oxford.
- Da Silva A., Jelmer M., Schlicht M., 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.
- Da Silva A., Valcu M. & Kempenaers B., 2016: Behavioural plasticity in the onset of dawn song under intermittent experimental night lighting. *Animal Behaviour* 117: 155-165.
- Dominoni, D.M., Carmona Wagner, E.O., Hofmann, M., Kranstauber, B. et Partecke, J., 2014: Individual based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology* 83/3: 681-692.
- Dooling R. J. et Popper A. N., 2016: Some lessons from the effects of highway noise on birds. *Acoustical Society of America* 27: 1-12.
- EEA 2006: Urban sprawl in Europe: The Ignored Challenge. EEA, Copenhagen. 56 pp.

Evans K. L., Gaston K. J., Sharp S. P., McGowan A., Simeoni M. et Hatchwell B. J., 2009a: Effects of urbanisation on disease prevalence and age structure in blackbird *Turdus merula* populations. *Oikos* 118: 774-782.

Evans K. L., Gaston K. J., Frantz A. C., Simeoni M., Sharp S. P., McGowan A., Dawson D. A., Walasz K., Partecke J., Burke T. et Hatchwell B. J., 2009b: Independent colonization of multiple urban centres by a formerly forest specialist bird species. *The Royal Society* 276: 2403-2410.

Evans K. L., Hatchwell B. J., Parnell M. et Gaston K. J., 2010: A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews* 8: 643-667.

Evans K. L., Chamberlain D. E., Hatchwell B. J., Gregory R. D. et Gaston K. J., 2011: What makes an urban bird? *Global Change Biology* 17: 32-44.

Fuchs R., Škopek J., Formánek J. et Exnerová A., 2002: Atlas hnízdního rozšíření ptáků Prahy. Česká společnost ornitologická, Praha 209 pp.

Fuller R., Warren P. et Gaston K., 2007: Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters* 3: 368-370.

Grimm N. B., Faeth H. S., Redman C. L., Wu J., Bai X., Briggs J. et Golubiewski N. E., 2008: Global change and the ecology of cities. *Science* 319: 756-760.

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* 1: 13-16.

Holoubek O., 2015: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků. Bakalářská práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Ibáñez-Álamo J. D. et Soler M., 2010: Does urbanization affect selective pressures and life-history strategies in the common blackbird (*Turdus merula* L.)? *Biological Journal of the Linnean Society* 101: 759-766.

Kempenaers B., Borgström P., Loës P., Schlicht E. et Valcu M., 2010: Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20: 1735-1739.

- Kight C. R. et Swaddle J. P., 2011: How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology Letters* 14: 1052-1061.
- Luniak M. 2004: Synurbization-adaptation of animal wildlife to urban development. In: Shaw et al. (eds.): *Proceedings 4th International Urban Wildlife Symposium*, Tucson 50-55.
- Marzluff J. M., Bowman R. et Donnelly R., 2001: *Worldwide urbanization and its effects on birds. Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Publisher 585 pp.
- McDonnell, M. J., Hahs A. H. et Breuste J. H., 2009: *Ecology of Cities and Towns*. Cambridge University Press, Cambridge 746 pp.
- Mockford E.J. et Marshall R.C., 2009: Effects of urban noise on song and response behaviour in great tits. *The Royal Society* 276: 2979-2985.
- Moller A.P., 2009: Successful city dwellers: A comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia* 159/4: 849-858.
- Nemeth. E. et 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.
- Niemela J. 1999: Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems* 3: 57-65.
- Nordt A. et Klenke R., 2013: Sleepless in town – Drivers of the temporal shift in dawn song in urban European Blackbirds. *PLoS One* 8: 1-10.
- Ortega C. P., 2012: Effects of noise pollution on birds: a brief review of our knowledge. *Ornithological Monographs* 74: 6-22.
- Parris K. M. et Schneider A., 2009: Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14/1: 29.
- Partecke J., Schwabl I. et Gwinner E., 2006: Stress and the city: Urbanization and its effects on the stress physiology in European Blackbirds. *Ecology* 87/8: 1945-1952.
- Raap T., Pinxten R. et Eens M., 2015: Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Scientific Reports* 5: 1–8.

Riley S.P.D., Sauvajot R.M., Fuller T.K., York E.C., Kamradt D.A., Bromley C. et Wayne R.K., 2003: Effects of Urbanization and Habitat Fragmentation on Bobcats and Coyotes in Southern California. *Conservation Biology* 17/2: 566-576.

Roca I. T., Desrochers L., Giacomazzo M., Bertolo, A., Bolduc P., Deschesnes R., Martin Ch. A., Rainville V., Rheault G. et Proulx R., 2016: Shifting song frequencies in response to anthropogenic noise: a meta-analysis on birds and anurans. *Behavioral Ecology* 27: 1-6.

