

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra ekologie



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

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

Konzultant: Ing. Lenka Hodačová

Diplomant: Bc. Barbora Hloušková

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Barbora Hloušková

Ochrana přírody

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

Posoudit vliv 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 Hradci Králové 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, aby 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 stran + přílohy.

Klíčová slova

Hlasová aktivita, světelné znečištění, hlukové znečištění

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.
- Kempnaers, 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

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Lenka Hodačová

Elektronicky schváleno dne 22. 7. 2015

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 8. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 01. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*)“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Petra Zasadila, Ph.D. a konzultantky Ing. Lenky Hodačové a že jsem uvedla všechny zdroje informací, ze kterých jsem čerpala.

V Hradci Králové dne: 12.04.2017

.....

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Petru Zasadilovi, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Mé poděkování patří také Ing. Lence Hodačové za vstřícnost při konzultacích, trpělivost a odborné rady, které mi v průběhu zpracování mé diplomové práce věnovala.

Poděkování také patří mému partnerovi Ing. Martinu Šulcovi, který mě po celou dobu studia podporoval a měl se mnou velkou trpělivost.

Abstrakt

Rozloha oblastí ovlivněných antropogenními vlivy, zejména hlukovým a světelným znečištěním, neustále stoupá a jak mnohé práce naznačují, mohou tyto vlivy přímo i nepřímo ovlivňovat organismy, které v těchto oblastech nebo v jejich blízkosti žijí. Studie zaměřené na toto téma naznačují, že tyto faktory mají vliv na hlasovou aktivitu ptáků. Světelné a hlukové znečištění mohou měnit nejen načasování vokalizace, ale také její intenzitu. Hlavním cílem této práce bylo zjistit vliv světelného a hlukové znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*). Výzkum probíhal formou vyhodnocování nahrávek hlasové aktivity, které byly pořízeny v dubnu a květnu roku 2015. Nahrávky byly pořízeny na 4 typech lokalit: na lokalitě s vlivem světelného znečištění, na lokalitě s vlivem hlukového znečištění, dále na lokalitě ovlivněné oběma faktory a nakonec v lokalitě bez vlivu obou typů znečištění. Nahrávání probíhalo každý týden za příznivého počasí. Lokality bez vlivu světelného a hlukového znečištění a také lokality pouze s hlukovým znečištěním se nacházely v okolí města Beroun, lokality ovlivněné pouze světelným znečištěním a kombinací obou faktorů byly vybrány v Hradci Králové. Nahrávalo se na diktafony, které byly umístěny do teritoria jedinců ve vybraných lokalitách. Nahrávání začalo vždy 60 minut před západem slunce, pokračovalo celou noc a končilo 180 minut po východu slunce.

Výsledky práce prokázaly vliv světelného znečištění na počátek a intenzitu ranní vokalizace, kdy na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním zpívali budníčci dříve a s vyšší intenzitou než na ostatních místech. Nebyl statisticky prokázán žádný vliv světla nebo hluku na večerní vokalizaci, ale grafické výstupy naznačují, že jedinci na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním vokalizují večer s vyšší intenzitou.

Byl prokázán vliv deště na ukončení večerní vokalizace, kdy ptáci za deštivého počasí ukončovali svou vokalizaci později. Tato studie také prokázala vliv oblačnosti na intenzitu ranní vokalizace. Jedinci vokalizovali před východem slunce méně, pokud bylo zataženo, než když bylo jasno. Ačkoliv výsledky byly neprůkazné, zdá se, že zvýšená oblačnost zvyšuje působení pouličního osvětlení ve večerních hodinách. Ptáci na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním vokalizovali večer déle, pokud bylo zataženo, než ve dnech, kdy byla obloha jasná.

Klíčová slova

phylloscopus collybita, světelné znečištění, hlukové znečištění, vokalizace, vliv deště, vliv oblačnosti

Abstract

The size of areas affected by anthropogenic influences, especially the noise and light pollution, increases. Many studies suggest, these factors can directly or indirectly influence organisms, which live near the sources of pollution. Studies of this topic suggest these factors can influence the voice activity of birds. Light and noise pollution can change not only the timing of the singing but the intensity too. The main goal of this study was to find out influence of light and noise pollution on the voice activity of Chiffchaf (*Phylloscopus collybita*). The records of voice activity, which were recorded in April and May 2015, were evaluated. The records were taken on the 4 types of localities: a) with the impact of light pollution, b) with the impact of noise pollution, c) with the impact of both factors and d) with no impact of both factors. Records were taken every week in good weather. The localities without the impact of noise and light pollution and localities with noise pollution only was placed near the town Beroun. Localities affected only by the light pollution and localities with both types of pollution was selected in Hradec Králové. Recording started 60 minutes before the sunset, continued overnight and was ended 180 minutes after the sunrise.

Results showed the impact of light pollution on the beginning and intensity of morning vocalization. On the places with the impact of light pollution chiffchaff started their singing earlier and with the higher intensity than on the other places. The influence of light or noise pollution on the evening vocalization was not statistically proved. Pictures suggest higher intensity of singing on places affected by noise pollution.

The impact of rain on the end of evening vocalization was proved. Birds ended their song later in rainy days. This study proved the impact of cloudiness on the intensity of morning vocalization. Birds song before the sunrise less when the weather was cloudy than when it was clear. Although the results were not statistically proved, it seems the increased cloudiness increases the effect of light pollution in the evening. Birds on places affected by the light pollution song longer in the evening in overcast days than in clear days.

Klíčová slova

phylloscopus collybita, effect of light, effect of noise, vocalization, pollution, effect of rain, effect of cloudiness

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. CÍLE PRÁCE | 9 |
| 3. PŘEHLED PROBLEMATIKY | 10 |
| 3.1. HLASOVÁ AKTIVITA PĚVCŮ | 10 |
| 3.2. VLIVY URBANIZACE A FRAGMENTACE KRAJINY | 11 |
| 3.3. ZNEČIŠTĚNÍ SVĚTELNÉ..... | 12 |
| 3.3.1. <i>Vliv na živočichy včetně člověka</i> | 12 |
| 3.3.2. <i>Vliv na rostliny</i> | 16 |
| 3.4. ZNEČIŠTĚNÍ HLUKOVÉ | 16 |
| 3.5. STUDOVANÝ DRUH – BUDNÍČEK MENŠÍ | 18 |
| 4. MATERIÁL A METODIKA | 20 |
| 4.1. VÝBĚR LOKALIT | 20 |
| 4.2. POPIS LOKALIT | 20 |
| 4.2.1. <i>Lokality bez hlukového a světelného znečištění</i> | 20 |
| 4.2.2. <i>Lokality ovlivněné hlukovým znečištěním</i> | 21 |
| 4.2.3. <i>Lokality ovlivněné světelným znečištěním</i> | 23 |
| 4.2.4. <i>Lokality ovlivněné světelným a hlukovým znečištěním</i> | 24 |
| 4.3. SBĚR NAHRÁVEK..... | 24 |
| 4.4. ANALÝZA DAT..... | 25 |
| 5. VÝSLEDKY | 26 |
| 5.1. VLIV FAKTORŮ NA POČÁTEK VOKALIZACE BUDNÍČKA MENŠÍHO | 26 |
| 5.1.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 26 |
| 5.1.2. <i>Vliv deště</i> | 27 |
| 5.1.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 28 |
| 5.1.4. <i>Interakce faktorů světlo + oblačnost</i> | 29 |
| 5.2. VLIV FAKTORŮ NA KONEC VOKALIZACE BUDNÍČKA MENŠÍHO..... | 31 |
| 5.2.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 31 |
| 5.2.2. <i>Vliv deště</i> | 32 |
| 5.2.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 34 |
| 5.3. VLIV FAKTORŮ NA INTENZITU VOKALIZACE..... | 35 |
| 5.3.1. <i>Hodinu před východem slunce</i> | 35 |
| 5.3.1.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 35 |
| 5.3.1.2. <i>Vliv deště</i> | 36 |
| 5.3.1.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 37 |
| 5.3.2. <i>3 hodiny po východu slunce</i> | 38 |
| 5.3.2.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 38 |
| 5.3.2.2. <i>Vliv deště</i> | 39 |
| 5.3.2.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 40 |
| 5.3.3. <i>Hodinu před západem slunce</i> | 41 |
| 5.3.3.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 41 |
| 5.3.3.2. <i>Vliv deště</i> | 42 |
| 5.3.3.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 43 |
| 5.3.4. <i>Hodinu po západu slunce</i> | 44 |
| 5.3.4.1. <i>Vliv světelného a hlukového znečištění</i> | 44 |
| 5.3.4.2. <i>Vliv deště</i> | 45 |
| 5.3.4.3. <i>Vliv oblačnosti</i> | 46 |
| 6. DISKUZE | 48 |
| 7. ZÁVĚR | 52 |
| 8. ZDROJE | 53 |
| 9. PŘÍLOHY | 57 |

1. Úvod

Zvyšující se urbanizace a s ní spojená fragmentace krajiny narušuje přírodní prostředí a ovlivňuje tak rostliny i živočichy všude na světě. Urbanizace přináší znečištění nejen fyzické, v podobně stále rostoucího množství odpadu, ale ve městech či průmyslových oblastech také znečištění ovzduší, znečištění světelné a hlukové. Tyto vlivy najdeme zejména ve městech a ta se tak stávají vhodným místem pro výzkum. U různých druhů byly zaznamenány rozdíly zejména v morfologii, a chování (Riley et al. 2003), světlo může být příčinou dezorientace (Health Council of Netherlands 2000), hluk zase ovlivňuje rozsah repertoáru u ptáků (Gorissen et al. 2005) nebo velikost či zbarvení jedinců (Eeva et al 1998). Měnit se může také načasování ranní a večerní vokalizace (Dominoni et al. 2014; Da Silva et al. 2014). Dále bylo prokázáno, že tyto vlivy ovlivňují nejen živočichy, ale také člověka (Health Council of Netherlands 2000). V antropogenním ekosystému může být projevem ruchu také snížená stresová reakce, která může být dokonce pro existenci druhu v prostředí ovlivněném člověkem nezbytná (Partecke et al. 2006).

Převážná část studií zabývajících se vlivem světelného nebo hlukového znečištění na hlasovou aktivitu ptáků se zaměřovala pouze na jeden z těchto faktorů a sledovala zejména počátek ranní a konec večerní vokalizace. Některé práce byly zaměřeny také na vliv počasí, především deště (Da Silva et al 2014; Da Silva et al 2016) nebo teploty.

Tato studie se zabývá oběma těmito vlivy a také tím, jak a zda hluk a světlo během noci ovlivní nejen počátek ale také konec vokalizace daného ptačího druhu. Sledována je také intenzita vokalizace budníčka menšího a to v určených časových úsecích před východem slunce, po východu slunce, před jeho západem a po západu. Dále se tato práce zaměřuje na vliv oblačnosti a deště jak na počátek a konec vokalizace, tak také na její intenzitu ve stanovených časových úsecích.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího. Práce chce zjistit, zda se vokalizace tohoto pěvce liší na přirozených a antropogenních lokalitách a zda je tedy ovlivněna antropogenními faktory – hlukem a světlem. Dílčím cílem je také zhodnocení, zda hlasovou aktivitu budníčka menšího ovlivňují déšť a oblačnost. Posuzovány budou nahrávky hlasového projevu pořízené v ranních a večerních hodinách, vždy ve stanovou dobu před a po východu a západu slunce. Nahrávky budou pořízeny na 4 typech lokalit. Na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním, na lokalitách ovlivněných světelným a hlukovým znečištěním, dále na lokalitách tmavých, ale ovlivněných hlukem a naposledy na místech přirozených, bez hlukového i světelného znečištění.

3. Přehled problematiky

3.1. *Hlasová aktivita pěvců*

Ptáci se dorozumívají především třemi druhy orgánů a to pomocí sluchu, zraku a čichu. Je známo, že čich je u ptáků velmi málo vyvinut a tak tedy musí ke komunikaci využít především zbývající dva způsoby. Lze se domnívat, že z těchto dvou smyslů je pro ptáky důležitější sluch, než zrak. Zvuky se nesou na mnohem větší vzdálenosti, překonávají překážky a nesou se od svého zdroje všemi směry. Oproti tomu vizuální komunikace může být omezena okolním porostem a za zhoršené viditelnosti, tedy například v noci nebo při husté mlze. Hlavní funkcí ptačího zpěvu je přilákání partnera, proto lze slyšet tolik zpěvů především v jarních měsících, které jsou obdobím rozmnožování pro většinu zvířat. Druhou nejdůležitější funkcí je obrana teritoria před ostatními samci (Catchpole et Slater 2008). Další neméně důležitou funkcí je rozlišení mezidruhové. Jedinci dvou velmi příbuzných druhů žijících ve stejném areálu se liší daleko více svým zpěvem než svým vzhledem. Toto je například patrné u budníčků (*Phylloscopus*), rákosníků (*Acrocephalus*) nebo australských vran (*Corvus*).

U pěvců lze rozlišit přes 10 typů různých forem vokalizace. Jinak zní varování před nepřítelem ve vzduchu a jinak před nepřítelem na zemi. Rozlišit lze zvuky, které vydávají rodiče, pokud chtějí odlákat nepřítele od mláďat nebo volání osamělých mláďat hledajících matku. Ptáci tyto signály používají a rozlišují, aniž by si to uvědomovali. Je možné pozorovat široko frekvenční zvuky, kterými k sobě ptáci lákají druhé jedince a které právě díky širokému frekvenčnímu rozsahu usnadňují příjemci určení polohy. Hlasy pouze o vysoké frekvenci se nesou jen na krátkou vzdálenost a jsou proto využívány například jako varování před nebezpečím. Tyto zvuky jsou snadno odstíněny fyzickými překážkami a proto k dravci ani nedolehnu. Oproti tomu signály o nízké frekvenci jsou proti zkreslení vegetací velmi odolné. Často jsou využívány stepními ptáky žijícími v otevřeném prostoru, kde se mohou u některých druhů nést až na vzdálenost 3 km (Veselovský 2001).

Roli v ptačí komunikaci hraje také rychlost, s jakou jedinci zpívají. Zdá se, že samci budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*), kteří zpívají písně s vyšší frekvencí slabik, se vyznačují více agresivním chováním než jedinci, kteří zpívají pomalejší písně. Samci také zřejmě reagují na frekvenci slabik v písni jiného jedince (Linhart et al. 2013; Linhart et al. 2012). Agresivita reakce jednotlivých samců stoupá, pokud je doba vokalizace jejich protivníka delší. Délku jednotlivých písní ovlivňuje také postupující sezóna a denní doba (Linhart et al. 2012). Neaktivněji

ptáci zpívají v době rozmnožování, tedy na jaře. Samec pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs*) v této době věnuje zpěvu téměř 3,5 hodiny denně. S postupující sezónou ptáci svůj zpěv prodlužují a přidávají nové tóny a kombinace, čímž jejich projev získává na bohatosti a pestrosti (Veselovský 2001).

3.2. Vlivy urbanizace a fragmentace krajiny

Urbanizace a fragmentace krajiny v posledních dekáдах vzrostla tak značně, že počet zvířat zemřelých na silnicích pravděpodobně stoupl natolik, že v žebříčku úmrtnosti zvěře, předběhla fragmentace lov. Kromě velkého počtu zabitých obratlovců dosahuje enormních čísel usmrčený hmyz, což je zřejmé z jeho počtu na sklech aut. Odhady udávají, že v USA zemře na silnicích asi 1 milion obratlovců za den (Forman et Alexander 1998). Frekvence kolizí se navíc může zvýšit, pokud ptáci v okolí silnic hnízdí, hřadují nebo vyhledávají potravu (Kociolek et al. 2011).

Živočichy neovlivňují jen dopravní komunikace samotné, nýbrž i jejich okolí. Údržba okolního porostu a dřevin sečením, pálením, hnojením nebo výsadba dřevin v městských parcích, to vše ovlivňuje druhovou skladbu živočichů (Forman et Alexander 1998). Také chemické složení materiálu, ze kterého je silnice postavena, může ovlivnit složení okolní vegetace. Vliv mají i látky unikající při stavbě silnic a posypová sůl, která ptáky láká a může způsobit jejich úmrtí. Navíc přímé a nepřímé účinky mohou působit synergicky a mohou způsobit pokles početnosti populace nebo celkové biodiverzity. Dokonce se zdá, že ze všech taxonomických skupin, které jsou nějak silnicemi ovlivněny, mají dopravní komunikace největší vliv právě na ptáky (Kociolek et al. 2011). Ptáci se silnicím vyhýbají a v jejich okolí lze zaznamenat nižší druhovou bohatost, která se postupně zvyšuje s rostoucí vzdáleností směrem od silnice (Avalos et Bermudez 2016; Summers et al. 2011).

Urbanizace s sebou přináší také zvýšenou míru stresu, se kterou se musí zvířata vypořádat a s tím pravděpodobně změnit své chování. Oproti jedincům žijícím v přirozeném prostředí vykazují zvířata žijící v urbanizované krajině rozdíly v morfologii a fyziologii. Zejména druhy vyskytující se přímo v městských oblastech projevují změny ve vzorcích každodenního chování. Urbanizace a fragmentace také napomáhají k rozčlenění krajiny na menší celky a tím i k následnému rozdělení velkých populací na menší celky. Mezi jednotlivými populacemi tak probíhá omezený přenos genetické informace a v menší izolované populaci se může projevit také nižší genetická diverzita a vyšší příbuznost (Riley et al. 2003).

Člověk a urbanizace mají na ptactvo a jeho hustotu natolik zásadní vliv, že ani při snížené biodiverzitě hustota ptáků neklesá, ale mění se pouze druhové

složení, které je více homogenní. Zdá se, že městská stanoviště favorizují druhy býložravé a nevyžadující pro své hnízdění dutiny. Ačkoliv by se mohlo zdát, že městské prostředí přináší méně potravy, opak je pravdou a člověkem neúmyslně poskytnutá potrava užíví stejnou hustotu ptactva, jako přirozené biotopy (Lancaster et Rees 1979).

Na městských stanovištích chybí řada specialistů a počet druhů klesá z okrajových částí směrem do centra města (Clergeau et al. 2006). Neklesá ale pouze druhová rozmanitost, ale také genetická diverzita v rámci jednotlivých druhů (Riley et al. 2003).

Městská a lesní stanoviště se liší také potravní dostupností a složením potravy. Ptáci ve městech jsou často přikrmováni a to jak úmyslně, tak neúmyslně (Saggese et al. 2011).

3.3. Znečištění světelné

3.3.1. Vliv na živočichy včetně člověka

Ve spojení s rostoucí urbanizací se stává světelné znečištění důležitým problémem, přestože jeho důsledky nejsou detailně prozkoumány. Přibližně dvě třetiny světové populace a 99 % obyvatelstva USA (vyjma Aljašky a Havaje) a EU žijí v oblastech, kde je světelnost noční oblohy nad hranicí, která je stanovena jako znečištěný stav. Zhruba jedna desetina světové populace má oči přizpůsobeny světlejší noční obloze natolik, že ztratila svou původní adaptaci na tmu. Za předpokladu průměrné funkčnosti očí více než polovina obyvatel EU již ztratila schopnost vidět Mléčnou dráhu pouhým okem (Cinzano et al. 2001).

Osvětlení přitahuje hmyz, který druhotně může přitahovat netopýry a ptáky. Dokonce sami netopýři mohou přitahovat sovy, které je loví. V okolí silnice se tak zvyšuje jejich šance na kolizi s automobilem. Pro savce jasné světlo kolem silnice zvyšuje bariérový efekt, jelikož snižuje množství tmavých úkrytů, kde se zvíře může ukryt. Druhotně fixace světlometry aut opět zvyšuje šanci na kolizi a následné usmrcení zvířete (Health Council of Netherlands 2000). Mořští ptáci mohou také být přitahováni světly na lodích, což vede k jejich dezorientaci a zvyšuje šanci na vyčerpání a následné úmrtí, pokud jedinec nestihne doletět na pevninu. Druhotně v důsledku dezorientace rodičů může dojít k snížené frekvenci krmení mláďat, která tak nemusejí dosáhnout ideální hmotnosti a jejich fyzická kondice může být oslabena (Rodríguez et al. 2015).

Přirozené světlo je využíváno organismy ať už jako energetický zdroj nebo

jako zdroj informací. Umělé světlo narušuje přirozené procesy a také celkové fungování hormonálního systému. V důsledku tak může dojít až ke změně chování (Health Council of Netherlands 2000). Citlivější skupinou jsou savci aktivní zejména v noci, kteří reagují nižší intenzitou pohybu a pastvy, snížením celkové aktivity nebo přesunem doby pasení do nejtmaší části noci. Ačkoliv by se tyto změny daly také přičítat změnám v koncentraci kořisti, jsou opět způsobeny změnou světleného režimu. Odlišnosti v chování můžeme pozorovat zejména u druhů migrujících v noci (Beier 2005).

Vyšší intenzita světla může mít ale také opačný efekt a může živočichům krmícím se za tmy usnadnit hledání potravy a ušetřit tak energii (Health Council of Netherlands 2000).

Umělé noční osvětlení může též mít vliv na načasování ranní a večerní vokalizace pěvců a v závislosti na druhu může vokalizaci uspíšit nebo odsunout. Studie z Jižního Německa (okolí měst Gauting, Satrnberg a Tutzing) probíhající na lokalitách ovlivněných pouze světelným znečištěním, na lokalitách ovlivněných světelným a hlukovým znečištěním a na lokalitách ovlivněných pouze hlukem se zaměřila na 6 druhů běžných evropských pěvců. Byly jimi červenka (*Erithacus rubecula*), kos černý (*Turdus merula*), drozd zpěvný (*Turdus philomelos*), sýkora koňadra (*Parus major*), sýkora mořinka (*Cyanistes caeruleus*) a pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*). Tento výzkum prokázal, že ptáci na lokalitách zasažených antropogenním světlem vokalizují dříve než ptáci na lokalitách bez tohoto vlivu, což bylo prokázáno u 5 z 6 sledovaných druhů. Jediným druhem, na kterého světelné znečištění nemělo vliv, byla pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*). Jednotlivé druhy začaly vokalizovat v průměru o 10 – 20 minut dříve. Nejméně ovlivněným druhem byl drozd (*Turdus philomelos*), největší vliv mělo světelné znečištění na ranní zpěv červenky (*Erithacus rubecula*) a sýkory koňadry (*Parus major*). Stejný účinek byl prokázán i v případě večerní vokalizace, kdy došlo k jejímu prodloužení asi o 8 – 10 minut a to u 3 z 6 druhů. Efekt umělého osvětlení byl výraznější v lokalitách s vyšší hustotou pouličního osvětlení a tedy i celkovou vyšší svítivostí. U všech druhů začala vokalizace vzhledem k východu slunce tím dříve, čím později v sezóně byla nahrávka pořízena (Da Silva 2014).

Podobná studie proběhla ve Vídni v Rakousku a sledovala nahrávky ranní vokalizace sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*) během 19 jarních dnů. Byla porovnávána doba počátku vokalizace mezi lokalitami v blízkosti pouličních světel a lokalitami bez světelného znečištění. Prokázalo se, že samci začali svou ranní vokalizaci významně dříve na lokalitách, které podléhaly nočnímu osvětlení, na

rozdíl od jedinců na místech vzdálených od pouličních lamp (Kempnaers et al. 2010). Stejný vliv světelného znečištění na ranní aktivitu byl též zaznamenán výzkumem, který proběhl v letech 2009, 2010 a 2011 v Mnichově a ve vesnici Raisting, 40 km jihozápadně od Mnichova. Zde naopak nebyl prokázán žádný vliv světelného znečištění na večerní a denní aktivitu jedinců (Dominoni et al. 2014). Žádný vliv světelného znečištění neprokázala ani studie chování kosa černého (*Turdus merula*) a bulbula zahradního (*Pycnonotus barbatus*), která proběhla v Tulkarmu, městě ležícím na okraji Západního břehu Jordánu. Sledovaní ptáci začali vokalizovat vždy během 1 minuty po východu slunce a to jak na lokalitách osvětlených, tak na lokalitách bez pouličního osvětlení. Oba typy lokalit se nacházely na okraji města ve velmi řídké zástavbě mezi rozlehlými zahradami (Hasan 2010).

Umělé prodloužení dne na jaře může ovlivnit také sezónní aktivity jako je období rozmnožování, migrace nebo přezimování (Health Council of Netherlands 2000). Samice sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*) žijící v osvětlených lokalitách snášely vejce v průměru o 1,5 dne dříve než samičky žijící v tmavých nebo lesních lokalitách bez rušivého vlivu světla. Nebylo prokázáno, že by lokality se světelným znečištěním byly obsazeny dospělými samicemi s větší pravděpodobností než lokality bez tohoto vlivu. Samice, které snesly svá vejce dříve, neměly více vajíček než ostatní sledované samice, tedy nelze říci, že by byly v lepším zdravotním stavu (Kempnaers et al. 2010). Špatné načasování doby rozmnožování může vést k situaci, kdy se mláďata narodí příliš brzy a jejich šance na přežití jsou redukovány nedostatkem potravy nebo příliš nízkými teplotami (Health Council of Netherlands 2000). Vliv světla na krmivost mláďat prokázala studie 262 hnízd sýkory koňadry (*Parus major*) v Nizozemsku. K hnízdům byly nainstalovány zdroje světla, které na ptáky působily na různých hnízdech různě dlouhou dobu a s různou intenzitou. Páry, jejichž hnízdo nebylo zasaženo světlem nebo bylo zasaženo jen velmi málo, nezměnily své běžné chování ani se neprodloužila nebo jinak nezměnila délka jejich aktivity během dne. Ve chvíli, kdy byli ptáci ovlivněni světlem během noci, se zvýšila frekvence krmění mláďat, pokud byla mláďata 9 – 16 dní stará. Pokud byla mláďata mladší jak 9 dní, intenzita krmění se nezměnila. Stejně tak se nezměnila frekvence krmění u ptáků, kteří světlu vystaveni nebyli (Titulaer et al. 2012).

