

Výzkumná zpráva z terénního sběru dat

Konečný uživatel: Ministerstvo životního prostředí

Název projektu: Vliv světelného znečištění na citlivé druhy živočichů, ekosystémy a krajinný ráz

Číslo projektu: TITSMZP012

Řešitel projektu: Česká zemědělská univerzita v Praze

Doba řešení: 1.11.2021 – 31.12.2024

Důvěrnost a dostupnost: veřejný, přístupný

Informace o řešitelském týmu:

Tomáš Kadlec, Tomáš Bartonička, Filip Harabiš, Radek Lučan, Aneta Ritz-Radlinská, Petr Zasadil

Další informace o projektu:

V rámci projektu bude zpracováno celkem sedm výstupů/výsledků:

Nmap - Mapa (soubor map) ohrožení citlivých druhů živočichů a jejich biotopů světelným znečištěním v České republice

Nmet - Metodika hodnocení vlivů světelného znečištění na volně žijící živočichy a ekosystémy

O - Seznam druhů živočichů citlivých na světelné znečištění

Vsouhrn - Vliv světelného znečištění na krajinný ráz resp. jeho hodnoty

O - Literární rešerše na téma vliv světelného znečištění na živočichy a ekosystémy

O - Terénní sběr dat světelného znečištění

Nmap - Mapa území ochrany krajinného rázu před světelným znečištěním



Program veřejných zakázek v aplikovaném výzkumu a inovacích pro potřeby státní správy BETA2 byl schválen usnesením vlády České republiky č. 278 ze dne 30. 3. 2016 a je zaměřen na podporu aplikovaného výzkumu a inovací pro potřeby orgánů státní správy. Poskytovatelem finančních prostředků je Technologická agentura ČR.

1. Členovci

Řada skupin členovců, zejména hmyzu, s noční aktivitou patří mezi taxony s výraznou pozitivní fototaxí, tj. jsou často masivně lákáni ke zdrojům umělého světla (Davies et al. 2012; Macgregor et al. 2016). Z některých studií je zřejmé, že nejčastěji jsou přitahováni světlem s vyšším zastoupením kratších vlnových délek, zejména v oblasti UV záření (Brehm et al. 2021; Van Langevelde et al. 2011). Většina těchto studií ale pracuje se světelnými zdroji s širokým rozsahem vlnových délek vyzařovaného světla. Pro praktické účely je v těchto případech těžké stanovit, která část spektra vyvolala pozitivní reakci na světelný zdroj. Taktéž zastoupení jednotlivých taxonů, zejména na nižších taxonomických úrovních, je ve studiích značně nedostatečné, u některých skupin tedy znalosti preference světla různých kvalitativních vlastností schází.

1.1 Cíle

Pomocí metody lákání jedinců členovců s noční aktivitou k předem definovaným světelným zdrojům byla studována jejich preference k jednotlivým částem světelného záření. Ke sběru dat byly použity lapače s definovaným spektrálním rozhraním světelného záření.

1.2. Metody

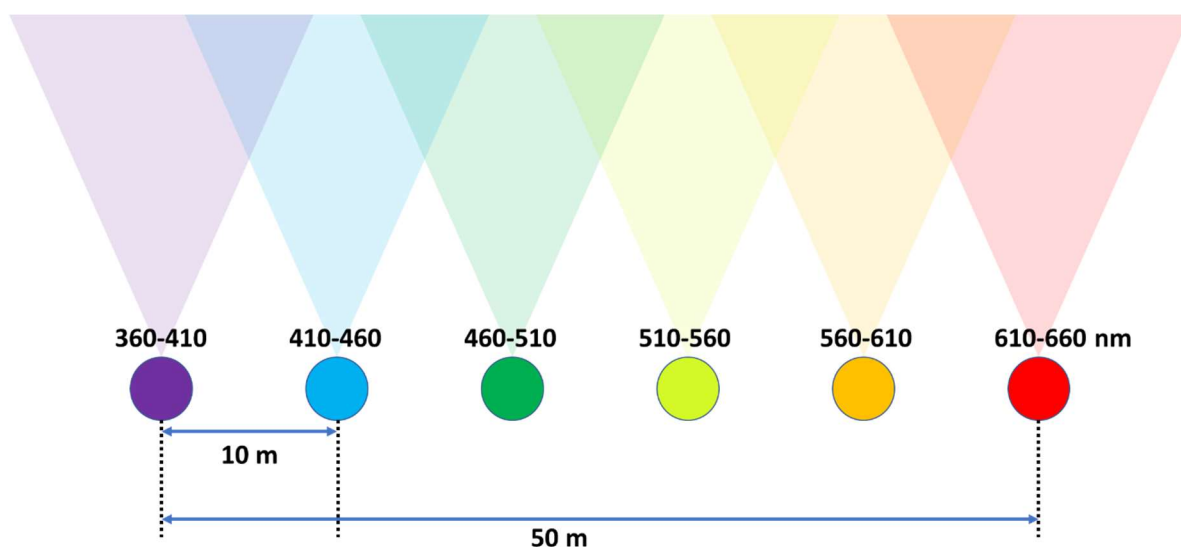
Atraktivita jednotlivých částí (převážně) viditelného světla pro členovce byla zkoumána metodou kvantitativního lákání členovců s noční aktivitou k světelným zdrojům. Tato metoda využívá pozitivní fototaxi většiny v noci aktivních taxonů. Vzorke členovců byly odchytávány pomocí přenosných plně automatizovaných světelných lapačů. Tyto lapače se skládají ze sběrné nádoby uzavřené trychtýřem, na kterém jsou upevněna tři plexisklová nárazová křídla svírající vzájemný 120° úhel. Mezi křídly lapače je umístěn vlastní zdroj světelného záření, jež obsahuje tři lišty osázené diodami (LED), jejichž celkové kvalitativní vlastnosti vyzařovaného světla pokrývají nadefinovaný vektor vlnových délek elektromagnetického záření. Ke sběru bylo použito šest typů těchto světél, v celkovém rozmezí vlnových délek 360-660 nm (UV až červená barva). V každém konkrétním světle byly kombinovány LED tak, aby pokryly dané vlnové spektrum o celkové délce emitovaného světla 50 nm. Jednotlivá světla tedy emitovala záření v spektrálním rozsahu 360-410 nm, 410-460 nm, 460-510 nm, 510-560 nm, 560-610 nm a 610-660 nm. Kalibrací vyzařovaného světla z jednotlivých LED byla zajištěna stejná hodnota (50 mW; 0,36 lx ve vzdálenosti jednoho metru) sumárního zářivého toku pro každou vlnovou délku, čímž se zamezí výkonová nadřazenost jedné vlnové délky nad ostatními. Světla byla napájena 7,2Ah/12V gelovým olověným akumulátorem.