Russ A., Rüger A. et Klenke Reinhard, 2014: Seize the night: European Blackbirds (*Turdus merula*) extend their foraging activity under artificial illumination. *Journal of Ornithology* 156/1: 123-131.

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

Studničková J., 2015: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků. Bakalářská práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Šťastný K., Bejček V. et Hudec K., 2006: Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 2001-2003. Aventinum, Praha.

Šťastný K. et Hudec K. (eds.) 2011: Fauna ČR Ptáci 3/I. Academia, Praha.

Titaluer M., Spoelstra K., Lange C. Y. M. G. et Visser M. E., 2012: Activity patterns during provisioning are affected by artificial light in free living Great Tits (*Parus major*). *PLoS One* 5: 1-4.

Vlach M., 2016: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Diplomová práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Williams R., Wright A. J., Ashe E., Blight L.K., Brintjes R., Canessa R., Clark C.W., Cullis-Suzuki S., Dakin D.T., Erbe C., Hammond P.S., Merchant N.D., O'Hara P.D., Purser J., Radford A.N., Simpson S.D., Thomas L. & Wale M.A., 2015: Impacts of anthropogenic noise on marine life: Publication patterns new discoveries, and future directions in research and management. *Ocean & Coastal Management* 115: 17-24.

9. Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

| | |
|---|----|
| Obrázek 1:Vliv lokalit na délku zpěvu u hodinových nahrávek. | 27 |
| Obrázek 2:Vliv lokalit na počet strof u hodinových nahrávek. | 28 |
| Obrázek 3:Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 29 |
| Obrázek 4:Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 29 |
| Obrázek 5:Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 30 |
| Obrázek 6:Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na počet strof. | 31 |
| Obrázek 7:Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na počet strof. | 31 |
| Obrázek 8:Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na počet strof. | 32 |
| Obrázek 9:Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 33 |
| Obrázek 10:Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na počet strof. | 34 |
| Obrázek 11:Vliv hluku na délku zpěvu. | 36 |
| Obrázek 12:Vliv teploty na délku zpěvu. | 36 |
| Obrázek 13: Vliv hluku na počet strof. | 37 |
| Obrázek 14: Vliv teploty na počet strof. | 38 |
| Obrázek 15: Vliv vlhkosti na počet strof. | 38 |

Tabulky

| | |
|--|----|
| Tabulka 1:Podmínky jednotlivých studií zabývající se vlivem světelného znečištění na začátek a konec zpěvu. | 6 |
| Tabulka 2:Výsledky studií zkoumajících vliv světelného znečištění. | 12 |
| Tabulka 3:Podmínky jednotlivých studií zabývající se hlukovým znečištěním. | 15 |
| Tabulka 4:Výsledky studií zkoumajících vliv hlukového znečištění na začátek a konec hlasové aktivity. | 18 |
| Tabulka 5:Výsledky studií zkoumajících vliv hlukového znečištění na frekvenci zpěvu. | 19 |
| Tabulka 6:Sledované lokality. | 23 |
| Tabulka 7:Souhrnný výsledek testu ANOVA–Vliv lokalit na délku zpěvu u hodinových nahrávek. | 27 |
| Tabulka 8:Souhrnný výsledek testu ANOVA–Vliv lokalit na počet strof u hodinových nahrávek. | 28 |

| | |
|--|----|
| Tabulka 9: Souhrnný výsledek testu ANOVA–Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 29 |
| Tabulka 10: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 30 |
| Tabulka 11: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 30 |
| Tabulka 12: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 1. čtvrt hodině na počet strof. | 31 |
| Tabulka 13: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 2. čtvrt hodině na počet strof. | 32 |
| Tabulka 14: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit v 3. čtvrt hodině na počet strof. | 32 |
| Tabulka 15: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 33 |
| Tabulka 16: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na délku zpěvu. | 33 |
| Tabulka 17: Mnohonásobné porovnání lokalit Tukeyovou metodou u 4. čtvrt hodiny délky zpěvu. | 34 |
| Tabulka 18: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na počet strof. | 35 |
| Tabulka 19: Souhrnný výsledek testu ANOVA-Vliv lokalit ve 4. čtvrt hodině na počet strof. | 35 |
| Tabulka 20: Mnohonásobné porovnání lokalit Tukeyovou metodou u 4. čtvrt hodiny počtu strof. | 35 |
| Tabulka 21: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv vybraných faktorů na délku zpěvů. | 35 |
| Tabulka 22: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA-Vliv vybraných faktorů na počet strof. | 37 |