Studie červenky obecné (*Erithacus rubecula*), sýkory koňadry (*Parus major*), sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*) a kosa černého (*Turdus merula*) si dala za cíl zjistit, zda změna chování jedinců žijících na osvětlených lokalitách má příčinu behaviorální, či zda je výsledkem fenotypu vzniklého volbou stanoviště. Sledování

probíhalo ve dvou po sobě následujících letech, vždy v období rozmnožování. Na lokalitách v jižním Německu v okolí města Seewiesen byla v průběhu sledování uměle měněna intenzita světla. Ukázalo se, že ptáci téměř okamžitě upravili svou vokalizaci v závislosti na světelných podmínkách. Největší účinek byl pozorován u červenky (*Erithacus rubecula*), která začala svou vokalizaci v průměru o 37 minut dříve, naopak relativně nevýznamně se efekt nočního osvětlení lokality projevil u sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*), sýkory koňadry (*Parus major*) a kosa černého (*Turdus merula*). U těchto tří druhů došlo k posunu vokalizace o cca 4 minuty během osvětlených nocí. Jelikož docházelo k cyklickému osvětlování přirozeně tmavého stanoviště, lze říci, že ptáci mohou řídit načasování své vokalizace v závislosti na proměňování okolních podmínek a tato změna je tedy behaviorálního původu (Da Silva 2016).

V letech 2002 a 2003 bylo v Pensylvánii, v okrese Schuylkill, dokumentováno ranní zahájení písně drozda stěhovavého (*Turdus migratorius*) v oblastech s různou intenzitou umělého nočního osvětlení. Jedinci žijící v oblastech s vysokým světelným znečištěním začali svůj ranní zpěv, ačkoliv byla stále noc. Oproti tomu, jedinci, kteří žili v oblastech s nízkým světelným znečištěním, nikdy nezačali svou vokalizaci během noci, ale následovali svou aktivitou občanský soumrak. Byl také pozorován vliv oblačnosti a mlhy. Zdá se, že tyto faktory zesilují účinek světla, dělají noc jasnější a pobízejí drozdy zahájit vokalizaci ještě dříve (Miller 2006).

S dřívějším počátkem vokalizace souvisí také délka spánku jednotlivých druhů, která se tím logicky zkracuje. Studie sýkory koňadry (*Parus major*), která proběhla v roce 2014 v Belgii u města Wilrijk porovnávala chování jedinců žijících v přirozeně tmavém hnízdě s chováním jedinců, jejichž hnízdo bylo přes noc uměle osvětleno. Studie prokázala, že sýkory koňadry (*Parus major*) se nejen dříve budí (v průměru o 30 minut) a dříve opouští hnízdo (o 20 minut dříve), ale také spí méně během noci a to přibližně o 45 minut. Jedinci tak na hnízdě tráví méně času. Také doba, kterou pták stráví v hnízdě před usnutím, se zvýšila. Pravděpodobnost, že pták vstoupí do uměle osvětleného hnízda, je nižší, než že vstoupí do hnízda neovlivněného světlem (Raap et al. 2015).

Vliv umělého osvětlení se mění s barvou světla. V dnešní době stále populárnější LED osvětlení, které je energeticky úspornější, vydává studené bílé světlo, které přitahuje hmyz více než zastaralé žárovky emitující žluté světlo. Nejen tedy, že množství antropogenních zdrojů světla stoupá, ale roste i přitažlivost těchto zdrojů pro živočichy. Světelné pasti s LED osvětlením obsahovaly v průměru o 48 % více hmyzu než pasti vybavené HPS výbojkami. Bohužel, manipulace s barevnou

teplotou LED světel neměla na výsledek vliv (Pawson et Bader 2014).

3.3.2. Vliv na rostliny

Rostliny ke svému životu potřebují světlo, stejně jako většina živočichů a člověk. Kromě toho, že světlo potřebují k fotosyntéze, potřebují jej také k inicializaci květenství a načasování jednotlivých fází růstu. Míra nezbytnosti slunečního záření se pro jednotlivé druhy rostlin liší. Pouštní rostliny potřebují ke svému životu větší množství světelné energie než rostliny žijící pod vrstvou porostu v deštných pralesích. Ubývající světlo, spolu se změnou teploty, je jedním z faktorů způsobujících defoliaci stromů na podzim a jeho nadbytek způsobený antropogenním osvětlením může způsobit její opoždění. Naopak přílišný nedostatek světla v době, kdy jej rostlina potřebuje, může zpomalit a zastavit růst, nebo dokonce zapříčinit úhyn rostliny. Na jaře může uměle prodloužený den iniciovat zase dřívější růst nebo dokonce tvorbu druhého květu, pokud dochází k výraznému přesvětlení rostlin v podzimním období. Tyto efekty jsou ovšem omezeny pouze na některé citlivé druhy a to pouze v případě, že se rostlina nachází v těsné blízkosti zdroje. Je tedy potřeba vystavení rostliny světlu poměrně intenzivnímu a dlouhodobému. Pouliční osvětlení má většinou příliš nízkou intenzitu na to, aby rostliny tímto způsobem ovlivnilo. Rostliny jsou navíc závislé také na spektrálním složení vyzařovaného světla, které je v případě pouličního osvětlení nekompletní a tedy pro rostlinu nedostatečné (Health Council of Netherlands 2000).

3.4. Znečištění hlukové

S rostoucí sítí dopravních komunikací a velikostí měst roste i počet míst, kam zasahuje hluk. Je všude kolem průmyslových oblastí, silnic, dálnic, letišť, přístavů, železničních tratí. A jak se množství a velikost těchto míst zvyšuje, snižuje se množství těch, kde je ještě stále ticho. S rostoucí fragmentací tak hluk proniká stále hlouběji a hlouběji do všech přírodních stanovišť. Vysoká hladina okolního zvuku je problematická především pro skupinu zvířat, která využívá zvukové signály ke komunikaci. Jednou touto skupinou jsou ptáci, kteří zvukové signály používají ke komunikaci s dalšími jedinci. Svým zpěvem lákají partnerky nebo naopak brání své teritorium proti soupeřům. Nejvíce antropogenních zvuků je nízkých frekvencí a tyto zvuky jsou také nejvíce dlouhodobé. Z tohoto důvodu se zdá, že v hlučných lokalitách jsou zvýhodněny druhy, které různým způsobem přizpůsobují svůj zpěv tak, aby zabránili jeho přehlušení a dosáhly tak přenosu informace požadovaným směrem (Brumm 2006; Bermudez-Cuamatzin et al. 2010).

Ptáci se s okolním hlukem mohou vypořádat několika způsoby. Jedním z

nich je zvýšení kmitočtu zpěvu, čímž dojde k přehlušení okolních zvuků a signál se opět stane slyšitelným (Brumm 2006; Slabbekoorn et Peet 2003). Tímto možným efektem zvýšené hladiny hluku se zabýval výzkum, který proběhl v okolí Berlína v Německu. Sledovaným druhem byl slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*) a sledováno bylo celkem 15 jedinců. Analýzou nahrávek bylo zjištěno, že písně samců v hlučnějších územích mají vyšší zvukovou frekvenci než písně ptáků, kteří žijí na místech méně nebo vůbec ovlivněných hlukem. Výsledky tak dokazují, že se ptáci snaží zmírnit znehodnocení jejich zpěvu hlukem v pozadí. Toto chování může zajistit, že se informace dostane na stejnou vzdálenost jako v tichém prostředí a nedojde tak k omezení území jedince. Stejně tak zůstane zachována šance na přilákání samičky. Zároveň ale, ptáci, kteří zpívají písně na vyšší frekvenci, musejí nést vyšší náklady za náročnější vokalizaci (Brumm 2004).

Další možností je odložit vokalizaci na dobu kdy bude hladina hluku nižší. Na pěti letištích v různých zeměpisných šířkách proběhla studie, která měla za cíl sledovat právě tuto reakci pěvců na vysokou hladinu okolního hluku. Studované plochy byly v okolí letišť Barcelona, Madrid, Valencie a Malaga ve Španělsku a v okolí letiště Berlín Tegel v Německu. Nahrávací zařízení byla vždy umístěna na takových lokalitách, aby jediný hluk byl ten z letiště a nedošlo k ovlivnění například silničním provozem. Ukázalo se, že hluk z letištní dopravy byl hlavním předpokladem k odložení ranní vokalizace. Druhy, jejichž doba zpěvu se nejvíce překrývala s hlukem dopravy, svou vokalizaci posunuli nejvýrazněji (Gil et al. 2015). Stejný vliv potvrdila studie ze Sheffieldu v Anglii, která se také zaměřila na vliv hlukového znečištění na načasování vokalizace. Na všech lokalitách byla hladina hluku vyšší během dne než během noci. Denní hladina hluku byla výrazně vyšší na místech, kde červenky následně v noci vokalizovaly, než na místech, kde červenky zpívaly v průběhu dne. Výsledky naznačují, že červenky (*Erithacus rubecula*) zahájí noční vokalizaci na těch místech, která jsou během dne rušná a hlučná. Ačkoliv se noční zpěv vyskytoval především na místech, která byla silně osvětlená, byl omezen pouze na oblasti, které byly hlučné během dne a nebyl přítomen na většině osvětlených míst, které byly během dne relativně klidné a tiché. Z tohoto důvodu byl učiněn závěr, že denní hluk má mnohem výraznější vliv na načasování vokalizace červenek, než noční osvětlení (Fuller et al. 2007).

Další variantou úpravy vokalizace v hlučném prostředí je možnost opakování stejného motivu písně vícekrát dokola. Opakování krátké informace může zvyšovat pravděpodobnost jejího přenosu i na hlučném pozadí. Jedinec má větší šanci, že se trefí do chvíle, kdy dojde k poklesu okolního hluku a tedy i k přenosu informace. Čím

kratší je opakovaná informace, tím větší je pravděpodobnost, že dojde k jejímu emitování ve chvíli relativního ticha. Toto bylo potvrzeno i studií, která proběhla v letech 2014 a 2015 ve Skotsku a ve Velké Británii. Nahrávání jedinci pěnkav (*Fringilla coelebs*) byli sledováni na pozadí hluku vodopádů a říčních bystřin. Studie sledovala změnu délky a složení písně vzhledem k hladině okolního hluku. Ukázalo se, že datum, denní doba ani počet vokalizujících samců v okolí sledovaného jedince nemá vliv na počet skladeb, které pěnkavy zazpívají bez pauzy. Jediným faktorem, který ovlivnil délku jednotlivých zpěvů, byl hluk. Ptáci na hlučnějších lokalitách zpívali jednu píseň déle a ve více opakováních než ji zaměnili za jiný typ skladby (Brumm et Slater 2006).

Hluk, stejně jako světlo, může také rušit spánek zvířat i lidí a narušovat tím jejich přirozený cirkadiánní rytmus. Může také odrazovat zvířata od vstupu do určité oblasti nebo je udržovat více bdělá a v pozoru, stále připravená na potencionální nebezpečí (Rabin et al. 2006). Dochází také k dezorientaci jedinců a u některých pěvců se může lišit i doba reakce na konkurujícího jedince v prostředí s různou úrovní hluku (Mockford et Marshall 2009).

3.5. Studovaný druh – budníček menší

Budníček menší (*Phylloscopus collybita*) je drobný pták, s rozpětím křídel 15 – 21 cm, běžně rozšířený v Palearktické oblasti. Z přírodních stanovišť mu nejvíce vyhovují nížinné lesy s nízkým zápojem a bohatým podrostem. Je běžný také v městských parcích a zahradách. Samici od samce nelze napohled rozlišit, liší se hlavně chováním, kdy samice tráví většinu času tiše skrytá v podrostu, zejména v keřích. Samci oproti tomu brání své teritorium hlasitým zpěvem v korunách stromů a odhání konkurenty. Budníčci jsou monogamní, výjimečně se může objevit fakultativní polygynie a to zejména v oblastech s příliš vysokou hustotou populace. Budníček menší se řadí mezi stěhovavé pěvce zimující ve Středomoří a v Severní Africe (Cramp 1992). První ptáci se vracejí koncem února, převážná část k nám přilétá ale až uprostřed března (Cepák et al. 2008). Obsazují teritoria a hledají si partnery. Samice přilétají zhruba o týden později než samci (Cramp 1992). První jedinci odlétají již v srpnu, tah vrcholí na konci září a poslední jedinci se mohou zdržet až do října (Cepák et al. 2008).

Samci jsou v období páření velmi agresivní, takže intenzivní honičky i fyzické souboje jsou časté. Dokáží vyhnat i vetřelce několikrát většího než jsou oni sami. Páry kladou vejce zpravidla dvakrát do roka s výjimkou jedinců v severní části areálu. První snůška, zpravidla v druhé polovině dubna, je o něco větší než druhá,

kteřá probíhá v červnu nebo začátkem července (Cramp 1992).

Jedná se o denní druh pěvce, samec zpívá velmi hlasitě typickým a snadno rozlišitelným hlasem „cilp“ a „calp“ s jednou slabikou ve vyšší tónině, nejčastěji s tři slabičným motivem. Jednotlivé fráze mohou mít různou délku a jsou odděleny přestávkou. Zpěv je obvykle monotónní, počet slabik v motivu se pohybuje mezi 3 a 10 (Cramp 1992). V době vábení se ozývá také měkkým hvízdavým „tvít“ (Šťastný et Hudec 2011). Jednotlivé poddruhy, kterých je evidováno 6, se mohou svým zpěvem lišit mnohem výrazněji než svým vzhledem (Cramp 1992).

Přestože se jedná o teritoriální druh, v případě, že je hustota populace velmi vysoká, mohou se jednotlivá teritoria částečně překrývat (Cramp 1992). V České Republice se vyskytuje téměř na celém území a to až do 1420 m n.m.. Zhruba 40 – 60 jedinců zůstává přes zimu v ČR, ostatní odlétají na zimoviště (Šťastný et Hudec 2011).

4. Materiál a metodika

4.1. Výběr lokalit

Lokality se světelným znečištěním byly umístěny ve městě Hradec Králové. Lokality bez vlivu světelného znečištění, ale ovlivněné znečištěním hlukovým a lokality bez obou těchto vlivů, byly vybrány v okrese Beroun. Nahrávání probíhalo na čtyřech typech lokalit a) lokality znečištěné jak světlem, tak hlukem, b) lokality ovlivněné pouze světelným znečištěním, c) lokality ovlivněné hlukovým znečištěním, ale bez vlivu světla, d) lokality bez jakéhokoliv typu znečištění, tedy lokality bez vlivu světelného i hlukového znečištění.

4.2. Popis lokalit

Lokality byly vybrány na základě předchozího průzkumu. Nahráváno bylo na 8 lokalitách ve Středočeském kraji a 10 lokalitách v Hradci Králové.

Lokality ovlivněné světelným znečištěním a bez vlivu znečištění hlukového byly vybrány tak, aby průměrná hladina hluku nepřesáhla 60 db. Tato volba proběhla dle hlukových map Hradce Králové.

Lokality ovlivněné pouze světlem, se nacházely v okrajových částech Hradce Králové nebo v klidných částech městských parků v dostatečné vzdálenosti od zdroje hluku. Lokality ovlivněné hlukem se nacházely v parcích či v blízkosti větších zelených ploch (zahrady, plochy mezi panelovými domy, zeleň kolem silnic) nedaleko dopravních komunikací s vyšším nočním provozem.

4.2.1. Lokality bez hlukového a světelného znečištění

Lokality bez rušivých vlivů byly voleny v dostatečné vzdálenosti měst a vesnic, jsou charakteristické svým přirozeným rázem a předpokládá se zde absence antropogenního znečištění.

Okolí obce Nižbor

Oblast se nachází severovýchodně od města Berouna. Nahrávání probíhalo na pěti místech s přibližnou nadmořskou výškou 235 m n.m.. V tomto území převládají acidofilní doubravy s dominancí dubu zimního (*Quercus petraea*) a dubu letního (*Quercus robur*), s příměsí břízy bělokoré (*Betula pendula*), břízy pýřité (*Betula pubescens*) a habru obecného (*Carpinus betulus*). Běžný je zde hospodářsky vysazený smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Vlach 2015).

Rozhledna Děd

Tato lokalita leží severovýchodně od Berouna v přibližné výšce 490 m n.m.. Vybráno zde bylo šest míst, kde proběhlo nahrávání. Ze společenstev zde převládají dubohabřiny, dominantními druhy jsou dub zimní (*Quercus petraea*) a dub letní (*Quercus robur*). Doplnkově zde můžeme najít i břízu bělokorou (*Betula pendula*), břízu pýřitou (*Betula pubescens*), borovici lesní (*Pinus sylvestris*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Lze zde najít také nepůvodní monokultury smrku ztepilého (*Picea abies*) (Vlach 2015).

Obě uvedené lokality mají podnebí mírně teplé klimatické oblasti MT11. Je zde poněkud vlhčí léto, přechodné období trvá delší dobu a také sněhová pokrývka zde leží déle. Průměrná roční teplota je 7 – 8 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 600 – 700 mm (Vlach 2015).

Okolí obce Felbabka

Tuto oblast lze najít jihovýchodně od města Berouna, v blízkosti městyse Jince. Nahrávalo se zde na šesti místech v přibližné nadmořské výšce 320 m n.m. Dominantní jsou zde suché acidofilní doubravy s hlavním dubem zimním (*Quercus petraea*) a dubem letním (*Quercus robur*). V příměsi se zde objevuje bříza bělokora (*Betula pendula*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Z dalších typů stanovišť se zde nacházejí suché teplomilné trávníky a trávníky s vlhkomilnou vegetací (Vlach 2015).

Okolí obce Jince

Obec Jince leží v severozápadní části postupně zanikajícího vojenského újezdu Brdy. Realizace nahrávek proběhla na 5 lokalitách v nadmořské výšce okolo 325 m n.m.. Z vegetace zde převládají oglejená stanoviště smrku ztepilého (*Picea abies*). Ze stromů zde lze dále najít borovici lesní (*Pinus sylvestris*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Hlavními příměsnými dřevinami jsou jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), topol kanadský (*Populus canadensis*) a dub zimní (*Quercus petraea*) (Vlach 2015).

Tyto uvedené lokality ležící na okraji Brd mají spadají do teplé klimatické oblasti MT 7, která se s rostoucí nadmořskou výškou stává drsnější. Průměrná roční teplota je zde 6 – 7 °C a průměrný roční srážkový úhrn 700 – 800 mm (Vlach 2015).

4.2.2. Lokality ovlivněné hlukovým znečištěním

Druhým typem lokalit, kde se pořizovaly nahrávky, jsou ty, které jsou

ovlivněny pouze hlukovým znečištěním. Vybrány byly plochy v okolí frekventované dálnice D5 ležící mimo lidská sídla, čímž se eliminoval vliv světelného znečištění na těchto plochách (Vlach 2015).

U dálnice

Toto území lze najít v západní části města Berouna. Nahrávalo se zde na 4 místech s přibližnou nadmořskou výškou 350 m n.m.. Dominujícími porosty jsou zde především suché acidofilní doubravy s dubem zimním (*Quercus petraea*), dubem letním (*Quercus robur*) a s příměsí břízy bělokoré (*Betula pendula*), břízy pýřité (*Betula pubescens*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*). Je zde zastoupeno také keřové patro a to hlavně růží šípkovou (*Rosa canina*) a lískou tureckou (*Corylus colurna*) (Vlach 2015).

Tato lokalita spadá do teplé klimatické oblasti T2, která se vyznačuje dlouhým, suchým a teplým létem, velmi krátkým přechodným obdobím s mírně teplým až teplým jarem a podzimem. Zima je krátká, mírná a suchá až velmi suchá. Průměrné roční teploty se pohybují okolo 8 – 9 °C, roční úhrn srážek bývá 500 – 600 mm (Vlach 2015).

Loděnice D5

Daná lokalita leží severozápadně od města Berouna. Nahrávky byly pořízeny na 4 místech, přibližná nadmořská výška míst pořízení náhrávek je 250 m n.m.. Převládající jsou zde acidofilní doubravy s dubem zimním (*Quercus petraea*) a dubem letním (*Quercus robur*). V příměsí lze najít břízu bělokorou (*Betula pendula*), břízu pýřitou (*Betula pubescens*) a habr obecný (*Carpinus betulus*). Vyskytuje se zde také hospodářsky významný smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Vlach 2015).

Lesopark Knihov

Lesopark se rozprostírá jihovýchodně od Berouna nedaleko obce Zdice. Nahrávání bylo provedeno na 6 místech v přibližné nadmořské výšce 350 m n.m..

Převládaly zde lesní porosty s převahou habru obecného (*Carpinus betulus*), dubu zimního (*Quercus petraea*) a dubu letního (*Quercus robur*) s příměsí javoru babyky (*Acer campestre*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), břízy pýřité (*Betula pubescens*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*) (Vlach 2015).

Lom Kosov

Lom se nachází jižně od Berouna u obce Jarov. Pořízení náhrávek proběhlo na 6 místech, která se nacházela v přibližné nadmořské výšce 380 m n.m.

Převládajícími lesy jsou dubohabřiny s dominantním dubem zimním (*Quercus petraea*) a habrem obecným (*Carpinus betulus*). Příměs tvoří borovice lesní (*Pinus sylvestris*), javor babyka (*Acer campestre*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*) a modřín opadavý (*Larix decidua*) (Vlach 2015).

Poslední tři zmíněné lokality spadají do klimatické oblasti MT11. Léto je zde vhlčí, přechodné období trvá déle a sněhová pokrývka ze leží také delší dobu. Tyto lokality zabírají většinu pahorkatin a ploché vrchoviny střední části České kotliny. Průměrná roční teplota je 7 – 8 °C, průměrný roční srážkový úrhn je 600 – 700 mm (Vlach 2015).

4.2.3. Lokality ovlivněné světelným znečištěním

Dalším typem lokalit jsou ty, které jsou ovlivněny světelným znečištěním a nejsou ovlivněny znečištěním hlukovým. Všechny se nacházejí v okrajových částech města Hradec Králové nebo ve větších parcích či uprostřed sídlištní zeleně, v dostatečné vzdálenosti od frekventovaných dopravních komunikací.

U Mlejna

Lokalita nacházející se na západním okraji města Hradec Králové. Nahrávání zde probíhalo na 3 místech v přibližné nadmořské výšce 230 m n.m.. Jedná se o jedinou z lokalit v Hradci Králové, která není ovlivněna činností člověka tolik, jako všechny ostatní. V blízkosti je řeka Orlice a v okolí mezofilní ovsíkové louky s dominantním ovsíkem vyvýšeným (*Arrhenatherum elatius*), zvonkem rozkladitým (*Campanula patula*), srhou laločnatou (*Dactylis glomerata*) a kakostem lučným (*Geranium pratense*). V okolí vodní plochy Bejkovna lze najít rezidua údolních jasanovo olšových luhů s dominantní olší lepkavou (*Alnus glutinosa*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*) a s příměsí javoru mléče (*Acer platanoides*) a javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*).

Parkové lokality

Do této kategorie spadají parky a větší plochy zeleně na sídlištích a v jejich okolí. Rostou zde javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mléč (*Acer platanoides*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), platan javorolistý (*Platanus x acerifolia*), topol černý (*Populus nigra*), tis červený (*Taxus baccata*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a borovice černá (*Pinus nigra*). Dále smrk ztepilý (*Picea abies*), smrk omorika (*Picea omorika*), lípa malolistá (*Tilia cordata*) a několik druhů vrb (*r. Salix*). Z keřů v parcích rostou hlavně okrasné druhy růží (*r. Rosa*). V bylinném patře lze nalézt jilek vytrvalý (*Lolium perenne*), lipnici roční (*Poa*

annua), lipnici luční (*Poa pratensis*), jetel plazivý (*Trifolium repens*) a jitlocel větší (*Plantago major*). Skladba odpovídá biotopům antropogenního původu.

Lokality spadají do klimatické oblasti T2. Jsou zde dlouhá, teplá a suchá léta, velmi krátké přechodné období s mírně teplým až teplým jarem a podzimem a s krátkou, mírně teplou a suchou až velmi suchou zimou. Průměrná roční teplota je 8 – 9 °C, roční úhrn srážek je 500 – 600 mm.

4.2.4. Lokality ovlivněné světelným a hlukovým znečištěním

Nejvíce typické pro kombinaci hukového a světelného znečištění jsou městské oblasti. Diktafony byly rozmístěny na 7 lokalitách, které se nacházely v přibližné nadmořské výšce 235 m n.m. Tyto lokality byly situovány především u dopravních komunikací a to jak silničních, tak u jedné železniční trati. Tato trať je poměrně frekventovaná, ale v jejím okolí se vyskytuje velké množství vegetace. Běžné zde jsou druhy vrb (*r. Salix*), dub zimní (*Quercus petraea*), dub letní (*Quercus robur*), tis černý (*Taxus baccata*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*). Z jehličnanů je pak běžný smrk ztepilý (*Picea abies*), smrk pichalvý (*Picea pungens*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Výjimečně lze narazit také na modřín opadavý (*Larix decidua*).

Lokality spadají do klimatické oblasti T2. Ta se vyznačuje dlouhým a suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím a mírně teplým až teplým jarem. Podzim je mírný, zima krátká, mírně teplá a suchá. Průměrná roční teplota je 8 – 9,5 °C, roční úhrn srážek 600 – 700 mm.

4.3. Sběr nahrávek

Data byla nahrávána na diktafony typu Sony ICD-PX312. Sběr dat probíhal na čtyřech typech lokalit od dubna a květnu 2015 v Hradci Králové a v okolí Berouna. Nahrávky na klidných lokalitách a lokalitách ovlivněných pouze hlukovým znečištěním sbíral kolega Ing. Martin Vlach.

Na tuto studii bylo použito 21 diktafonů ve 13 nahrávacích termínech. Diktafony byly na lokalitách umístěny vždy přes noc a za příznivého počasí bez silného deště a větru, aby se maximalizovala kvalita nahrávek. Diktafony byly umístěny alespoň 300 m od sebe vzdušnou čarou, by se zabránilo nahrání jednoho jedince na dva diktafony současně. Proti nepříznivému počasí byly diktafony ochráněny igelitovými obaly a zajištěny lepicí páskou tak, aby tento obal nezpůsobil v případě větru žádný hluk. V antropogenních lokalitách byla nahrávací zařízení maskována především v keřích a dutinách stromů.

4.4. Analýza dat

Vyhodnoceny byly vždy záznamy v ranních hodinách 1 hodinu před úsvitem a 3 hodiny po východu slunce a ve večerních hodinách 1 hodinu před západem a 1 hodinu po západu slunce.

Nahrávky byly vyhodnocovány v 15 minutových intervalech. Byla sledována doba, kdy jedinec začal či přestal vokalizovat a také měřena intenzita vokalizace v jednotlivých úsecích. Dále byl sledován vliv oblačnosti a deště na aktivitu budníčka. Data byla zpracována v programu Statistica 12. Nejdříve bylo pomocí Shapiro-Wilkova testu vyhodnoceno, zda data mají či nemají normální rozložení a dle toho byla dále provedena one-way ANOVA, pokud měla data normální rozdělení, nebo Kruskal-Wallisova ANOVA, pokud data normální rozdělení neměla. Pokud byla analýza prokazatelná ($p < 0,05$), byla následně provedena post hoc analýza Schéfeho metodou. Po vyhodnocení všech nahrávek byla data převedena do tabulkové a grafické podoby.

Pro posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na počátek a konec vokalizace bylo vyhodnoceno, jak dlouho před východem/západem slunce jedinec začal zpívat a jak dlouho po východu/západu slunce svou vokalizaci ukončil. Zvlášť byla vyhodnocována ranní a zvlášť večerní vokalizace.

Dále byl posuzován vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace. Byly posuzovány časové úseky hodinu před západem slunce a hodinu po západu a také ráno, hodinu před východem a 3 hodiny po východu slunce. Hodnocena byla intenzita vokalizace v 15 minutových úsecích. Intenzitou je rozuměn čas (měřeno v sec) po který jedinec v daném úseku vokalizoval.

Byl také sledován vliv deště a oblačnosti a to jak na počátek a konec vokalizace, tak na intenzitu vokalizace. V obou případech byl tento vliv sledován jak pro ranní tak pro večerní posuzované úseky, které byly 1 hodinu před západem slunce, 1 hodinu po západu slunce, 1 hodinu před východem a 3 hodiny po východu slunce. Intenzita oblačnosti byla zaznamenána ve 3 stupních 0 = jasno, 1 = polojasno, 2 = oblačno. Stejně tak byla hodnocena i intenzita deště 0 = bez deště, 1 = přeháňky, 2 = déšť. Oblačnost, stejně jako srážky, byla zaznamenána vždy při rozmístění a sběru diktafonů. Srážky dále byly hodnoceny i poslechem při zpracování dat – když pršelo, bylo to v nahrávkách rozpoznatelné a byla zapsána hodnota 2 = déšť.

5. Výsledky

U sledovaného druhu byl posuzován vliv lokality na počátek a konec vokalizace a také vliv na intenzitu vokalizace. Sledován byl také vliv počasí a oblačnosti a to jak na počátek a konec vokalizace, tak na její intenzitu. Intenzita byla sledována ve 4 intervalech – hodinu před západem slunce, hodinu po západu, hodinu před východem slunce a tři hodiny po jeho východu.

5.1. Vliv faktorů na počátek vokalizace budníčka menšího

Dle výsledků Shapiro-Wilkova testu (příloha č.1) je patrné, že data jsou normálního rozdělení a z tohoto důvodu byla dále použita metoda one-way ANOVA jak je implementovaná v programu Statistica 12.

5.1.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

Testován byl vliv světelného a hlukového znečištění na počátek vokalizace budníčka menšího.

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti pro time (vysledky-bara) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | |
|-----------|---|-----------------|----------|----------|----------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p |
| Abs. člen | 9264,26 | 1 | 9264,263 | 31,15477 | 0,000000 |
| loc | 3534,47 | 3 | 1178,157 | 3,96202 | 0,010707 |
| Chyba | 25573,18 | 86 | 297,363 | | |

Tabulka 1: Výsledek testu ANOVA – Vliv světelného a hlukového znečištění na počátek vokalizace

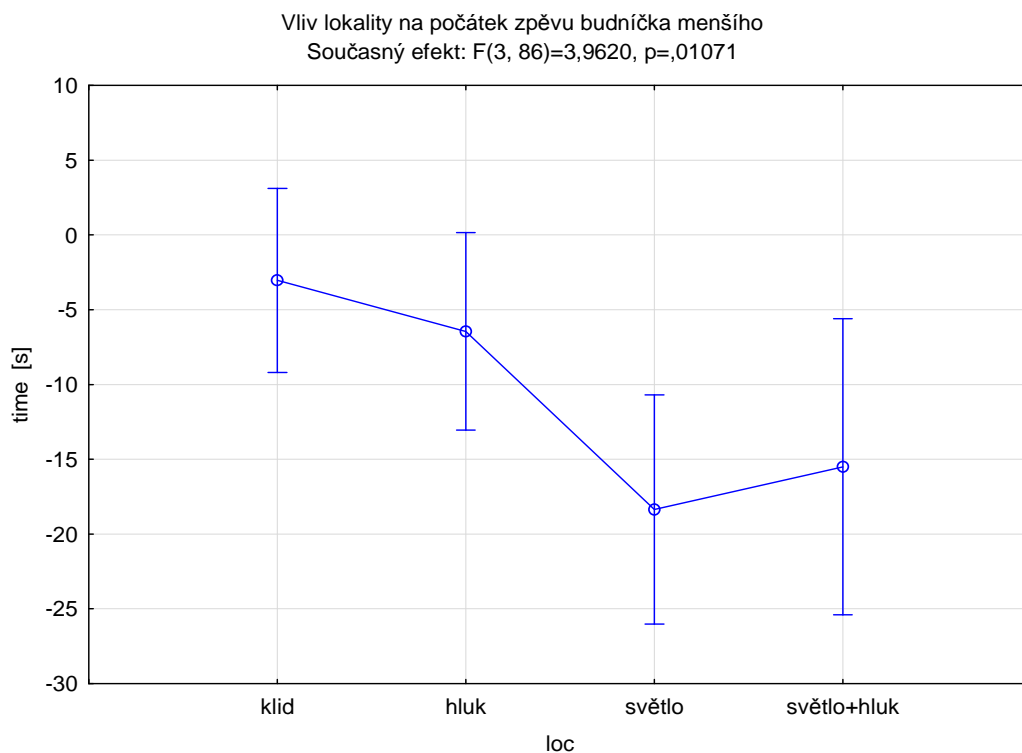
Výsledek testu ukazuje, že nová hypotéza byla zamítnuta a existuje statisticky významný rozdíl alespoň mezi dvěma výběry $p = 0,010707 < 0,05$ (tabulka č. 2). Proto byla provedena post hoc analýza Scheffeho metodou.

| Č. buňky | loc | Scheffeho test; proměnná time (vysledky-bara) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 297,36, sv = 86,000 | | | |
|----------|-------------|---|----------|----------|----------|
| | | {1} | {2} | {3} | {4} |
| | | -3,032 | -6,444 | -18,35 | -15,50 |
| 1 | klid | | 0,904069 | 0,027408 | 0,218359 |
| 2 | hluk | 0,904069 | | 0,148539 | 0,517508 |
| 3 | světlo | 0,027408 | 0,148539 | | 0,976647 |
| 4 | světlo+hluk | 0,218359 | 0,517508 | 0,976647 | |

Tabulka 2: Výsledek Scheffeho testu – Vliv světelného a hlukového znečištění na počátek

Tato analýza ukazuje, jak je statisticky významný rozdíl mezi lokalitou se světelným znečištěním a bez světelného a hlukového znečištění (tabulka č. 3), což je

vidět i na obr. 1. V lokalitách ovlivněných pouze umělým osvětlením zpívají jedinci dříve než v lokalitách bez světelného a hlukového znečištění.



Obr. 1: Vliv světelného a hlukového znečištění na počátek vokalizace

5.1.2. Vliv deště

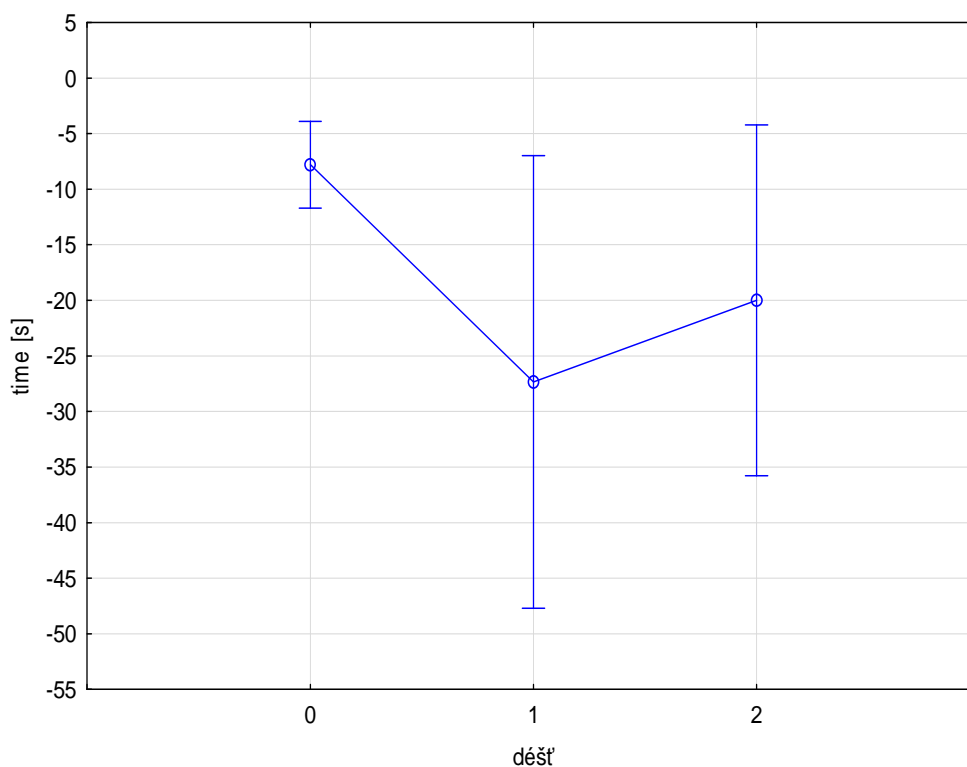
Dále byl testován vliv deště na počátek zpěvu budníčka menšího v ranních hodinách.

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti pro time (vysledky-bara) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | |
|-----------|---|-----------------|----------|----------|----------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p |
| Abs. člen | 5570,52 | 1 | 5570,521 | 17,70283 | 0,000063 |
| děšť | 1731,51 | 2 | 865,757 | 2,75133 | 0,069403 |
| Chyba | 27376,14 | 87 | 314,668 | | |

Tabulka 3: Výsledek testu ANOVA – Vliv deště na počátek vokalizace

Jednorozměrný test neprokázal vliv deště na počátek vokalizace $p = 0,069503 > 0,05$ (tabulka č. 4). Z obrázku č. 2 je ovšem patrné, že ptáci za deštivého počasí začínají svou vokalizaci dříve, než když neprší.

Vliv deště na počátek zpěvu budníčka menšího
 Současný efekt: $F(2, 87)=2,7513$, $p=,06940$



Obr. 2: Vliv deště na počátek vokalizace

5.1.3. Vliv oblačnosti

Testován byl také vliv oblačnosti na počátek vokalizace v ranních hodinách.

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti pro time (vysledky-bara) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | |
|-----------|---|-----------------|----------|----------|----------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p |
| Abs. člen | 7878,48 | 1 | 7878,482 | 25,61702 | 0,000002 |
| oblačnost | 2350,92 | 2 | 1175,459 | 3,82203 | 0,025647 |
| Chyba | 26756,74 | 87 | 307,549 | | |

Tabulka 4: Výsledek testu ANOVA – Vliv oblačnosti na počátek vokalizace

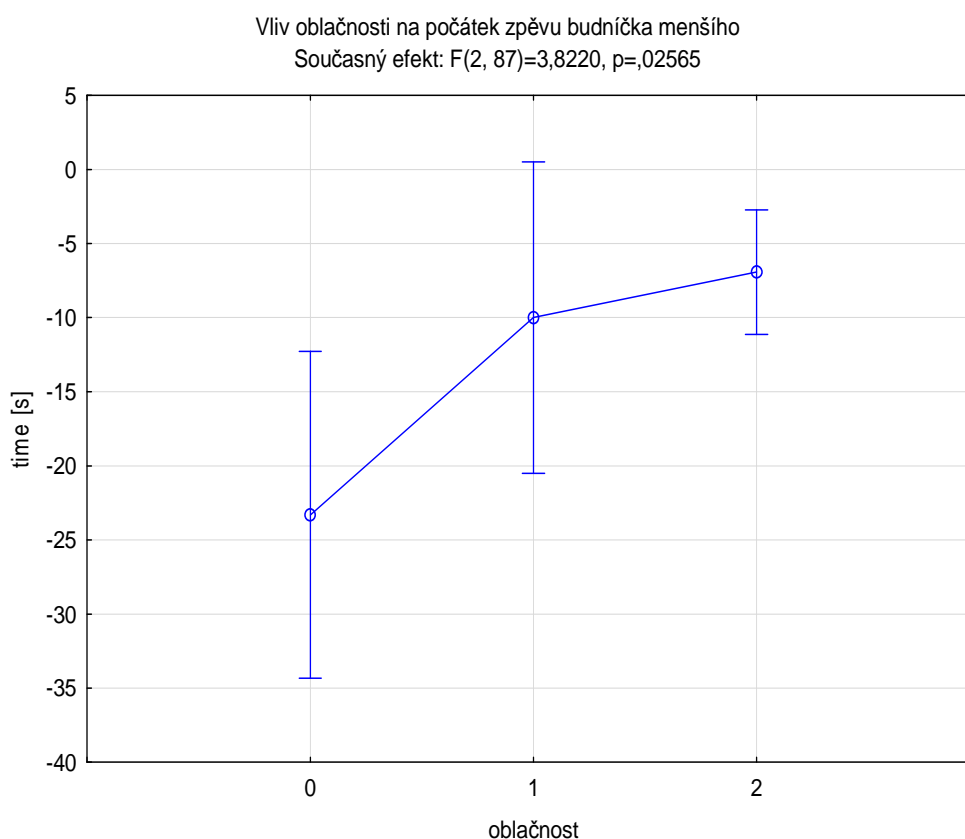
Nulová hypotéza byla zamítnuta, test dat prokázal vliv oblačnosti na počátek zpěvu budníčka menšího $p = 0,025647 < 0,05$ (tabulka č. 5). Výsledek ukazuje statisticky významný rozdíl mezi alespoň dvěma faktory analýzy. Následně byla provedena post hoc analýza Schéfeho metodou.

| Scheffeho test; proměnná time (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 307,55, sv = 87,000 | | | | |
| Č. buňky | oblačnost | {1} | {2} | {3} |
| 1 | 0 | -23,30 | 0,227438 | 0,026019 |
| 2 | 1 | 0,227438 | | 0,864708 |
| 3 | 2 | 0,026019 | 0,864708 | |

Tabulka 5: Výsledek Scheffeho testu – Vliv oblačnosti na počátek vokalizace

Výsledek této analýzy dokazuje (tabulka č. 6), že pokud je obloha zatažená, začne budníček svou vokalizaci později, než při jasné obloze, což je patrné i z obr.

3.



Obr. 2: Vliv oblačnosti na počátek vokalizace

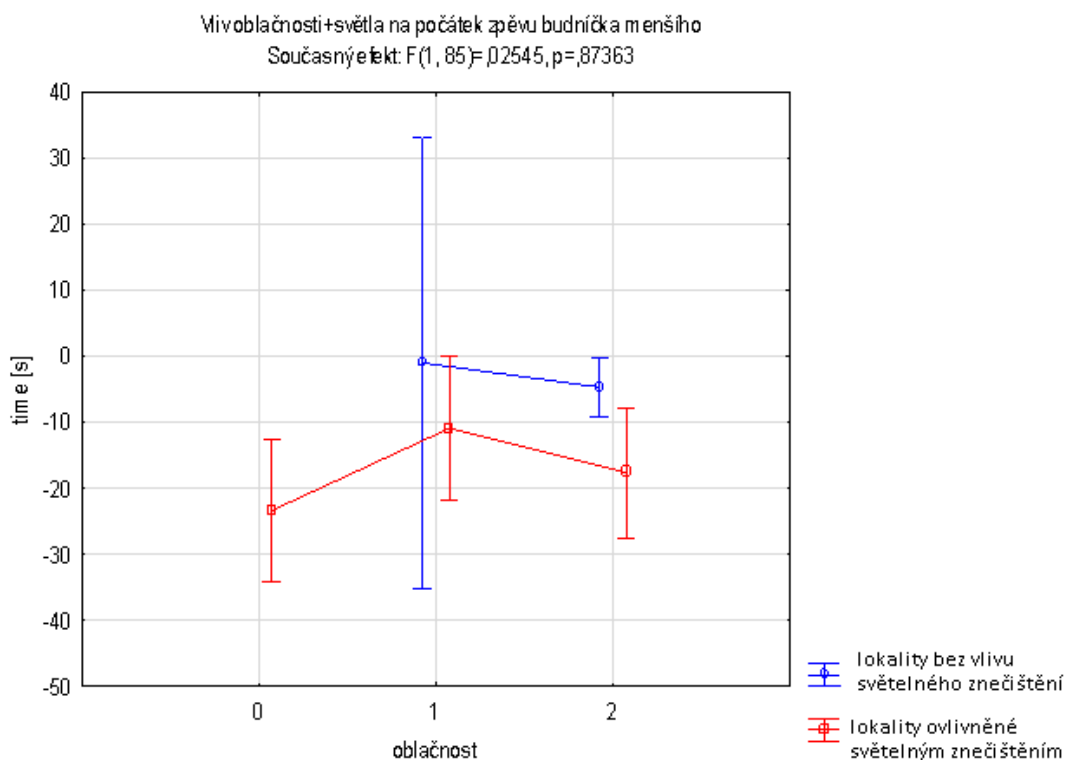
5.1.4. Interakce faktorů světlo + oblačnost

Byl proveden test vlivu oblačnosti na světelných lokalitách na počátek zpěvu budníčka menšího v ranních hodinách.

| Efekt | Jednorozměrné testy významnosti pro time (vysledky-bara) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy | | | | |
|------------------|---|-----------------|----------|----------|----------|
| | SČ | Stupně volnosti | PČ | F | p |
| Abs. člen | | 0 | | | |
| oblačnost | 89,51 | 1 | 89,5062 | 0,304099 | 0,582771 |
| světlo | | 0 | | | |
| oblačnost*světlo | 7,49 | 1 | 7,4901 | 0,025448 | 0,873634 |
| Chyba | 25018,23 | 85 | 294,3321 | | |

Tabulka 6: Výsledek testu ANOVA – Interakce faktorů světlo a oblačnost

Vliv oblačnosti na lokalitách se světelným znečištěním na počátek zpěvu budníčka menšího nebyl statisticky prokázán $p = 0,873634 > 0,05$ (tabulka č. 7). I když z obrázku 4 vyplývá, že jedinci na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním vokalizují dříve.



Obr. 3: Vliv oblačnosti a světelného znečištění na počátek vokalizace

5.2. Vliv faktorů na konec vokalizace budníčka menšího

Dle výsledků Shapiro-Wilkova testu (příloha č.1) je patrné, že data nemají normální rozdělení a proto byla pro další postup analýzy zvolena metoda Kruskal-Wallisova ANOVA.

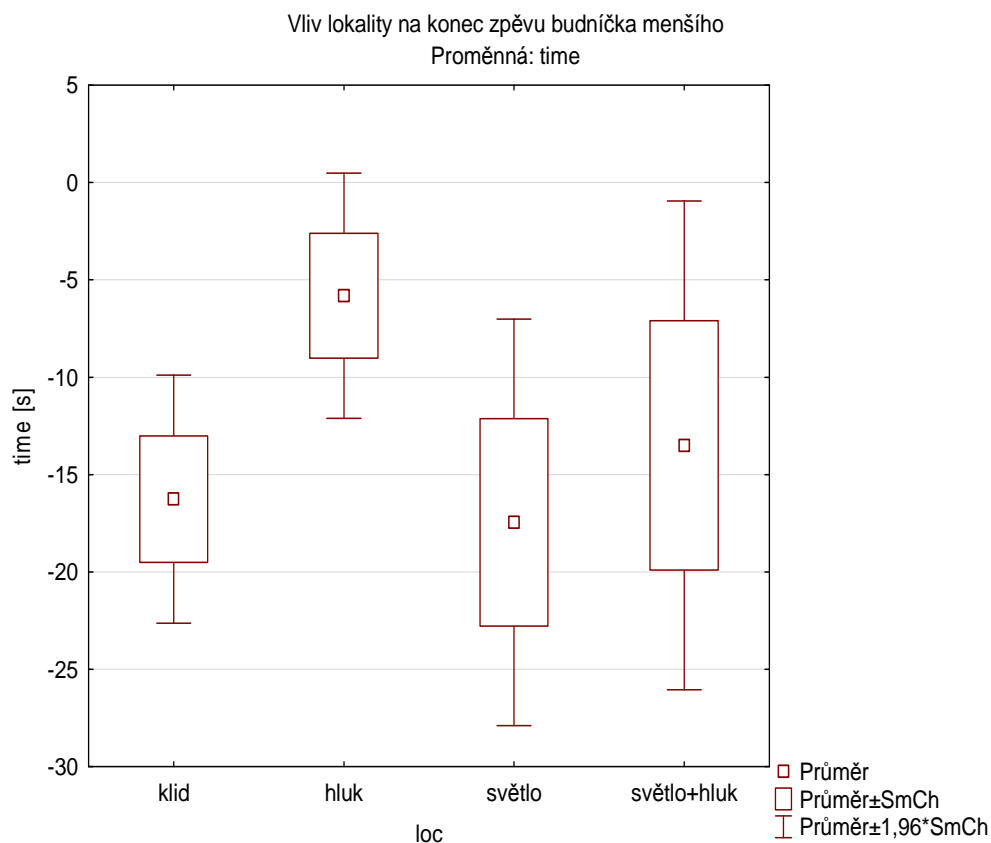
5.2.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

Byl testován vliv světelného a hlukového znečištění na konec vokalizace ve večerních hodinách.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; time (výsledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : loc Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 90) =5,914870 p =,1158 | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Závislá: time | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| klid | 1 | 31 | 1250,000 | 40,32258 |
| hluk | 2 | 27 | 1500,000 | 55,55556 |
| světlo | 3 | 20 | 815,000 | 40,75000 |
| světlo+hluk | 4 | 12 | 530,000 | 44,16667 |

Tabulka 7: Výsledek test Kruskal – Wallis – Vliv světelného a hlukového znečištění na konec vokalizace

Vliv světelného a hlukového znečištění na konec vokalizace sledovaného druhu nebyl statisticky prokázán $p = 0,1158 < 0,05$ (tabulka č. 8). Z obrázku 5 je patrné, že jedinci na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním ukončují svou vokalizaci později než na lokalitách, které byly bez vlivu světelného znečištění.



Obr. 4: Vliv světelného a hlukového znečištění na konec zpěvu

5.2.2. Vliv deště

Dále byl testován vliv deště na konec zpěvu ve večerních hodinách.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; time (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : déšť Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=90) = 6,011233$ $p = 0,0495$ | | | | |
|--|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Závislá: time | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 84 | 3916,000 | 46,61905 |
| 1 | 1 | 3 | 28,000 | 9,33333 |
| 2 | 2 | 3 | 151,000 | 50,33333 |

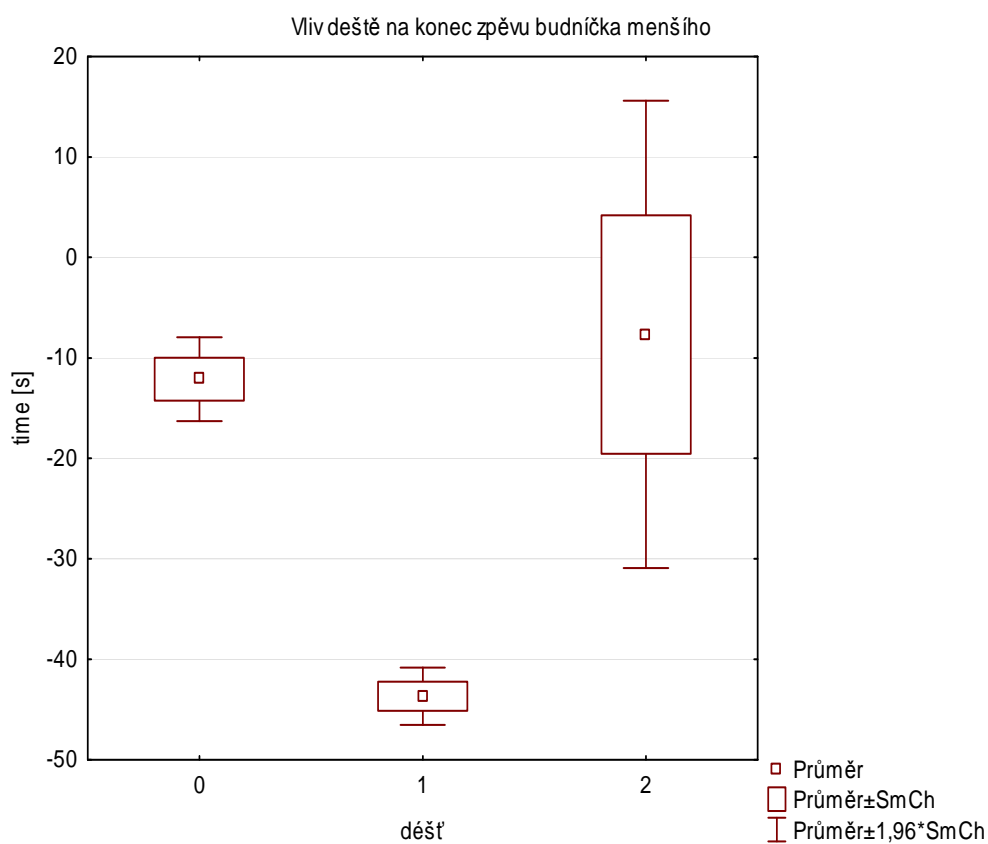
Tabulka 8: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv deště na konec zpěvu

Výsledek ukazuje, že nová hypotéza byla zamítnuta a existuje statisticky významný rozdíl alespoň mezi dvěma výběry $p = 0,0495 < 0,05$ (tabulka č. 9). Následně byla provedena post hoc analýza Schéfeho metodou.

| | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); time (vysledky-bara) | | | |
| Nezávislá (grupovací) proměnná : déšť | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=90) = 6,011233$ $p = ,0495$ | | | |
| Závislá: time | 0 R:46,619 | 1 R:9,3333 | 2 R:50,333 |
| 0 | | 0,045419 | 1,000000 |
| 1 | 0,045419 | | 0,163776 |
| 2 | 1,000000 | 0,163776 | |

Tabulka 9: Výsledek post hoc analýzy – Vliv deště na konec vokalizace

Z výsledků (tabulka č. 10) je patrné, že budníčci upřednostňují mírný déšť a vlhko před počasím bez deště. Z obrázku č. 6 je patrné, že ptáci za vlkého počasí ukončují svou vokalizaci později.



Obr. 5: Vliv deště na konec vokalizace

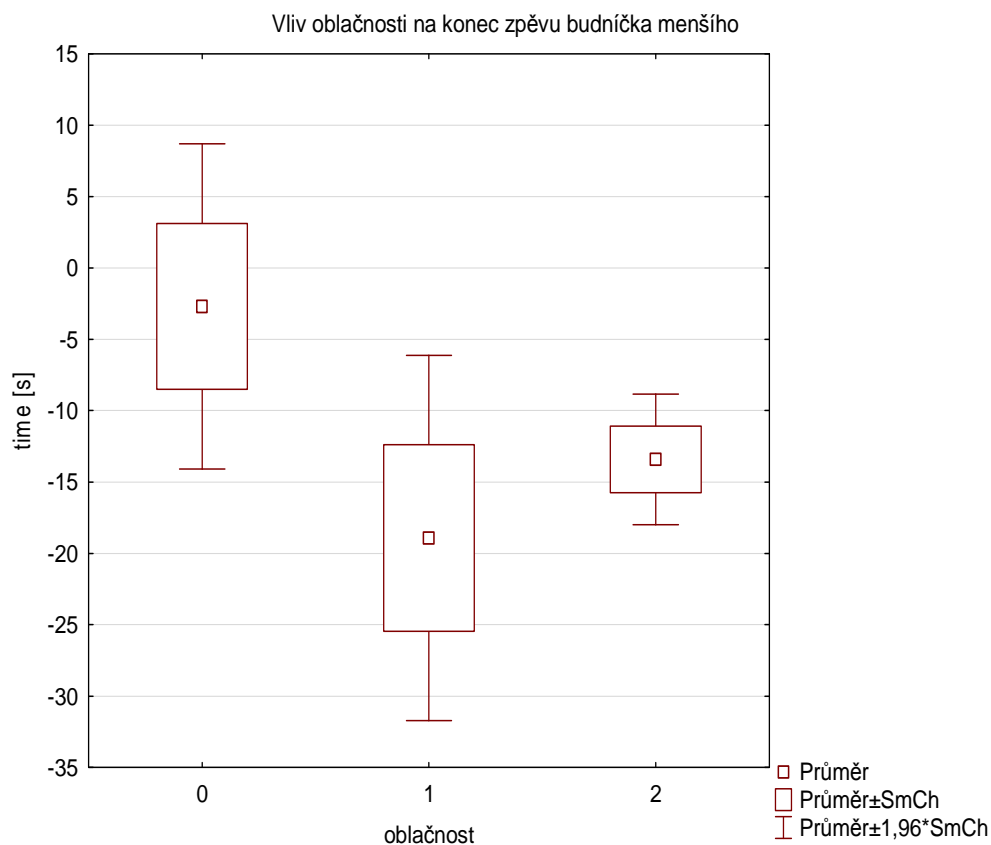
5.2.3. Vliv oblačnosti

Testován byl také vliv oblačnosti na ukončení vokalizace budníčka menšího ve večerních hodinách.

| Závislá: time | Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; time (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : oblačnost Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=90) = 4,598184$ $p = 0,1004$ | | | |
|------------------|---|----------------|---------------|--------------|
| | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 10 | 605,000 | 60,50000 |
| 1 | 1 | 13 | 486,000 | 37,38462 |
| 2 | 2 | 67 | 3004,000 | 44,83582 |

Tabulka 10: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv oblačnosti na konec vokalizace

Vliv oblačnosti na konec zpěvu nebyl statisticky prokázán $p = 0,1004 > 0,05$ (tabulka č. 11). Obr. 7 ukazuje, že pokud je jasno, ptáci ukončí vokalizaci dříve, než když je oblačno nebo prší. Data ale nejsou signifikantní.



Obr. 6: Vliv oblačnosti na konec vokalizace

5.3. Vliv faktorů na intenzitu vokalizace

5.3.1. Hodinu před východem slunce

V Shapiro-Wilkonově testu nebylo prokázáno normální rozdělení dat (příloha č. 1), proto byl dále použit Kruskal-Wallisův test.

5.3.1.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

Testován byl vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace před východem slunce.

| | | | | |
|---------------------------|--|-------------------|------------------|-----------------|
| | Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : loc Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 77) =17,50675 p =,0006 | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| KLID | 1 | 27 | 752,0000 | 27,85185 |
| HLUK | 2 | 24 | 893,0000 | 37,20833 |
| SVĚTLO | 3 | 18 | 974,0000 | 54,11111 |
| HLUK+SVĚTLO | 4 | 8 | 384,0000 | 48,00000 |

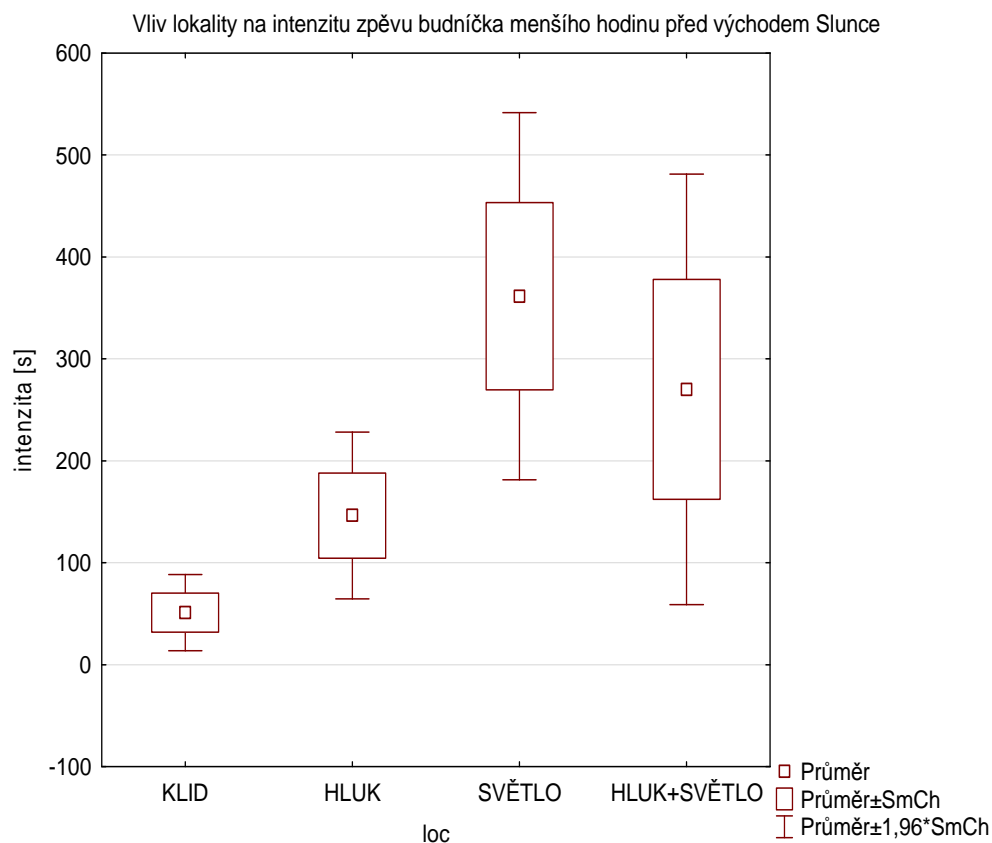
Tabulka 11: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv hlukového a světelného znečištění na intenzitu vokalizace před východem slunce

Výsledek ukazuje, že nová hypotéza byla zamítnuta a mezi alespoň dvěma výběry existuje statisticky významný rozdíl $p = 0,0006 < 0,05$ (tabulka č. 12). Pro následnou post hoc analýzu byla použita Schéfeho metoda.

| | | | | |
|---------------------------|---|------------------|--------------------|-------------------------|
| | Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); intenzita [s] (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : loc Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 77) =17,50675 p =,0006 | | | |
| Závislá: intenzita [s] | KLID R:27,852 | HLUK R:37,208 | SVĚTLO R:54,111 | HLUK+SVĚTLO R:48,000 |
| KLID | | 0,816119 | 0,000688 | 0,151597 |
| HLUK | 0,816119 | | 0,092329 | 1,000000 |
| SVĚTLO | 0,000688 | 0,092329 | | 1,000000 |
| HLUK+SVĚTLO | 0,151597 | 1,000000 | 1,000000 | |

Tabulka 12: Výsledek post hoc analýzy – Vliv hlukového a světelného znečištění na intenzitu vokalizace před východem slunce

Analýza prokázala velký rozdíl v intenzitě zpěvu mezi lokalitami se světelným znečištěním a lokalitami bez světelného i hlukového znečištění. Na lokalitách se světelným znečištěním jedinci vokalizují mnohem intenzivněji před východem slunce než na lokalitách bez vlivů obou typů znečištění (tabulka č. 13), což zobrazuje také obr. č. 8.



Obr. 7: Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace před východem slunce

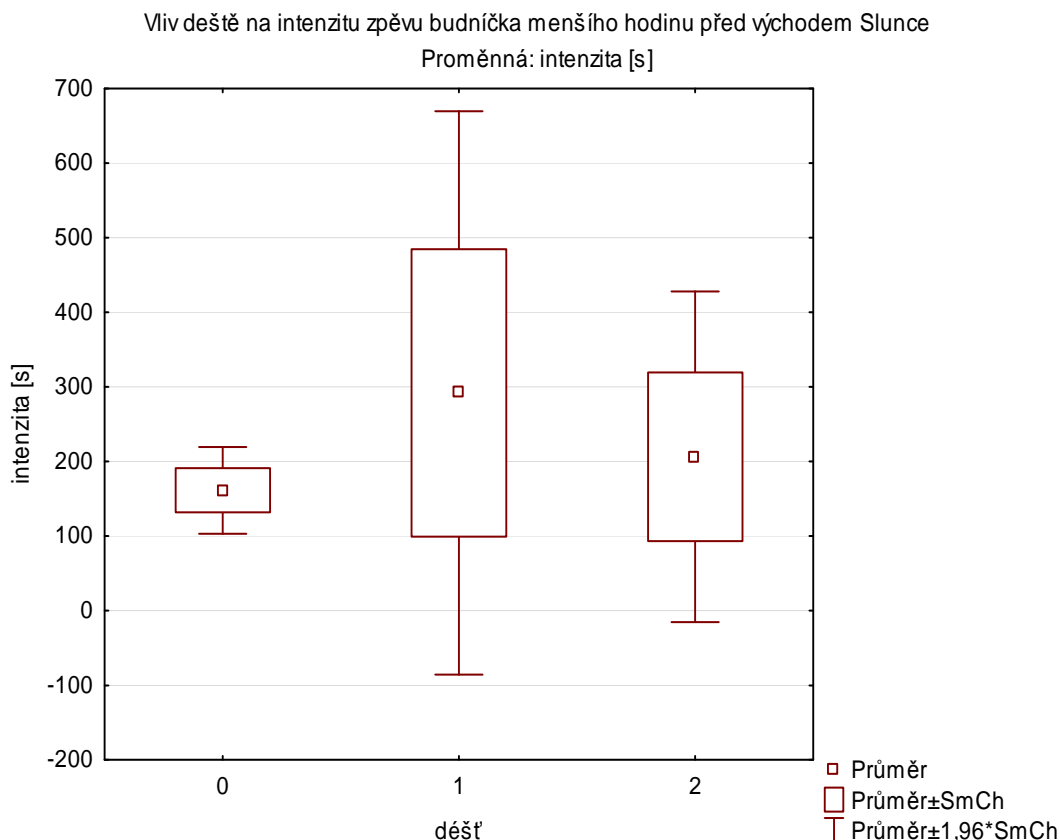
5.3.1.2. Vliv deště

Dále byl testován vliv deště na intenzitu vokalizace před východem slunce.

| Závislá: intenzita [s] | Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : dešť Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 1,255749$ $p = ,5337$ | | | |
|---------------------------|--|----------------|---------------|--------------|
| | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 65 | 2503,000 | 38,50769 |
| 1 | 1 | 7 | 254,000 | 36,28571 |
| 2 | 2 | 5 | 246,000 | 49,20000 |

Tabulka 13: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv deště na intenzitu vokalizace před východem slunce

Vliv deště na intenzitu zpěvu před východem slunce nebyl prokázán $p = 0,5337 > 0,05$ (tabulka č. 14). To samé lze vidět i na grafu obrázku č. 9.



Obr. 8: Vliv deště na intenzitu vokalizace před východem slunce

5.3.1.3. Vliv oblačnosti

Dále byl testován vliv oblačnosti na intenzitu zpěvu před východem slunce.

| Závislá: intenzita [s] | Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) Nezávislá (grupovací) proměnná : oblačnost Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 10,13511$ $p = ,0063$ | | | |
|---------------------------|---|----------------|---------------|--------------|
| | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 8 | 448,000 | 56,00000 |
| 1 | 1 | 6 | 331,000 | 55,16667 |
| 2 | 2 | 63 | 2224,000 | 35,30159 |

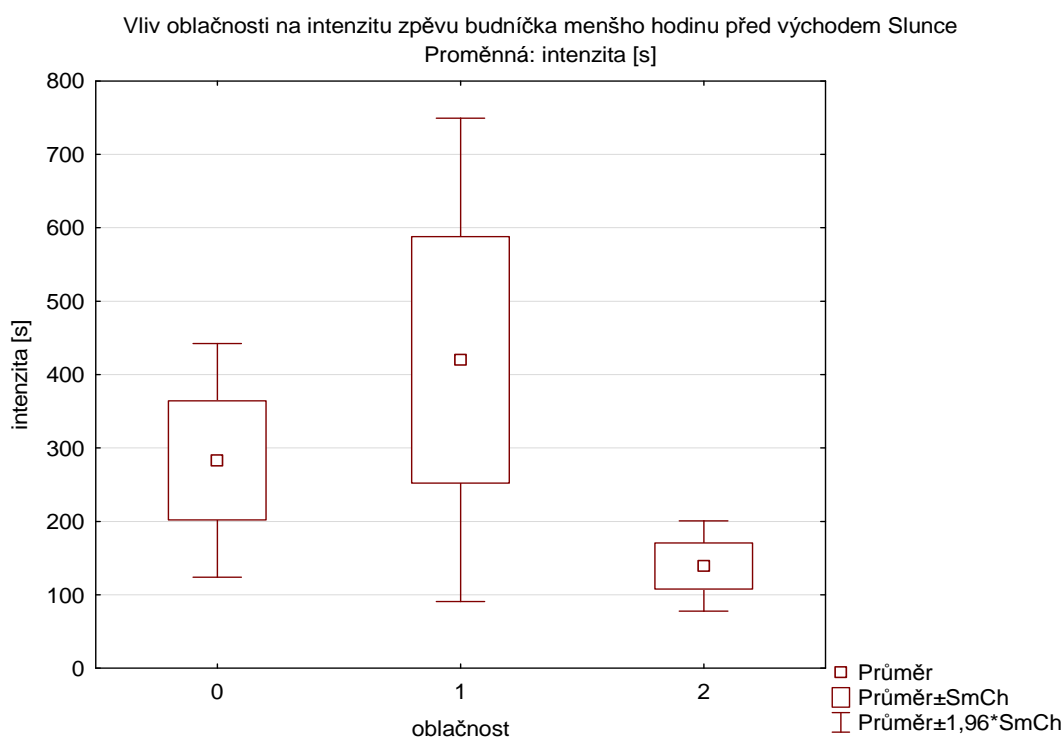
Tabulka 14: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace před východem slunce

Výsledek testu ukazuje, že existuje statisticky významný rozdíl alespoň mezi dvěma výběry $p = 0,0063 < 0,05$ (tabulka č. 15) a nová hypotéza byla zamítnuta. Následně byla provedena post hoc analýza Schéfeho metodou.

| | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); intenzita [s] (vysledky-bara) | | | |
| Nezávislá (grupovací) proměnná : oblačnost | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 10,13511$ $p = ,0063$ | | | |
| Závislá: intenzita [s] | 0 R:56,000 | 1 R:55,167 | 2 R:35,302 |
| 0 | | 1,000000 | 0,041101 |
| 1 | 1,000000 | | 0,113043 |
| 2 | 0,041101 | 0,113043 | |

Tabulka 15: Výsledek post hoc analýzy – Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace před východem slunce

Post hoc analýza prokázala významný rozdíl v intenzitě vokalizace v případě zatažené oblohy oproti dnům, kdy byla obloha před východem slunce jasná (tabulka č. 16). Z obrázku 10 lze vyčíst, že pokud je před východem slunce zataženo, vokalizují jedinci méně.



Obr. 9: Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace před východem slunce

5.3.2. 3 hodiny po východu slunce

Shapiro-Wilkův testu prokázal normální rozdělení dat (příloha č. 1), dále byla použita metoda one-way ANOVA.

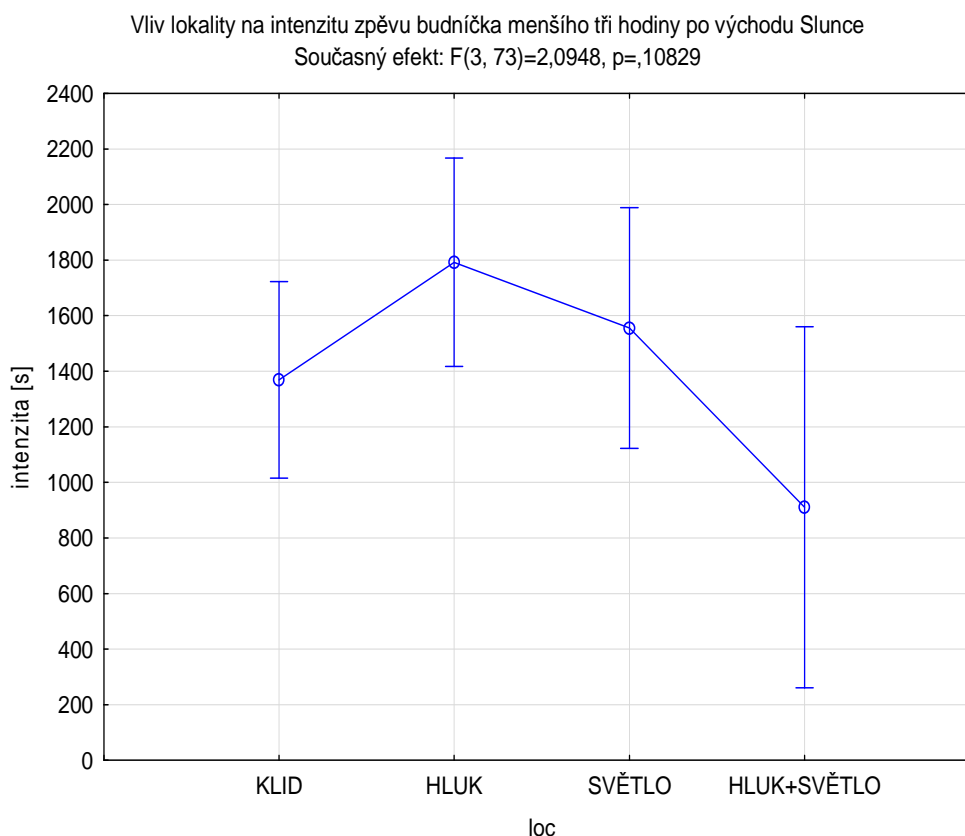
5.3.2.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

Testoval se vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu zpěvu v intervalu 3 hodin po východu slunce.

| Č. buňky | loc; Průměry MNČ (vysledky-bara) Současný efekt: F(3, 73)=2,0948, p=,10829 Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | N |
|----------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| | loc | intenzita [s] Průměr | intenzita [s] Sm.Ch. | intenzita [s] -95,00% | intenzita [s] +95,00% | |
| 1 | KLID | 1368,88 | 177,438 | 1015,25 | 1722,52 | 27 |
| 2 | HLUK | 1792,12 | 188,202 | 1417,03 | 2167,21 | 24 |
| 3 | SVĚTLO | 1555,44 | 217,317 | 1122,33 | 1988,55 | 18 |
| 4 | HLUK+SVĚTLO | 911,00 | 325,975 | 261,331 | 1560,66 | 8 |

Tabulka 16: Výsledek testu ANOVA – Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace po východu slunce

Nebyl statisticky prokázán vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu zpěvu po východu slunce $p = 0,10829 > 0,05$ (tabulka č. 17). Obrázek č. 11 ovšem naznačuje, že jedinci na lokalitách ovlivněných pouze hlukovým znečištěním vokalizují po východu slunce o něco intenzivněji, než jedinci na ostatních lokalitách.



Obr. 10: Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace po východu slunce

5.3.2.2. Vliv deště

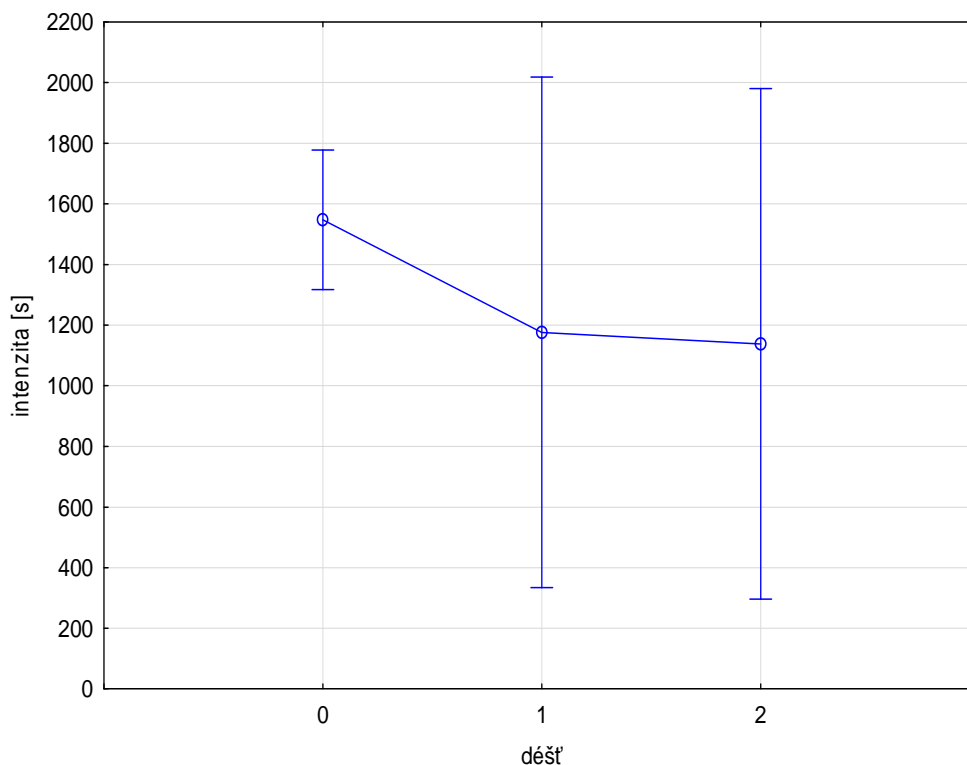
Dalším testovaným faktorem byl vliv deště na intenzitu vokalizace v době po východu slunce.

| Č. buňky | déšť; Průměry MNČ (vysledky-bara) | | | | | N |
|----------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| | déšť | intenzita [s] Průměr | intenzita [s] Sm.Ch. | intenzita [s] -95,00% | intenzita [s] +95,00% | |
| 1 | 0 | 1547,567 | 115,4356 | 1317,557 | 1777,578 | 67 |
| 2 | 1 | 1176,000 | 422,5637 | 334,023 | 2017,977 | 5 |
| 3 | 2 | 1138,000 | 422,5637 | 296,023 | 1979,977 | 5 |

Tabulka 17: Výsledek testu ANOVA – Vliv deště na intenzitu vokalizace po východu slunce

Vliv deště na intenzitu vokalizace po východu slunce nebyl statisticky prokázán $p = 0,47809 > 0,05$ (tabulka č. 18), což je vidět také na obrázku 12.

Vliv deště na intenzitu zpěvu budníčka menšího tři hodiny po východu Slunce
Současný efekt: $F(2, 74)=,74537, p=,47809$



Obr. 11: Vliv deště na intenzitu vokalizace po východu slunce

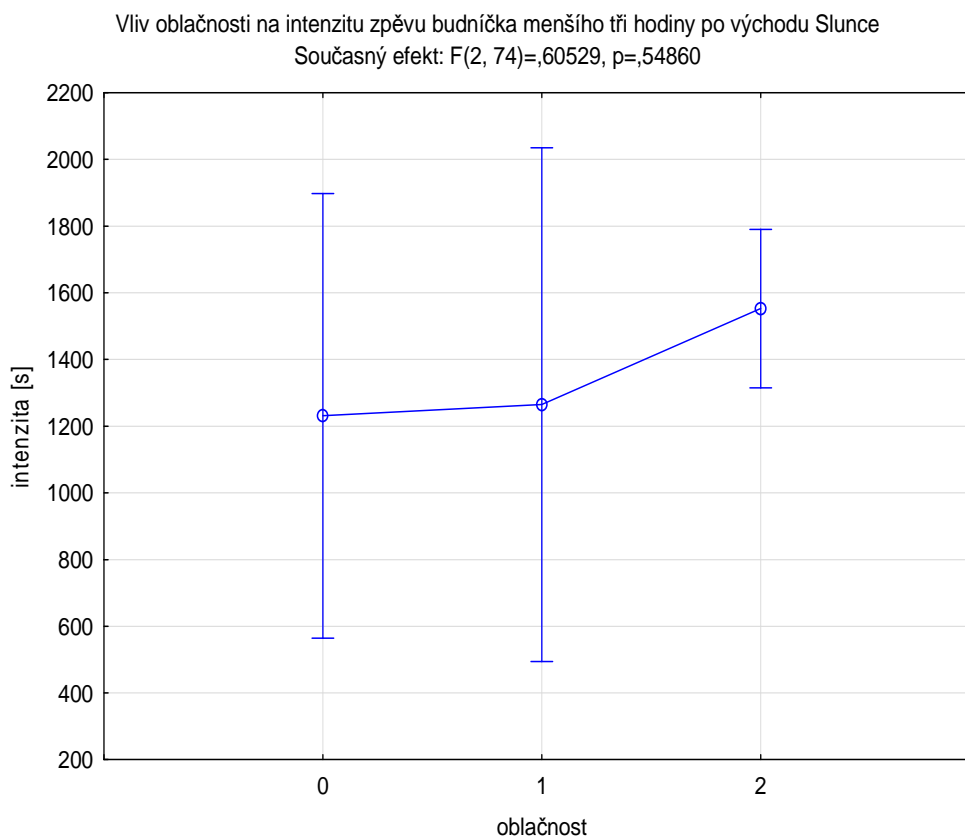
5.3.2.3. Vliv oblačnosti

Testovaným faktorem byl dále vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace 3 hodiny po východu slunce.

| Č. buňky | oblačnost; Průměry MNČ (vysledky-bara) Současný efekt: $F(2, 74)=,60529$, $p=,54860$ Dekompozice efektivní hypotézy | | | | | |
|----------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| | oblačnost | intenzita [s] Průměr | intenzita [s] Sm.Ch. | intenzita [s] -95,00% | intenzita [s] +95,00% | N |
| 1 | 0 | 1231,125 | 334,6876 | 564,245 | 1898,005 | 8 |
| 2 | 1 | 1264,667 | 386,4639 | 494,621 | 2034,713 | 6 |
| 3 | 2 | 1552,698 | 119,2653 | 1315,057 | 1790,340 | 63 |

Tabulka 18: Výsledek testu ANOVA - Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace po východu slunce

Nebyl prokázán vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace po východu slunce $p = 0,54860 > 0,05$ (tabulka č. 19). Ani obr. 13 nenaznačuje vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace.



Obr. 12: Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace po východu slunce

5.3.3. Hodinu před západem slunce

Shapiro-Wilkonův test prokázal neparametrické rozdělení dat (příloha č. 1), proto byla dále použita Kruskal-Wallisova ANOVA.

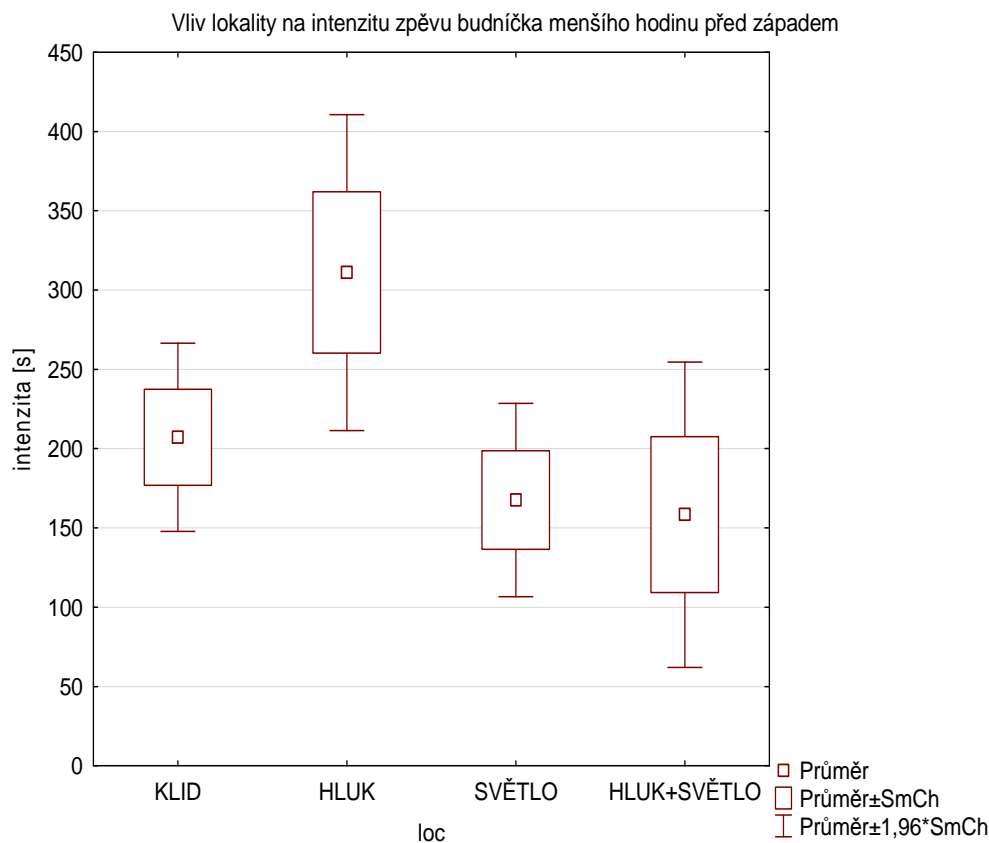
5.3.3.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

Pro intenzitu vokalizace hodinu před západem slunce byl testován vliv světelného a hlukového znečištění.

| | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
| Nezávislá (grupovací) proměnná : loc | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=77) = 4,404769$ $p = ,2209$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| KLID | 1 | 27 | 1042,500 | 38,61111 |
| HLUK | 2 | 24 | 1106,000 | 46,08333 |
| SVĚTLO | 3 | 18 | 601,500 | 33,41667 |
| HLUK+SVĚTLO | 4 | 8 | 253,000 | 31,62500 |

Tabulka 19: Výsledek testu Kruskal-Wallis - Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace před západem slunce

Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu zpěvu před západem slunce nebyl statisticky prokázán $p = 0,2209 > 0,05$ (tabulka č. 20). Obr. 14 ovšem naznačuje jistý rozdíl mezi intenzitou vokalizace na obou typech lokalit ovlivněných světlem oproti lokalitám s vlivem hlukového znečištění.



Obr. 13: Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace před západem slunce

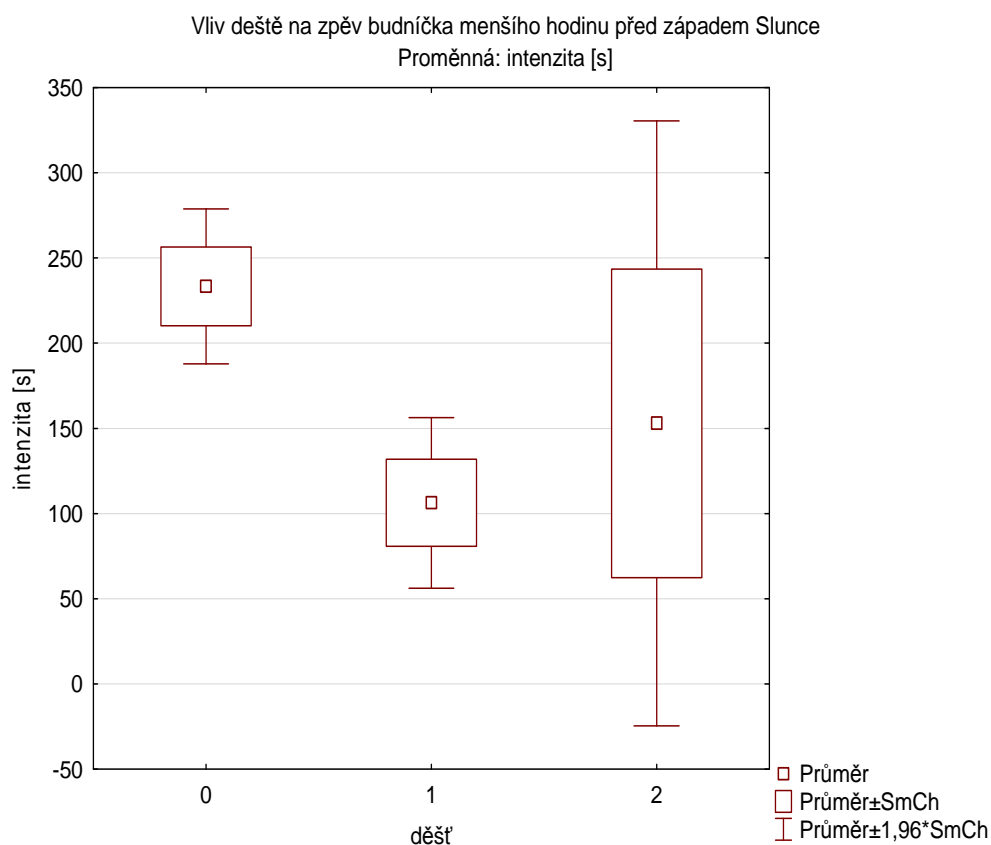
5.3.3.2. Vliv deště

Byl testován vliv deště na intenzitu zpěvu budníčka před západem slunce.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Nezávislá (grupovací) proměnná : dešť | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 1,496178$ $p = ,4733$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 71 | 2831,000 | 39,87324 |
| 1 | 1 | 3 | 77,000 | 25,66667 |
| 2 | 2 | 3 | 95,000 | 31,66667 |

Tabulka 20: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv deště na intenzitu vokalizace před západem slunce

Před západem slunce nebyl prokázán vliv deště na intenzitu zpěvu $p = 0,4733 > 0,05$ (tabulka č. 21). Obrázek č. 15 ovšem naznačuje rozdíl mezi vokalizací ve dnech bez srážek oproti dnům, kdy byly přeháňky.



Obr. 14: Vliv deště na intenzitu vokalizace před západem slunce

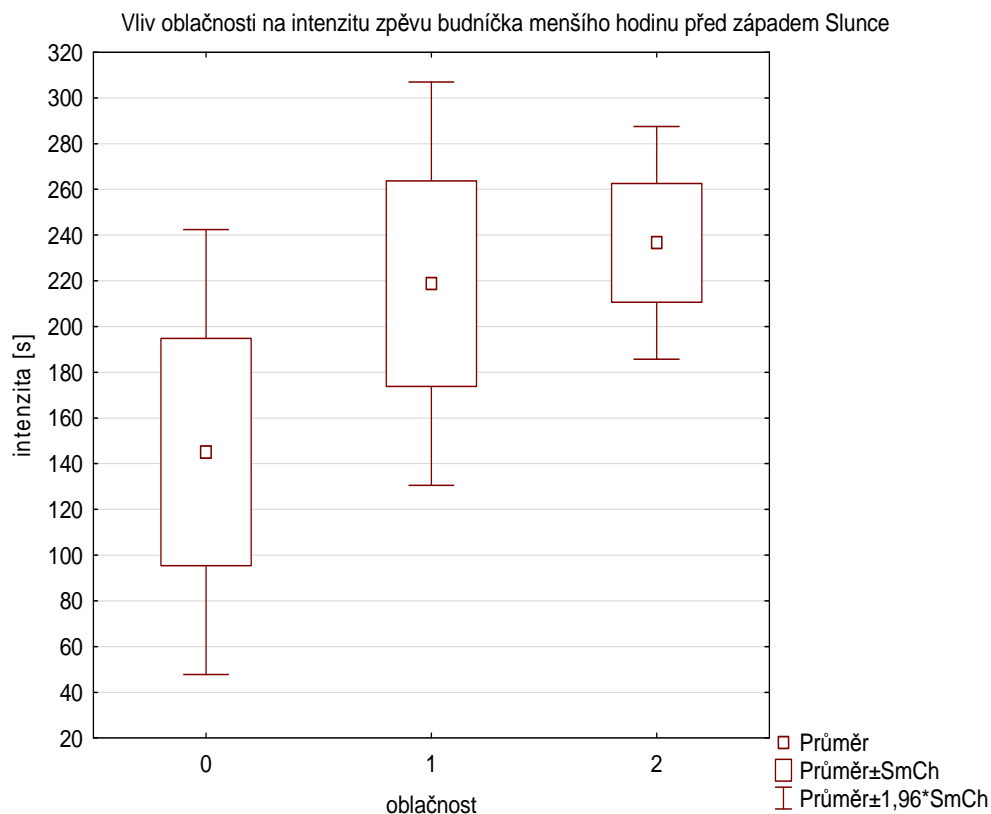
5.3.3.3. Vliv oblačnosti

Dále byl testován vliv oblačnosti na intenzitu zpěvu před západem slunce.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Nezávislá (grupovací) proměnná : oblačnost | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 2,073722$ $p = 0,3546$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 8 | 227,500 | 28,43750 |
| 1 | 1 | 8 | 339,000 | 42,37500 |
| 2 | 2 | 61 | 2436,500 | 39,94262 |

Tabulka 21: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace před západem slunce

Kruskal-Wallisův test neprokázal vliv oblačnosti na intenzitu zpěvu před západem slunce $p = 0,3546 > 0,05$ (tabulka č. 22). Na obrázku 16 je ale vidět rozdíl v intenzitě vokalizace v případě jasné a zatažené oblohy.



Obr. 15: Vliv deště na intenzitu vokalizace před západem slunce

5.3.4. Hodinu po západu slunce

Shapiro-Wilkův test prokázal neparametrické rozdělení dat (příloha č. 1), proto byl dále použit Kruskal-Wallisův test.

5.3.4.1. Vliv světelného a hlukového znečištění

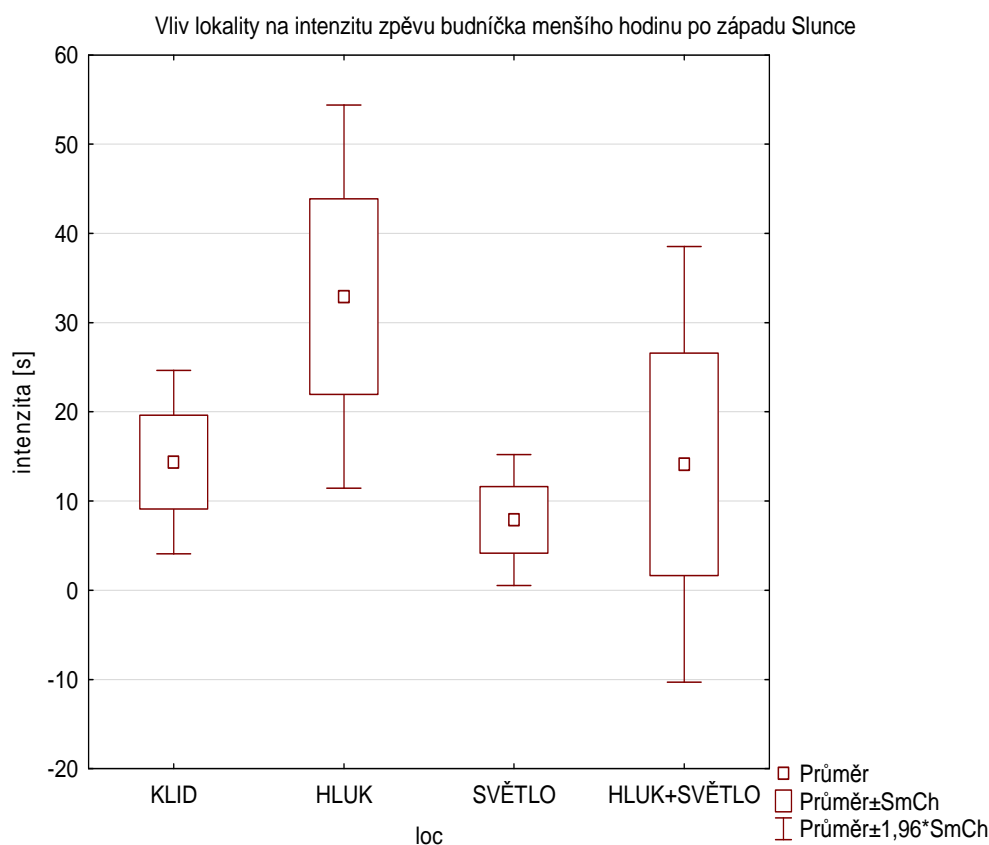
Hodinu po západu slunce byl testován vliv světelného a hlukového

znečištění na intenzitu zpěvu.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Nezávislá (grupovací) proměnná : loc | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=77) = 4,112513$ $p = ,2496$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| KLID | 1 | 27 | 1038,500 | 38,46296 |
| HLUK | 2 | 24 | 1084,500 | 45,18750 |
| SVĚTLO | 3 | 18 | 591,500 | 32,86111 |
| HLUK+SVĚTLO | 4 | 8 | 288,500 | 36,06250 |

Tabulka 22: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace po západu slunce

Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace po západu slunce nebyl statisticky prokázán, což je patrné i z obrázku č. 17, $p = 0,2496 > 0,05$ (tabulka č. 23).



Obr. 16: Vliv světelného a hlukového znečištění na intenzitu vokalizace po západu slunce

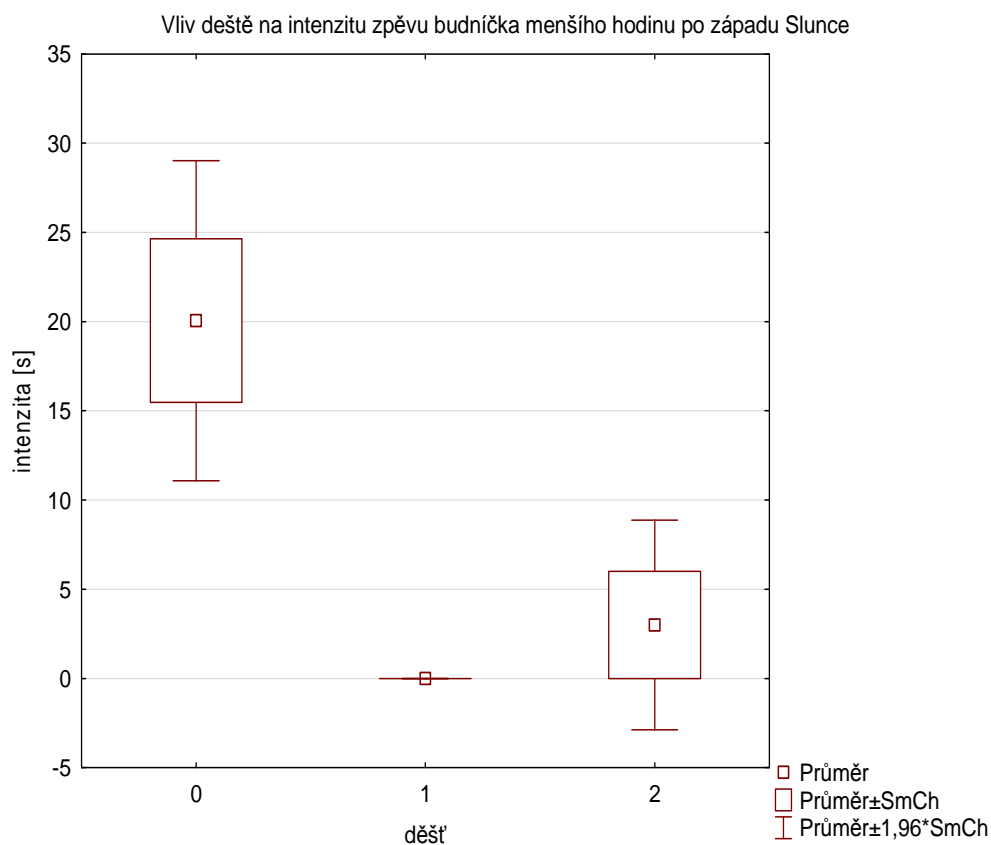
5.3.4.2. Vliv deště

Dále byl testován vliv deště na intenzitu voklizace po západu slunce.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Nezávislá (grupovací) proměnná : déšť | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 2,520184$ $p = ,2836$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 71 | 2839,000 | 39,98592 |
| 1 | 1 | 3 | 67,500 | 22,50000 |
| 2 | 2 | 3 | 96,500 | 32,16667 |

Tabulka 23: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv deště na intenzitu vokalizace po západu slunce

Statisticky nebyl prokázán vliv deště na intenzitu vokalizace budníčka menšího po západu slunce $p = 0,2836 > 0,05$ (tabulka č. 24). Obr. č. 18 naznačuje, že se liší intenzita zpěvu, pokud jsou přeháňky či déšť oproti tomu, když neprší. Když neprší, ptáci zpívají intenzivněji.



Obr. 17: Vliv deště na intenzitu vokalizace po západu slunce

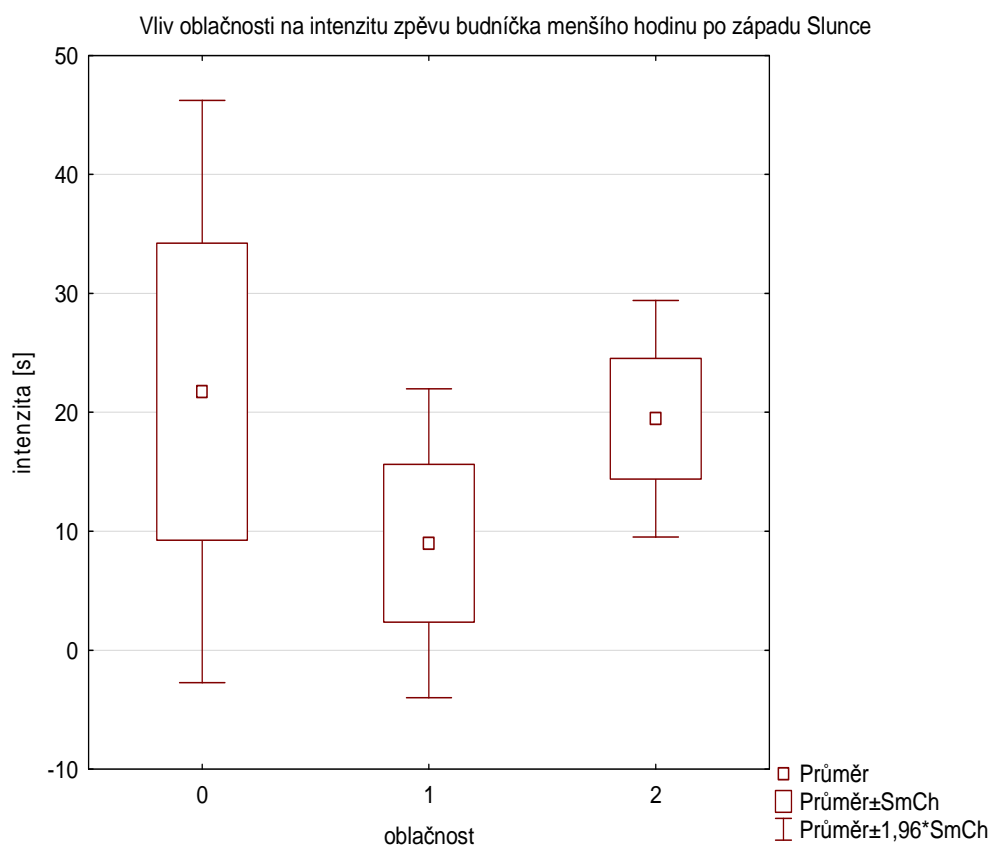
5.3.4.3. Vliv oblačnosti

Hodnocen byl vliv oblačnosti na intenzitu zpěvu po západu slunce.

| Kruskal-Wallisova ANOVA založ. na poř.; intenzita [s] (vysledky-bara) | | | | |
|---|-----|-------------------|------------------|-----------------|
| Nezávislá (grupovací) proměnná : oblačnost | | | | |
| Kruskal-Wallisův test: $H(2, N=77) = 1,661494$ $p = ,4357$ | | | | |
| Závislá: intenzita [s] | Kód | Počet platných | Součet pořadí | Prům. Pořadí |
| 0 | 0 | 8 | 365,000 | 45,62500 |
| 1 | 1 | 8 | 261,000 | 32,62500 |
| 2 | 2 | 61 | 2377,000 | 38,96721 |

Tabulka 24: Výsledek testu Kruskal-Wallis – Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace po západu slunce

V Kruskal-Wallisově testu nebyl statisticky prokázán vliv oblačnosti na intenzitu zpěvu po západu slunce $p = 0,4357 > 0,05$ (tabulka č. 25). Ani obrázek 19 nenaznačuje rozdíl mezi jednotlivými lokalitami.



Obr. 18: Vliv oblačnosti na intenzitu vokalizace po západu slunce

6. Diskuze

V této práci byly vyhodnocovány nahrávky hlasové aktivity budníčka menšího, které byly dále statisticky vyhodnoceny. Výsledky naznačují změny v průběhu vokalizace budníčka menšího za určitých podmínek v některých sledovaných denních úsecích. Celkem bylo stanoveno 6 cílů.

Jedním z hlavních této práce bylo zjistit, zda světelné a hlukové znečištění ovlivňuje začátek vokalizace budníčka menšího v ranních hodinách. Ukázalo se, že jedinci na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním začínají svůj ranní zpěv dříve, než jedinci na lokalitách bez vlivů obou sledovaných druhů znečištění nebo na lokalitách pouze s hlukovým znečištěním. Na lokalitách bez jakéhokoliv znečištění začali ptáci v průměru vokalizovat zhruba 3 minuty před východem slunce. Oproti tomu na lokalitách osvětlených vokalizovali v průměru dříve o celých 18 minut a na lokalitách hlučných a světelných dříve o 15,5 minut. Tyto skutečnosti jsou patrné i z obrázku č. 1. Stejných výsledků dosáhl ve své studii i Da Silva et al. (2014), který zkoumal chování některých druhů pěvců na stejných 4 typech lokalit jako tato studie. Stejně závěry přináší také studie Millera (2006), který potvrdil, že ptáci žijící na lokalitách s vysokým světelným znečištěním zahajují ranní vokalizaci dříve. Kempnaers et al. (2010) prokázal vliv světelného znečištění nejen na ranní vokalizaci, ale také na načasování snůšky. Dominoni et al. (2014) došel také k závěrům, že noční osvětlení ovlivňuje načasování ranního zpěvu a ptáci vokalizují dříve, než jedinci, kteří nočnímu světlu vystaveni nejsou. Studie Da Silvy et al. (2016) tyto výsledky také potvrzuje. Navíc bylo zjištěno, že toto chování není vrozené, ale že ptáci svou vokalizaci upraví v závislosti na podmínkách a to ze dne na den.

Druhým sledovaným faktorem byl vliv světelného a hlukového znečištění na čas ukončení večerní vokalizace. Z dat nebyl zjištěn žádný vliv těchto faktorů na ukončení vokalizace, data byla statisticky neprůkazná.

Dalším sledovaným faktorem byl vliv světla a hluku na intenzitu vokalizace budníčka menšího před východem slunce. Ukázalo se, že jedinci na lokalitách vystavených světelnému znečištění vokalizují výrazně intenzivněji než na lokalitách klidných. Zatímco na klidných lokalitách ptáci v průměru strávili vokalizací 51 sec z každého sledovaného 15 minutového úseku, na světelných lokalitách to bylo v průměru kolem 6 minut z každého sledovaného 15 minutového úseku. K trochu jiným výsledkům došel Brumm (2004), který prokázal vliv hlukového znečištění na zvýšení zvukové frekvence zpěvu sledovaných ptáků. Zdá se ovšem, že světlo

ptáky celkově stimuluje, což dokazuje studie Titulaera et al. (2012). V jeho studii zaměřené na vzorce každodenního chování sýkory koňadry bylo prokázáno, že ptáci, jejichž hnízdo bylo přes noc nasvíceno, značně zvýšili frekvenci krmení svých mláďat.

Sledován byl také vliv světla a hluku na intenzitu vokalizace po východu slunce, ale nebylo dosaženo žádných statisticky průkazných výsledků. Z obrázku č. 11 se ovšem zdá, že by hluk mohl mít vliv na intenzitu vokalizace a že jedinci na hlučných lokalitách vokalizují po východu slunce intenzivněji než na ostatních místech.

Pátým a šestým cílem bylo zjistit vliv antropogenních činitelů (světla a hluku) na intenzitu vokalizace před západem a po západu slunce. Ani jeden z těchto faktů nebyl statisticky prokázán. Obrázek č. 14 ovšem ukazuje, že hluk má na budníčky přeci jen vliv a že jedinci na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním vokalizují před západem slunce více, než na lokalitách klidných a obou typech lokalit světelných. Obrázek č. 17 naznačuje opět vliv hluku na intenzitu vokalizace a to tentokrát po západu slunce. Opět je vidět, že ptáci na hlučných lokalitách a lokalitách ovlivněných světlem + hlukem vokalizují s vyšší intenzitou oproti ostatním místům.

Dalším cílem bylo zjistit vliv deště na konec zpěvu budníčka menšího. Ukázalo se, že ptáci vokalizují déle za vlhkého počasí s mírnými přeháňkami, než když neprší, což lze vidět i na obrázku č. 6. Ke stejným výsledkům došel ve své studii také Da Silva et al. (2014). Jedním z důvodů, proč ptáci zpívají především ráno a večer může být vyšší vlhkost vzduchu v této době. Při vyšší vlhkosti vzduchu se zvuky lépe nesou a při stejném energetickém výdeji jedince se jeho zpěv nese na delší vzdálenosti. Je tedy větší šance nejen na přilákání samičky, ale je také snazší odehnat potenciální konkurenty. Vyšší vlhkost vzduchu za deštivého počasí může být také důvodem, proč ptáci zintenzivní svou vokalizaci za vlhkého deštivého rána - snaží se využít lepších akustických podmínek. Umělé světlo také snižuje dobu, kterou ptáci stráví spánkem, a oddaluje čas usnutí po vstupu jedince do osvětleného hnízda, což prokázal ve své studii Raap et al. (2015).

Dále bylo zjištěno, že oblačnost má vliv na intenzitu vokalizace před východem slunce. V případě, že bylo v době před východem slunce zataženo, ptáci vokalizovali méně, než pokud bylo jasno. To potvrzuje předchozí skutečnosti, že světlo ptáky stimuluje jednak k dřívější a za druhé k intenzivnější vokalizaci v ranních hodinách, což lze vidět i na obrázku 10.

Výsledky analýz ukazují také rozdíly v intenzitě vokalizace mezi dny, kdy nepršelo a dny, kdyby byly přeháňky. Z obrázku č. 15 se zdá, že ptáci upřednostňují vlhko a deštivo před západem slunce a využívají výhodných podmínek pro svůj zpěv. Ukončují svou vokalizaci tedy nejen později, ale také zpívají s vyšší intenzitou.

Zajímavý, přestože statisticky neprůkazný, jev lze vyčíst z obrázku č. 7, který ukazuje, že jedinci budníčka menšího ukončí vokalizaci dříve, pokud je jasno a naopak vokalizují večer déle, pokud je polojasno nebo zataženo. Přestože nebyla statisticky potvrzena interakce mezi lokalitami se světelným znečištěním a oblačností, nabízí se vysvětlení, které naznačuje obr. č. 3. Jedinci budníčka ve dnech, kdy je zvýšená oblačnost (polojasno či zataženo) na světelných lokalitách vokalizují dříve, než jedinci na lokalitách bez vlivu světelného znečištění. To by mohlo být způsobeno tím, že za zvýšené oblačnosti se světlo z pouličního osvětlení od mraků odráží a noc je tak jasnější. Ptáci jsou tak světlem více stimulováni, než pokud je jasno a světlo se více rozptýlí. Právě vliv mlhy a oblačnosti na vokalizaci pozoroval ve své studii Miller (2006), který pozoroval, že pokud je obloha zatažená nebo je mlha, drozdové zahajují svou vokalizaci ráno dříve.

Na stejných lokalitách probíhalo také nahrávání pro studii vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (Vlach 2015). Výsledky ukazují, že kos černý začíná na lokalitách ovlivněných světelným i hlukovým znečištěním svou vokalizaci výrazně dříve, než na lokalitách bez vlivů obou faktorů a na lokalitách ovlivněných pouze hlukovým znečištěním. Stejně tak i budníček menší, svou vokalizaci na lokalitách se světelným znečištěním začíná podstatně dříve. Stejně tak oba druhy vokalizují v ranních hodinách s nejvyšší intenzitou na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním. Přestože data byla statisticky neprůkazná, zdá se, že budníček menší vokalizuje ve večerních hodinách na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním více, než na ostatních lokalitách. Oproti tomu kos černý vokalizuje dle uvedené studie nejvíce na lokalitách bez vlivů světelného i hlukového znečištění.

Na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním, začal kos černý vokalizovat v průměru o 35 minut dříve než na lokalitách ovlivněných pouze světelným znečištěním. Budníček menší se v tomto případě choval opačně a začal vokalizovat dříve na lokalitách ovlivněných pouze světelným znečištěním než na lokalitách s oběma typy znečištění. Z tohoto se zdá, že hlukové znečištění má opačný vliv na kosa černého, kterého stimuluje k dřívější vokalizaci, než na budníčka menšího.

Z obou prací je tedy patrné, že největší vliv na hlasovou aktivitu těchto dvou druhů má světelné znečištění. V obou případech je tento vliv největší ráno, zejména před východem slunce, kdy světlo jedince stimuluje k dřívější a také k intenzivnější vokalizaci.

7. Závěr

Tato práce dokazuje, že světelné znečištění ovlivňuje počátek ranní vokalizace budníčka menšího. Ten zpívá na lokalitách ovlivněných světlem dřívě, než na lokalitách klidných. To samé platí také pro intenzitu ranní vokalizace, která je na světelných lokalitách mnohem vyšší, než na lokalitách klidných. Ptáci pravděpodobně vnímají světlo jako prodloužení dne, jsou zmatení a tak zpívají dřívě.

Přestože cílem práce bylo zjistit především vliv světelného a hlukové znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího, bylo uskutečněno zajímavé zjištění, že nejen světlo a hluk, ale také přiměřený déšť, respektive vlhkost a přeháňky, stimulují budníčka menšího k dřívější a intenzivnější vokalizaci.

Výsledky, byť statisticky neprůkazné, naznačují také vliv hluku na délku a intenzitu vokalizace tohoto druhu, které v obou případech stoupají.

Tato práce rozšiřuje množství studií zabývajících se tímto tématem a přináší další poznatky o tom, jak umělé světlo a hluk ovlivňují živé organismy. Vzhledem ke stoupajícímu rozšíření světelného znečištění stojí za prozkoumání vliv jednotlivých typů pouličního osvětlení. Například zda má na ptáky vliv nasměrování světla nebo barva světla, kterou zdroj vyřazuje. Bylo by více než vhodné, pokud by se prokázalo, že některé typy světelných zdrojů ovlivňují ptáky méně než jiné, používat pro osvětlení veřejných prostorů především tyto. Námětem pro další práce může také být vliv světla a hluku na další druhy živočichů.

8. Zdroje

Avalos G. & Bermudez E., 2016: Effect of a major highway on the spatial and temporal variation in the structure and diversity of the avifauna of a tropical premontane rain forest. *Revista de biologia tropical*, 4: 1383-1399.

Beier P., 2005: Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. Island Press, 19 – 42.

Brumm H. & Slater P., 2006: Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60/4: 475-481.

Brumm H., 2004: The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology*, 73: 434–440.

Brumm H., 2006: Animal Communication: City Birds Have Changed Their Tune. *Current Biology*, 16 (23): 1003 – 1004.

Catchpole C. K. & Slater P. J. B., 2008: Bird song: biological themes and variations. Cambridge University Press, Cambridge.

Cepák J., Klvaňa P., Škopek J., Schröpfer L., Jelínek M., Hořák D., Formánek J. & Zárybnický J., 2008: Atlas michrace ptáků České a Slovenské republiky. Aventinum, Praha.

Cinzano P., Falchi F. & Elvidge C.D., 2001: The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 328: 689–707.

Clergeau P., Croci S., Jokimaki J., Kaisanlahti-Jokimaki M.L. & Dientti M., 2006: Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. *Biological Conservation*, 127/ 3: 336-344.

Cramp S., 1992: Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Oxford University Press.

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. *Max Planck Institute for Ornithology* 25: 1037 – 1047.

Da Silva A., Valcu M. & Kempenaers B., 2015: Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions B* 1667: 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. & 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.

Eeva T., Lehikoinen E. & Ronka M., 1998: Air pollution fades the plumage of the Great Tit. *Functional Ecology*, 12: 607–612.

Forman R.T.T. & Alexander L.E., 1998: Roads and their major ecological effects. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*, 29: 207–231.

Fuller R., Warren P. & Gaston K., 2007: Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters*, 3/4: 368-37.

Gil D., Honarmand M., Pascual J., Pérez-Mena E, & García C. M., 2015: Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise. *Behavioral Ecology*, 26: 435 – 443.

Gorissen L., Snoeijs T., Van Duyse E. & Eens M., 2005: Heavy metal pollution affects dawn singing behaviour in a small passerine bird. *Oecologia*, 145: 504–509.

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.

Health council of The Netherlands, 2000: Impact of outdoor lighting on man and nature. The Hague: Health Council of the Netherlands.

Hudec K. & Šťastný K., 2011: Fauna ČR – Ptáci III. Academia, Praha.

Kempenaers B., Borgström P., Loës P., Schlicht E. & Valcu M., 2010: Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds.

Current Biology, 20/19:1735-1739.

Kociolek A. V., Clevenger A. P., Clair C. C. ST. & Proppe D. S., 2011: Effects of Road Networks on Bird Populations. *Conservation Biology*, 25 (2): 241–249.

Lancaster R.K. & Rees W.E, 1979: Bird communities and the structure of urban habitats. *Canadian Journal of Zoology*, 57/12: 2358–2368.

Linhart P., Jaška P., Petrusková T., Petrusek A. & Fuchs R., 2013: Being angry, singing fast? Signalling of Aggressive motivation by syllable rate in a songbird with slow song. *Behavioural Processes*: 139 – 145.

Linhart P., Slabbekoorn H. & Fuchs R., 2012: The communicative significance of song frequency and song length in territorial chiffchaffs. *Behavioral Ecology*, 6: 1338 – 1347.

Miller M.W., 2006: Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behavior of American Robins. *The Condor*, 108/1: 130-139.

Mockford E.J. & Marshall R.C., 2009: Effects of urban noise on song and response behaviour in great tits. *Proceeding of the Royal Society Biological sciences*, 276: 2979-2985.

Partecke J., Schwabl I. & Gwinner E., 2006: Stress and the City: Urbanization and its Effects on the Stress Physiology in European Blackbirds. *Ecology*, 87/8: 1945–1952.

Pawson S.M. & Bader M. K.F., 2014: LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecological Applications*, 24/7: 1561 – 1568.

Raap T., Pinxten R. & Eens M., 2015: Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Scientific Reports*, 1 – 8.

Rabin L.A., Coss R.G. & Owings D.H., 2006: The effects of wind turbines on antipredator behavior in California ground squirrels (*Spermophilus beecheyi*). *Biological Conservation*, 131/3: 410-420.

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

Rodríguez A., García D., Rodríguez B., Cardona E., Parpal L. & Pons P., 2015: Artificial lights and seabirds: is light pollution a threat for the threatened Balearic petrels? *J. Ornithol.*, 4: 893 - 902.

Saggese K., Korner-Nievergel F., Slagsyold T. & Amrhein V., 2011: Wild bird feeding delays start of dawn singing in the great tit. *Animal Behaviour*, 81: 361 – 365.

Slabbekoorn H. & Peet M., 2003: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424: 267.

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.

Titaluer M., Spoelstra K., Lange C. Y. M. G. & 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.

Veselovský Z., 2001: *Obecná ornitologie*. Academia, Praha.

Vlach M., 2016: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Nепublikováno.

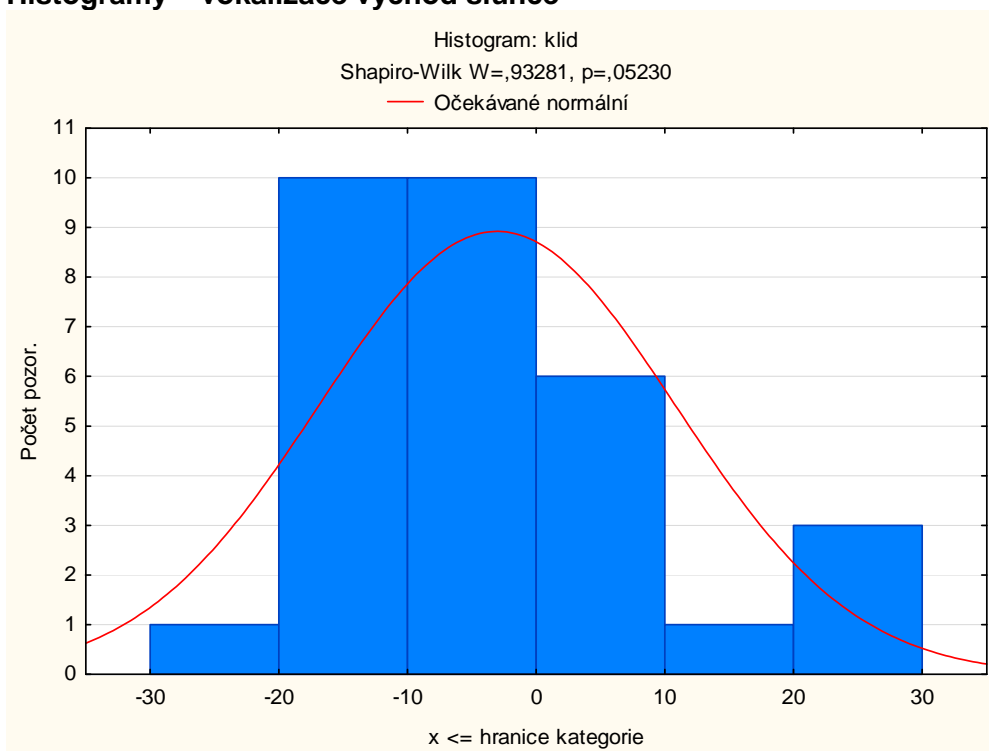
9. Přílohy

- 1) **Příloha č. 1**
Histogramy vokalizace

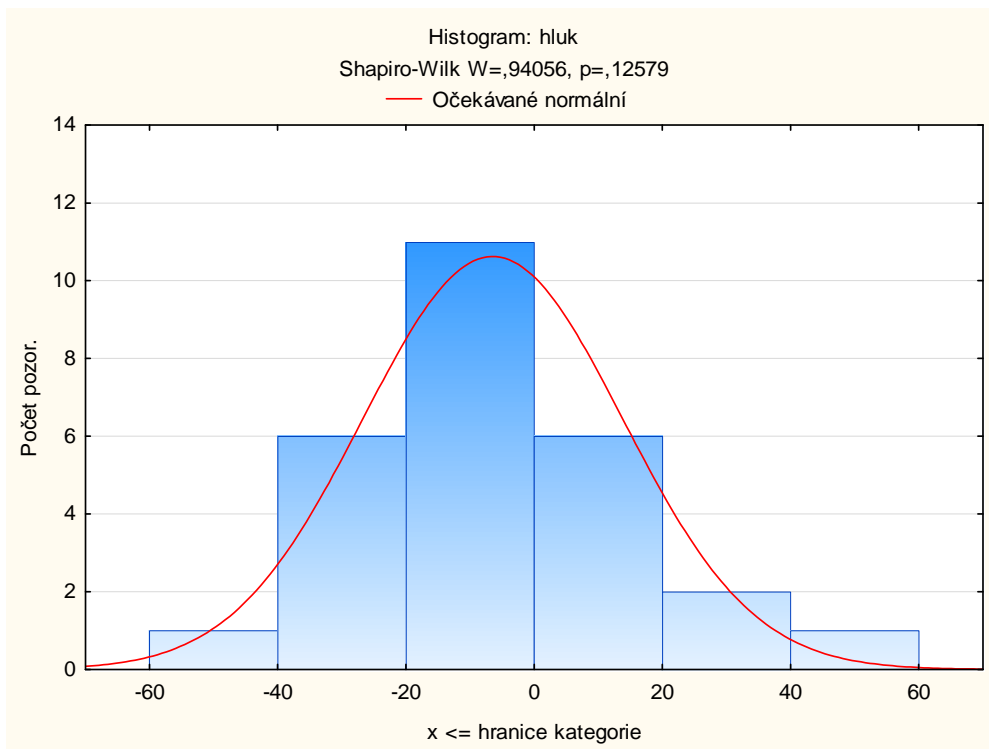
- 2) **Příloha č. 2**
Přehled dat a lokalit pořízení nahrávek

- 3) **Příloha č.3**
Mapy lokalit v Hradci Králové

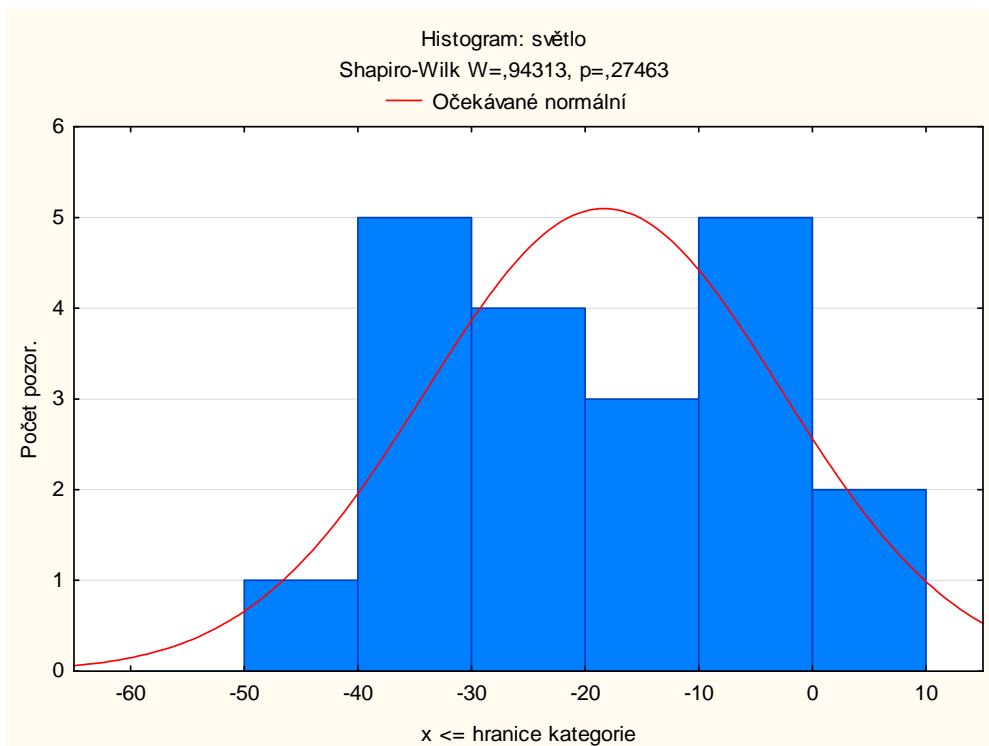
Příloha č. 1
Histogramy – vokalizace východ slunce



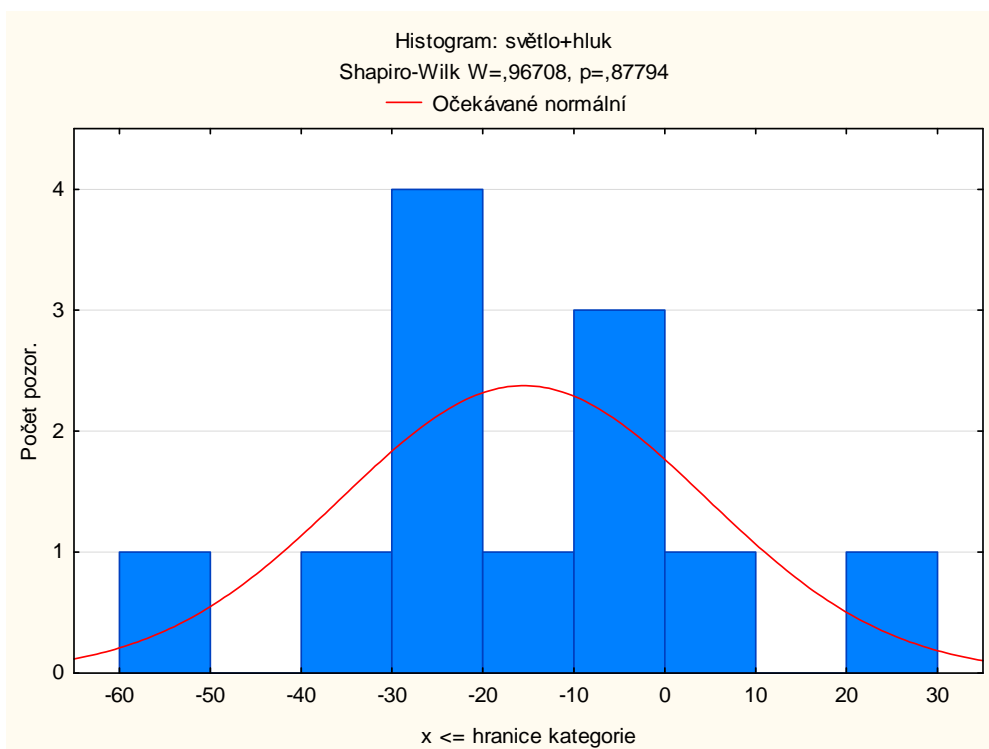
Obr. 20: Průběh vokalizace na klidné lokalitě – východ slunce



Obr. 21: Průběh vokalizace na hlučné lokalitě – východ slunce

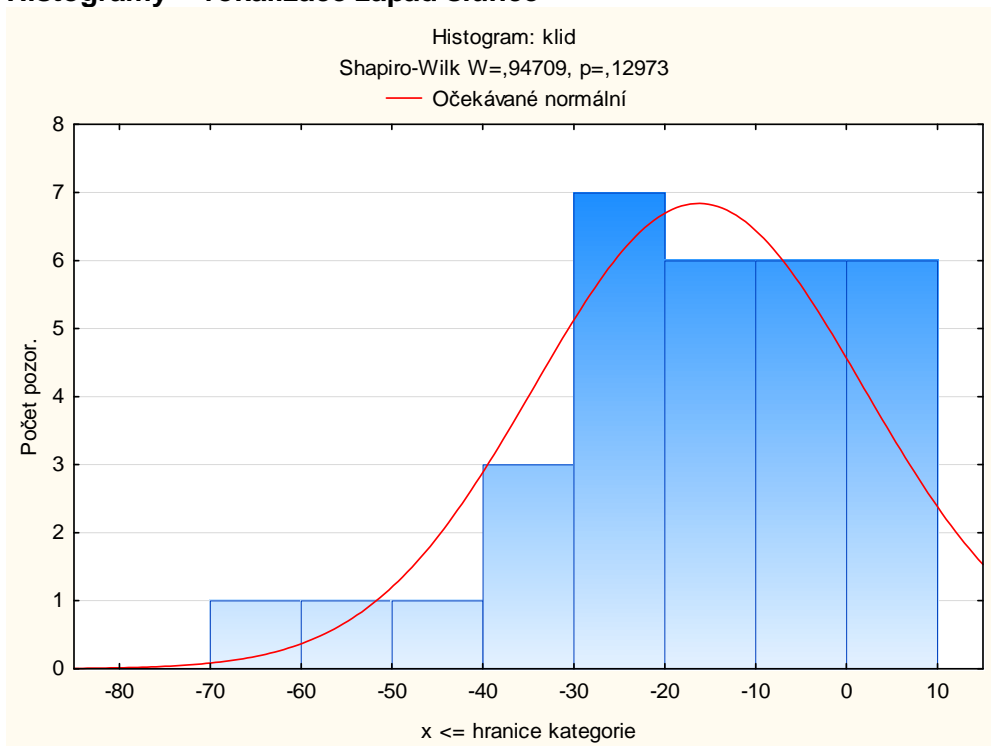


Obr. 22: Průběh vokalizace na lokalitě ovlivněné světlem – východ slunce

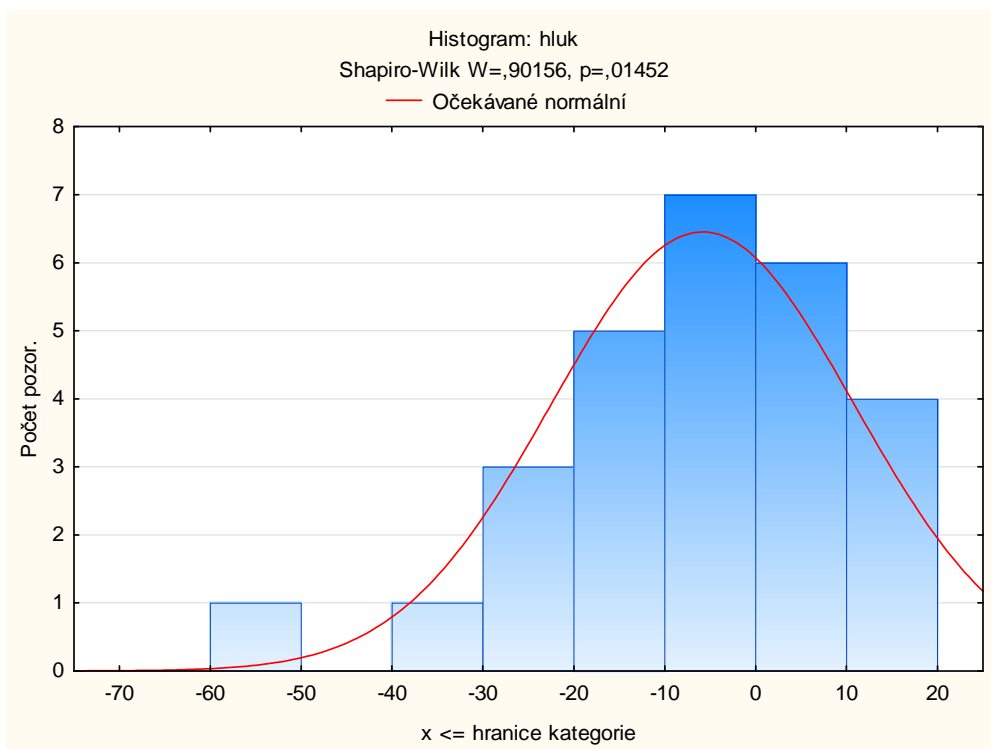


Obr. 23: Průběh vokalizace na lokalitě ovlivněné světlem i hlukem – východ slunce

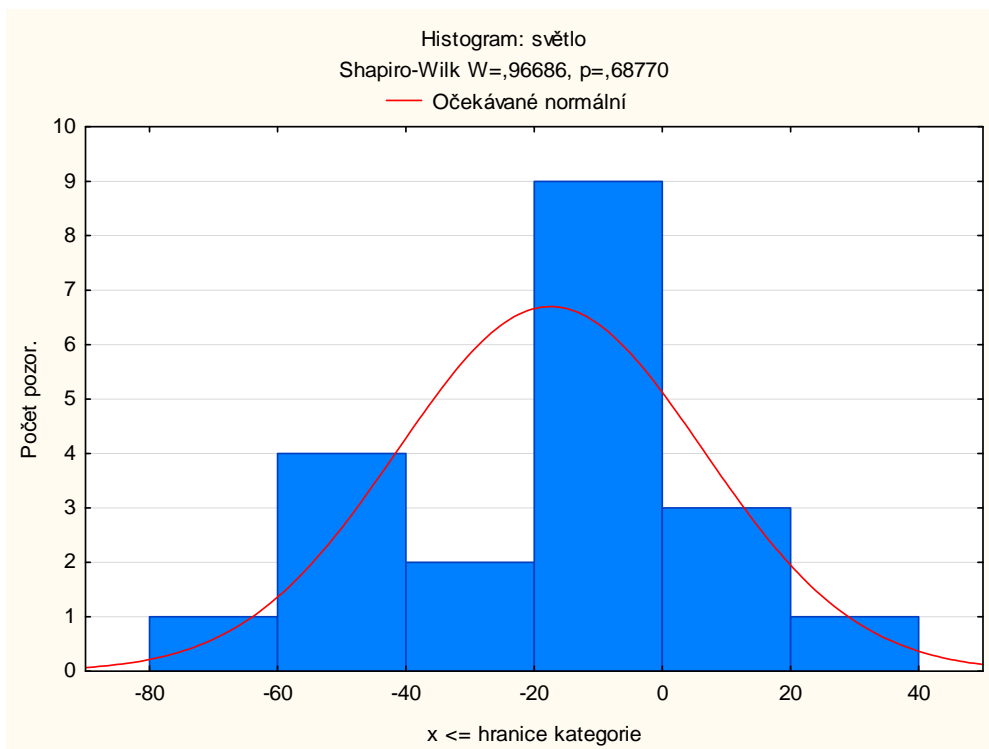
Histogramy – vokalizace západ slunce



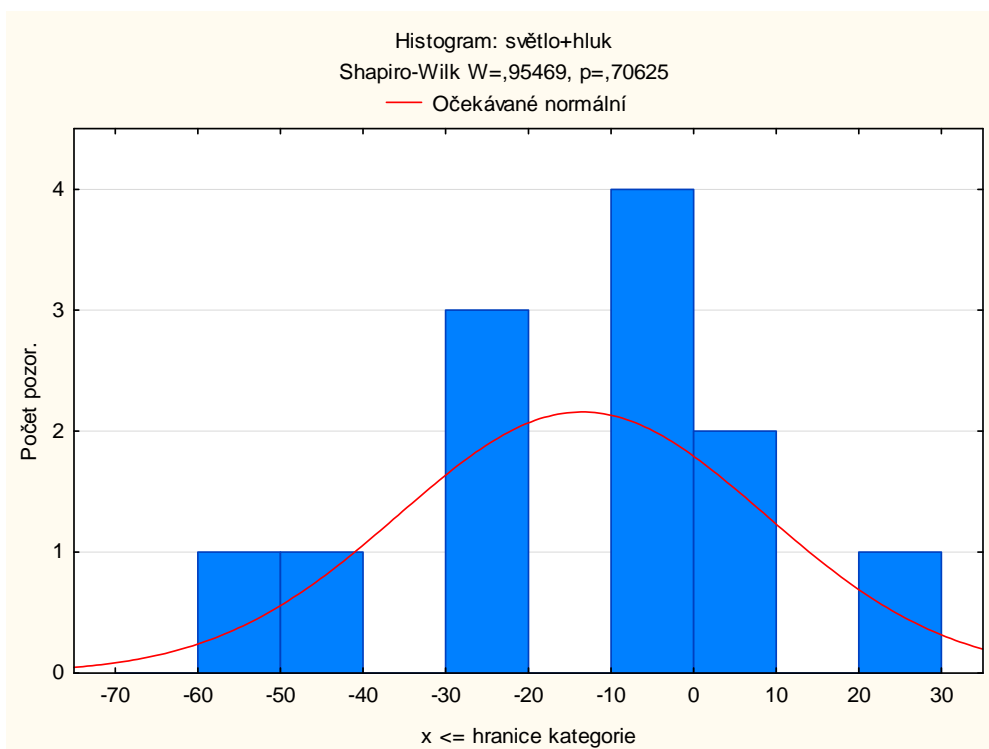
Obr. 24: Průběh vokalizace na klidné lokalitě – západ slunce



Obr. 25: Průběh vokalizace na lokalitě ovlivněné hlukem – západ slunce

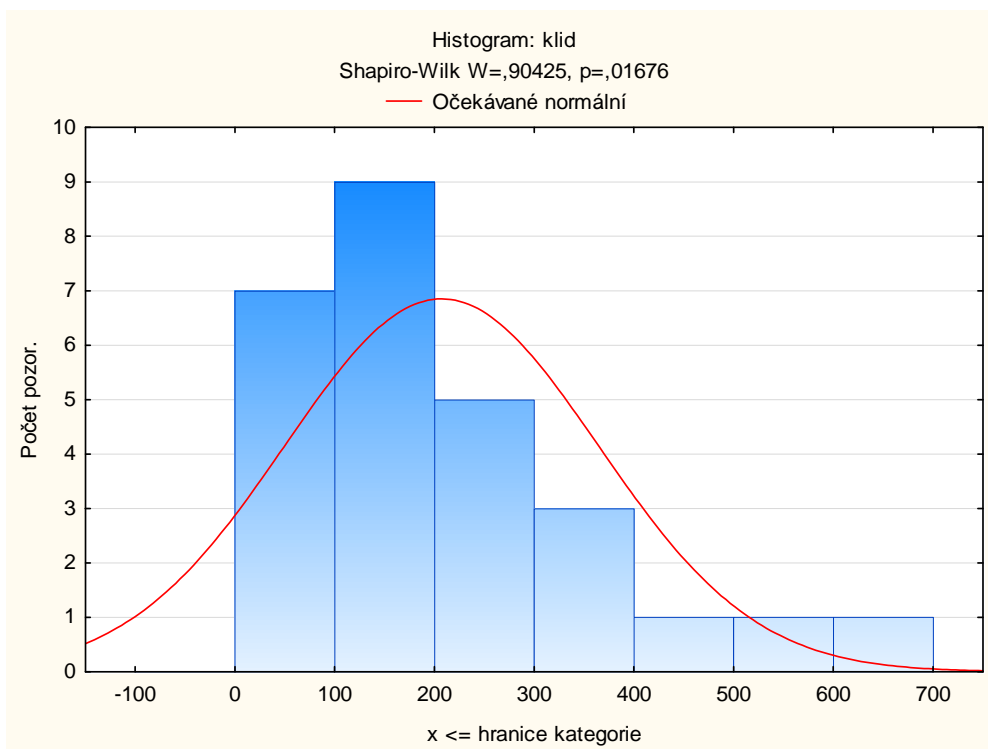


Obr. 26: Průběh vokalizace na světelné lokalitě – západ slunce

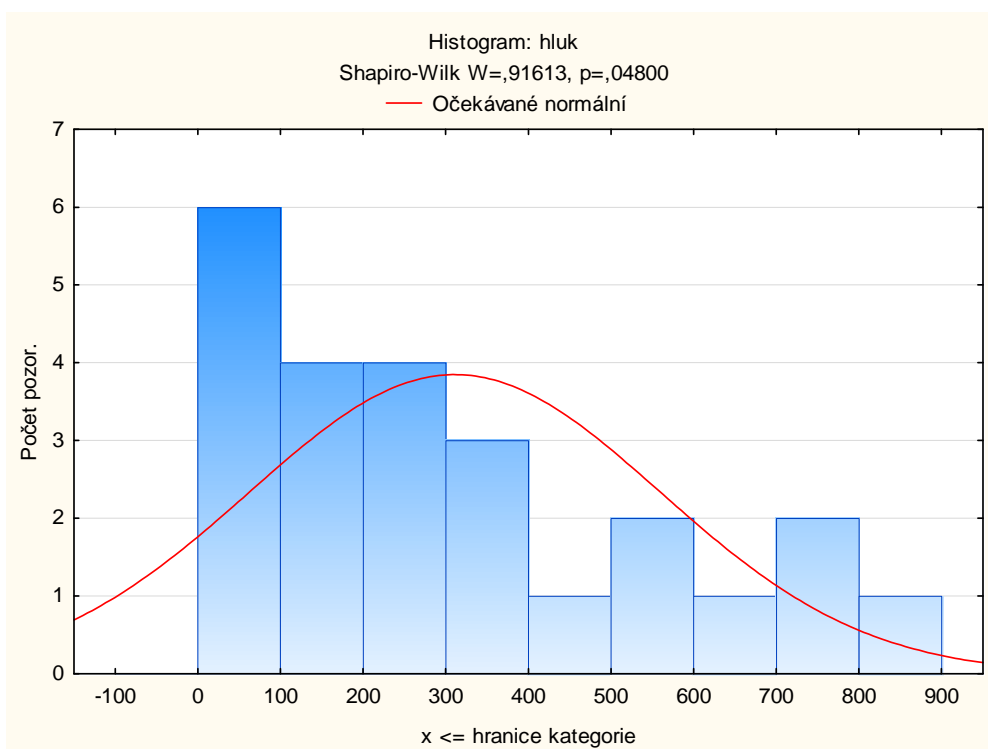


Obr. 27: Průběh vokalizace na lokalitě ovlivněné světlem i hlukem – západ slunce

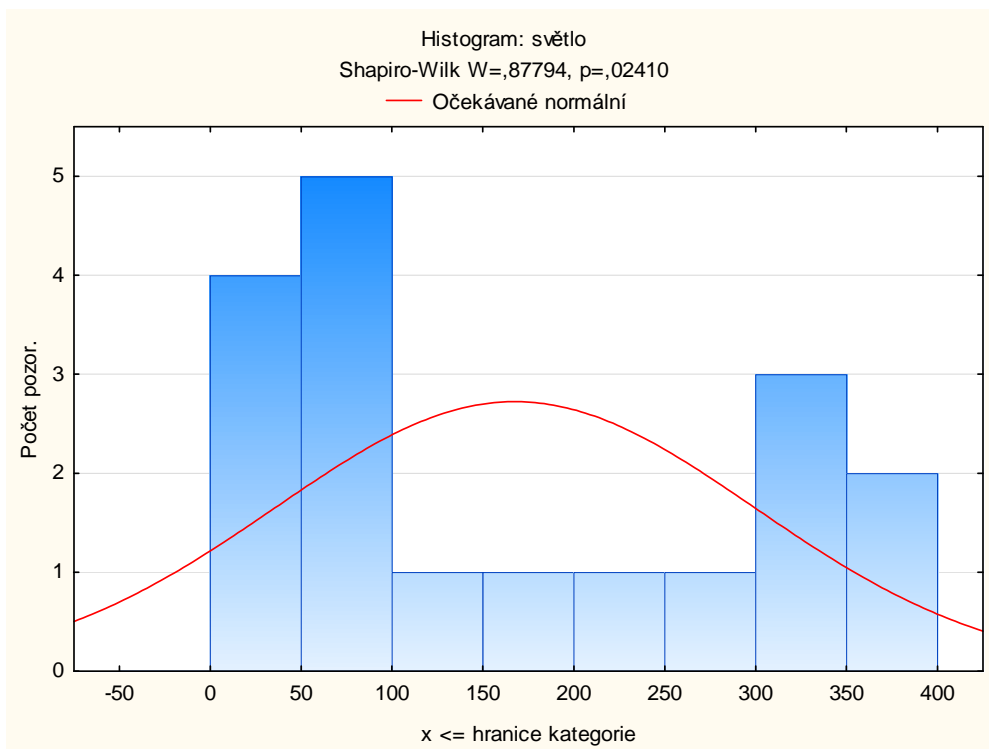
Histogramy – intenzita vokalizace 1 hodinu před západem slunce



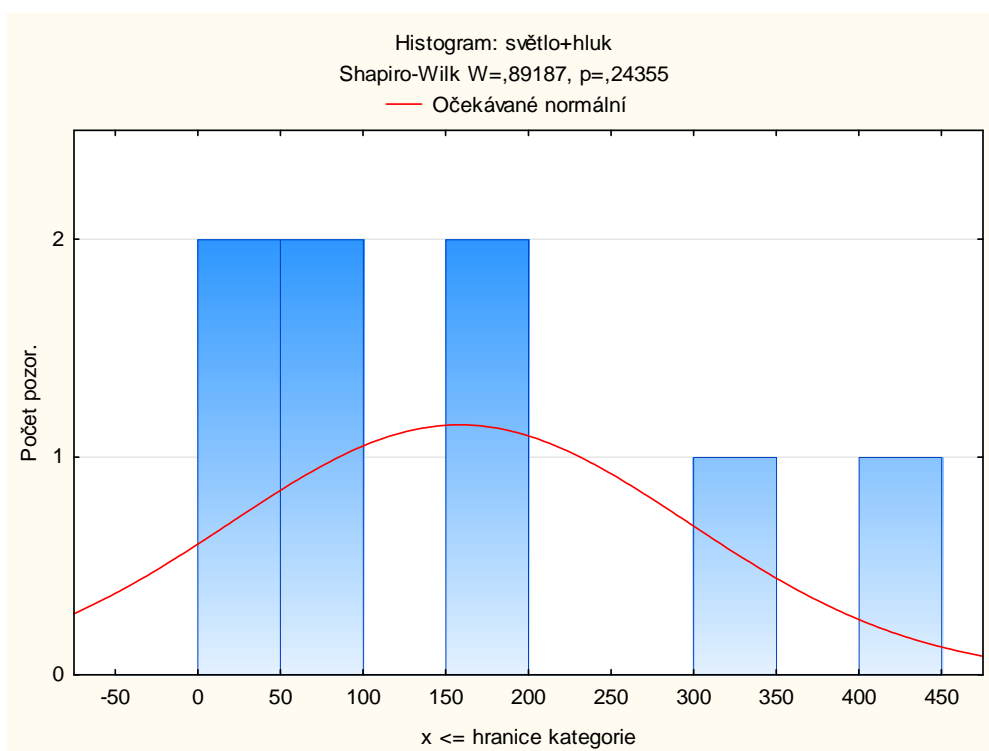
Obr. 28: Intenzita vokalizace na lokalitě bez světelného a hlukového znečištění – před západem slunce



Obr. 29: Intenzita vokalizace na lokalitě s hlukovým znečištěním – před západem slunce

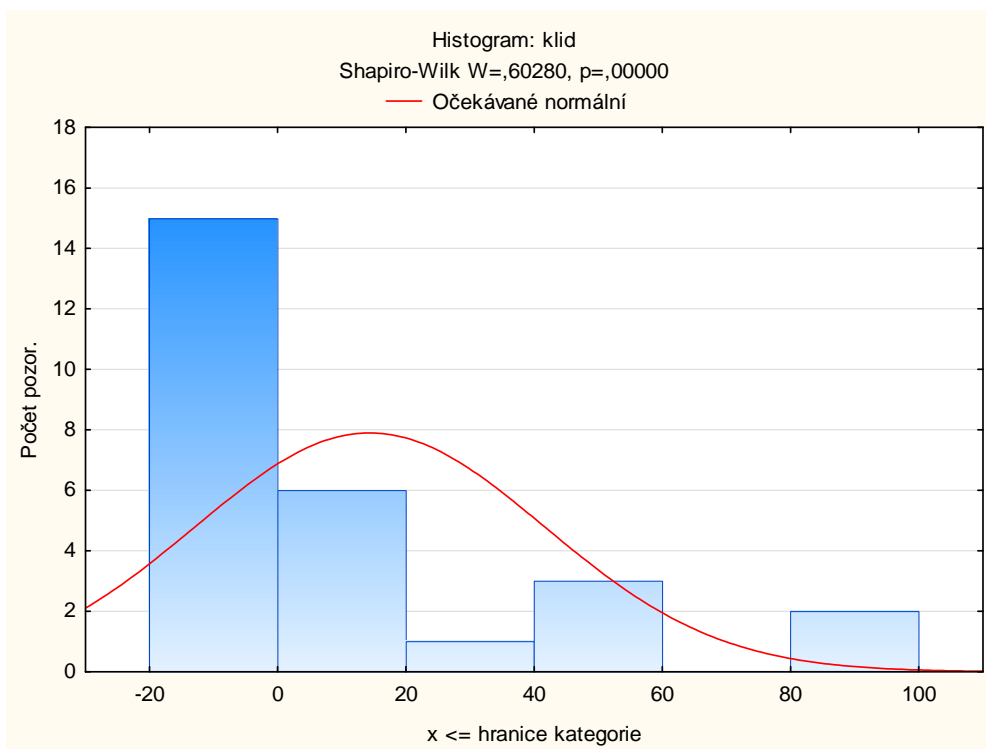


Obr. 30: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným znečištěním – před západem slunce

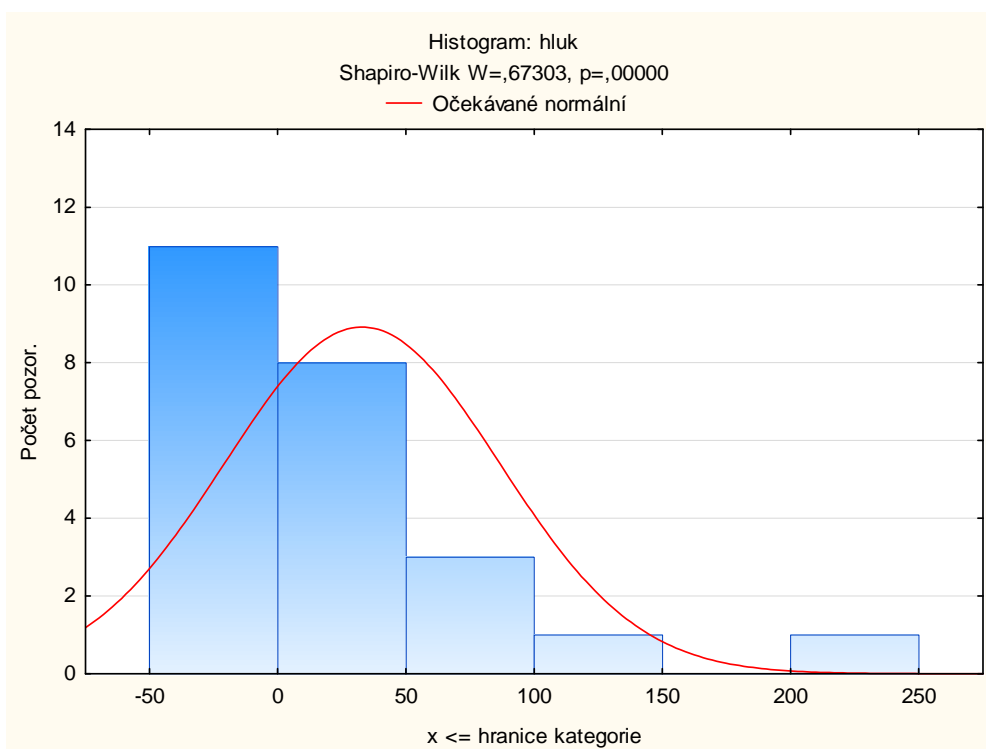


Obr. 31: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným a hlukovým znečištěním – před západem slunce

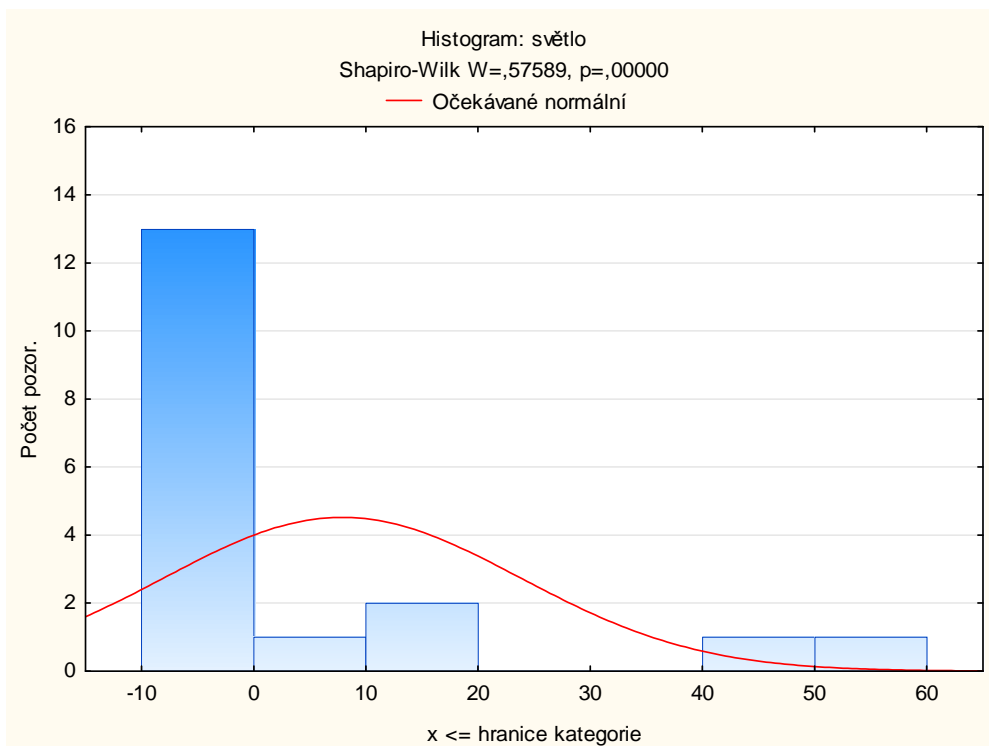
Histogramy – intenzita vokalizace 1 hodinu po západu slunce



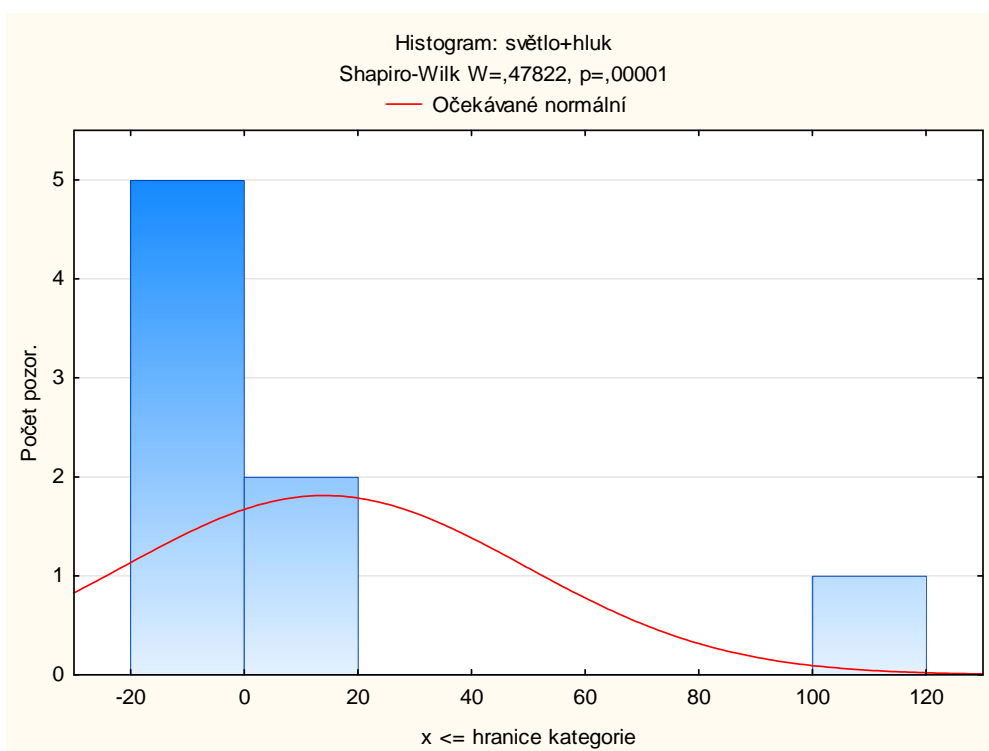
Obr. 32: Intenzita vokalizace na lokalitě bez světelného a hlukového znečištění – po západu slunce



Obr. 33: Intenzita vokalizace na lokalitě s hlukovým znečištěním – po západu slunce

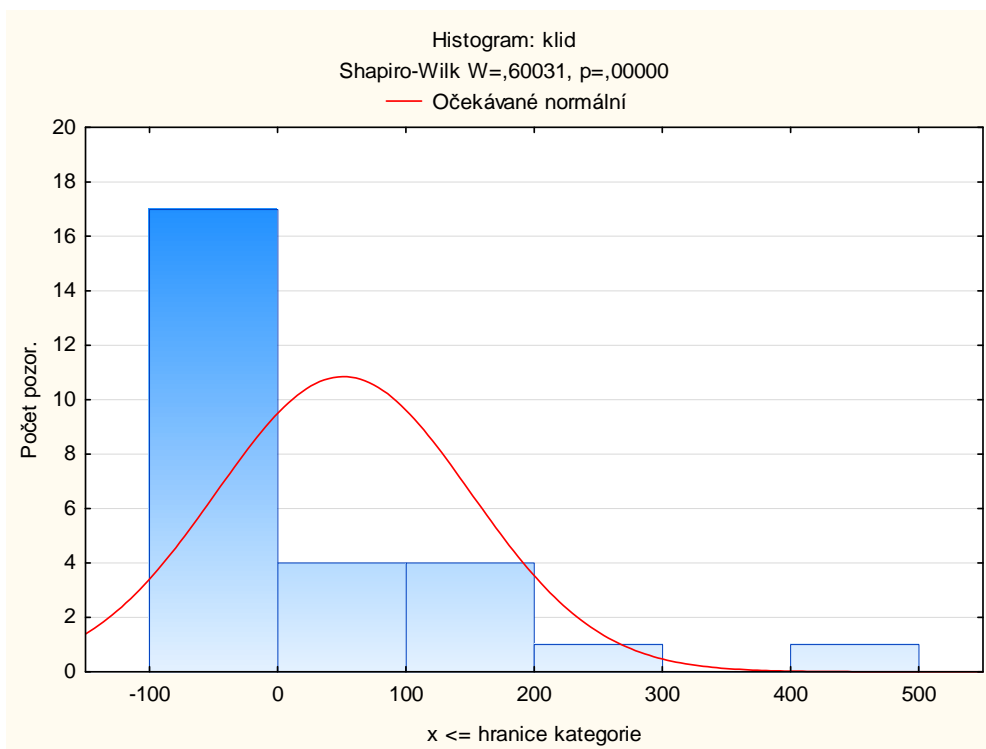


Obr. 34: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným znečištěním – po západu slunce

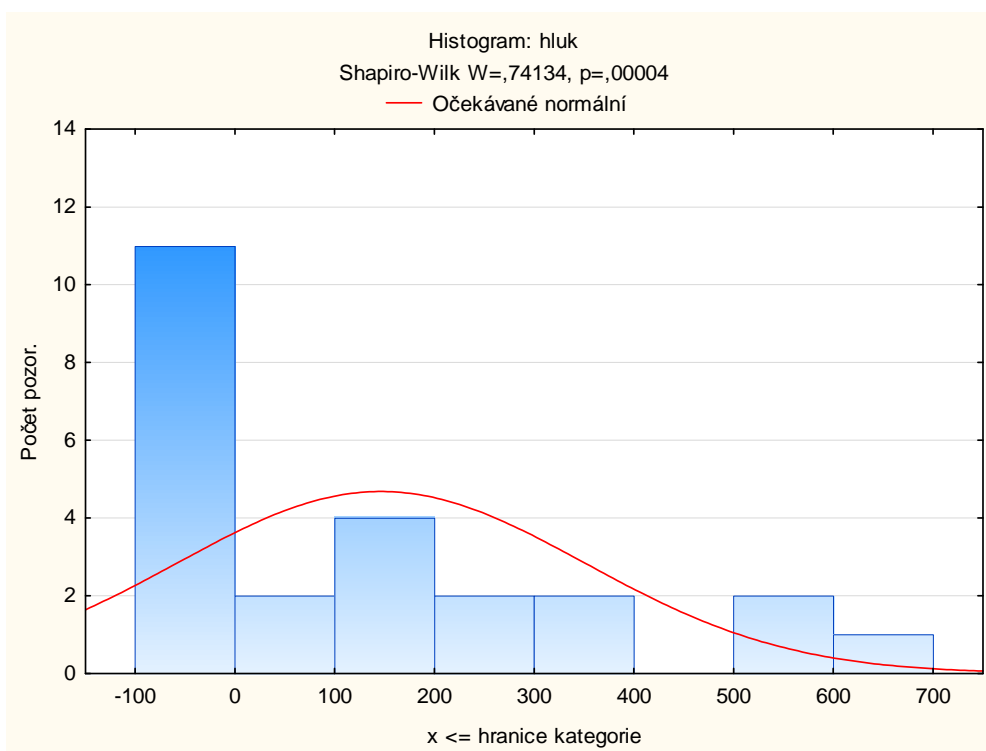


Obr. 35: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným i hlukovým znečištěním – po západu slunce

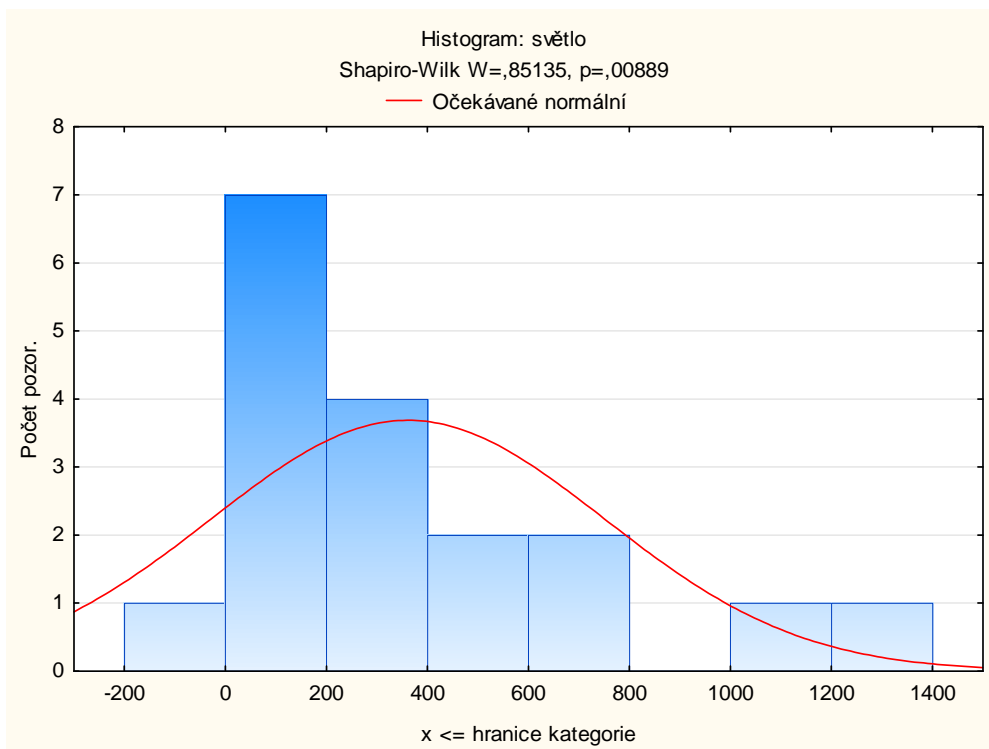
Histogramy – intenzita vokalizace 1 hodinu před východem slunce



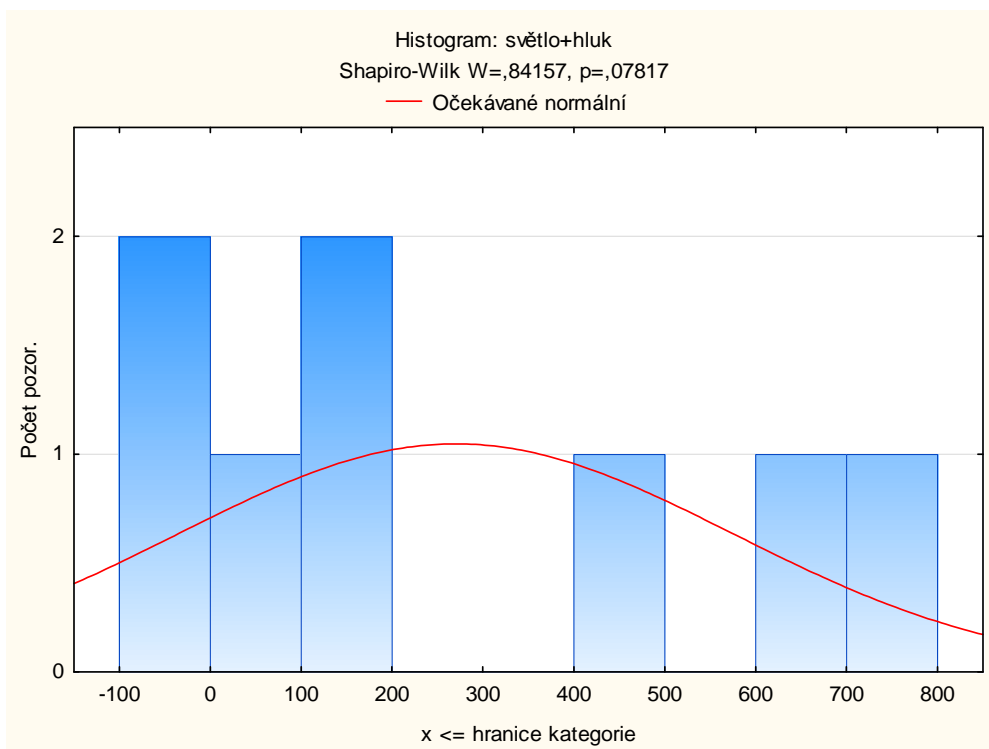
Obr. 36: Intenzita vokalizace na lokalitě bez vlivu světelného a hlukového znečištění – před východem slunce



Obr. 37: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné hlukovým znečištěním – před východem slunce

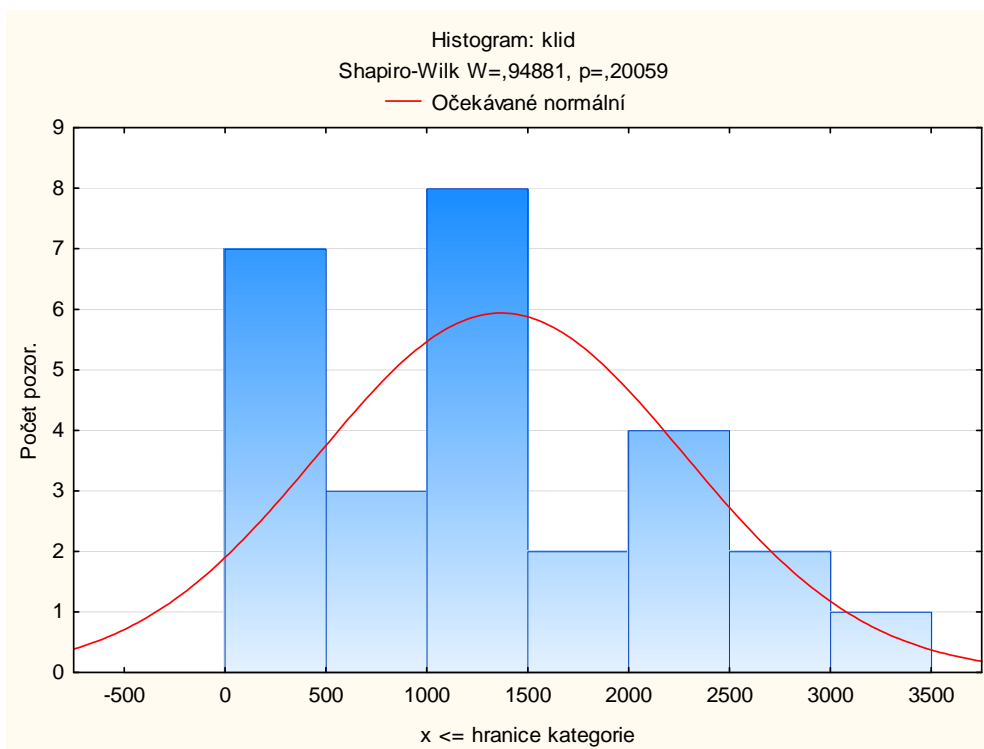


Obr. 38: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným znečištěním– před východem slunce

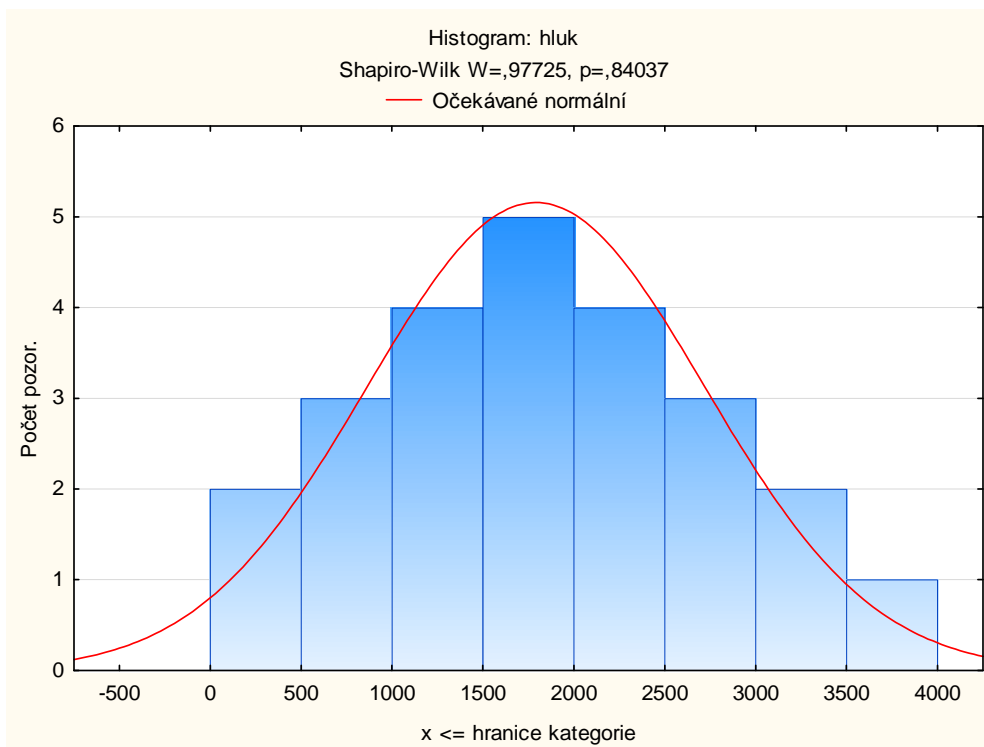


Obr. 39: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným i hlukovým znečištěním– před východem slunce

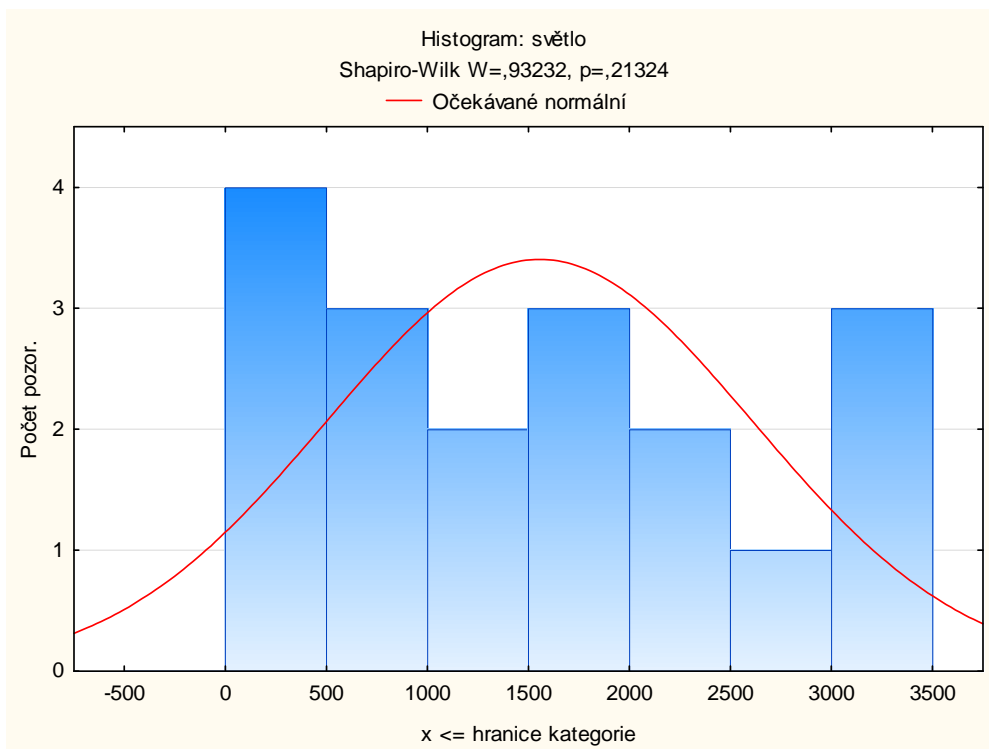
Histogramy – intenzita vokalizace 3 hodiny po východu slunce



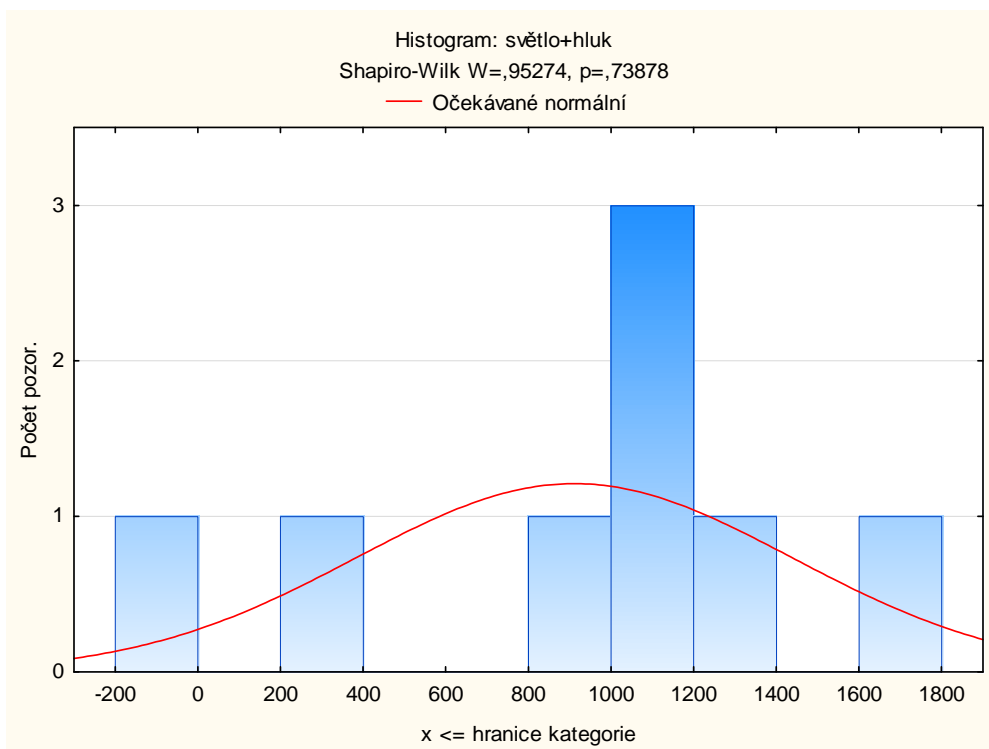
Obr. 40: Intenzita vokalizace na lokalitě bez vlivu světelného a hlukového znečištění – po východu slunce



Obr. 41: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné hlukovým znečištěním – po východu slunce



Obr. 42: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným znečištěním – po východu slunce



Obr. 43: Intenzita vokalizace na lokalitě ovlivněné světelným i hlukovým znečištěním – po východu slunce

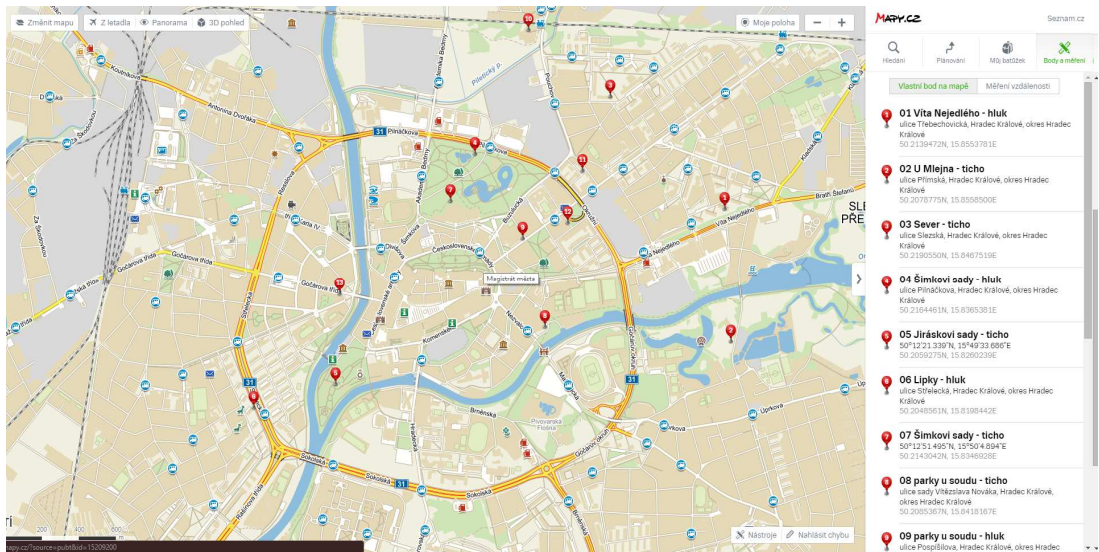
Příloha č. 2

Tabulka s přehledem termínů a lokalit nahrávání

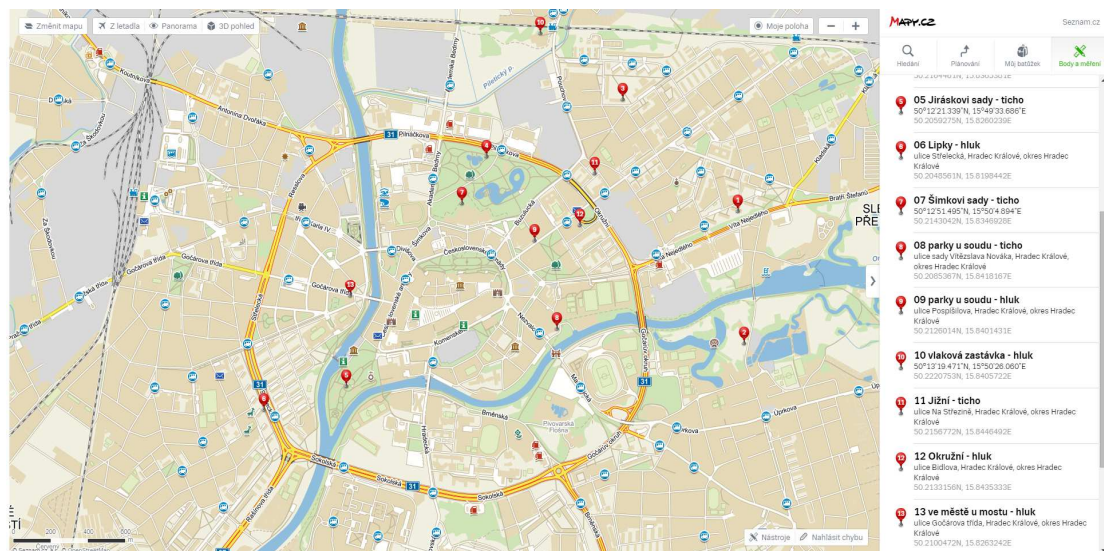
| číslo sady | (týdenní) interval nahrávek | lokality dle daného znečištění | | | |
|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|
| | | Beroun | | Hradec Králové | |
| | | klid | hluk | světlo | Světlo a hluk |
| 1 | 3/4.4.2015 | Nižbor | Loděnice D5 | Sever + Parky u soudu | Kubištovi sady |
| 2 | 10/11.4.2015 | Jince | Knihov | Sever | Šimkovi sady + U vlaku |
| 3 | 17/18.4.2015 | Jince | Kosov | Jiráskovi sady + Parky u soudu | Lipky |
| 4 | 24/25.4.2015 | Febabka | Loděnice D5 | U Mlejna + Jižní | Víta Nejedlého |
| 5 | 1/2.5.2015 | Rozhledna Děd | Knihov | Sever + Jižní | Okružní |
| 6 | 8/9.5.2015 | Nižbor | U nemocnice | Sever + Šimkovi sady | Šimkovi sady |
| 7 | 15/16.5.2015 | Jince | Kosov | Jirsákovi sady | Lipky |
| 8 | 22/23.5.2015 | Rozhledna Děd | Knihov | U Mlejna | Víta Nejedlého |
| 9 | 29/30.5.2015 | Felbabka | Kosov | Sever | U vlaku |

Tabulka č. 25: Přehled termínů a lokalit pořízení nahrávek

Příloha č. 3 Přehled lokalit pořízení nahrávek v Hradci Králové



Obr. 44: Přehled lokalit pořízení nahrávek



Obr. 45: Přehled lokalit pořízení nahrávek