Vlastní sběr vzorků hmyzu byl realizován na pěti lokalitách v pásmu nižších až středních poloh:

- Borovsko, Vysočina, NPP Hadce u Želivky, 49°41'16.260"N, 15°6'25.656"E, 400 m n. m., řídké borové porosty na hadcích
- Bosyně-V Tlesku, CHKO Kokořínsko-Máchův kraj, 50°25'15.426"N, 14°32'33.488"E, 300 m n. m., komplex mezofilních luk a převážně borových lesních porostů

- Chlum u Jestřebí, okraj CHKO Kokořínsko-Máchův kraj, 50°34'51.567"N, 14°33'47.491"E, 350 m n. m., extenzivní starý ovocný sad v pestré mozaice lesních a otevřených stanovišť,
- Mníšek pod Brdy-Pod Štítkem, přírodní park Hřebeny, 49°53'5.918"N, 14°16'10.709"E, 500 m n. m., lesní průsek pod elektrickým vedením ve smíšeném lese
- Mořina, bývalý kamenolom Velká Amerika, CHKO Český kras, 49°57'35.681"N, 14°11'53.188"E, 350 m n. m., vápencové skalnaté terasy a svahy s xerothermní vegetací

Na každé z lokalit bylo s frekvencí jedné návštěvy za měsíc od konce března / dubna do konce listopadu 2023 uskutečněno 8 (Borovsko, Chlum, Mníšek pod Brdy; duben-listopad), resp. 9 (Bosyně, Mořina; březen-listopad) odběrů vzorků hmyzu. Během každé návštěvy bylo na lokalitě exponováno šest světelných lapačů, každý s jiným typem světla (lišící se vlnovými délkami vyzařovaného světla). Lapače byly umístěny podél 50 m dlouhého lineárního transektu tak, aby vzájemná vzdálenost lapačů byla 10 m (Obr. 1). Pořadí lapačů bylo voleno dle vzestupné hodnoty rozsahu vlnových délek (od 360 do 660 nm). Lapače byly na lokalitách exponovány od setmění do rozbřesku následujícího dne. Odchycení členovci byli v lapačích usmrcováni výpary chloroformu. Během následujících ranních hodin byly vzorky členovců odebrány a uskladněny v mrazu do doby následného zpracování. Z nasbíraných vzorků byly stanovené abundance jednotlivých skupin (zejména do úrovní řádů, v některých případech čeledí; velcí noční motýli do úrovně druhů). Ke každé takto definované taxonomické skupině bylo možné z nasbíraných vzorků stanovit míru preference jednotlivých vlnových délek světla (chromatičnosti).



Obr. 1 – Schematické znázornění rozmístění světelných lapačů podél lineárního transektu.

Celkově bylo během terénního průzkumu tedy uskutečněno 42 výjezdů, během kterých bylo celkem odebráno 252 vzorků členovců ze světelných lapačů.

1.3. Výsledky

Během všech výjezdů bylo celkem odchyceno 29708 jedinců členovců, převážně ze skupiny hmyzu (Tab. 1).

Řád / Lokalita	Borovsko	Bosyně	Chlum	Mníšek p. B.	Mořina	Celkem
Araneae	418	74	120	308	132	1052
Opiliones	71	2	14	2		89
Collembola	11	13	28	59	2	113
Blattodea	40	7	3	34	2	86
Coleoptera	213	350	605	150	233	1551
Dermaptera	30	40	59	23	4	156
Diptera	2661	1378	2232	1269	9198	16738
Ephemeroptera	3			5	74	82
Hemiptera	150	307	837	57	458	1809
Hymenoptera	78	185	303	166	234	966
Lepidoptera	667	891	2441	715	1471	6185
Mecoptera			1			1
Neuroptera	52	7	94	3	41	197
Orthoptera	12	33	10	20	8	83
Psocoptera	62	32	18	7	39	158
Trichoptera	133	17	14	13	265	442
Celkem	4601	3336	6779	2831	12161	29708

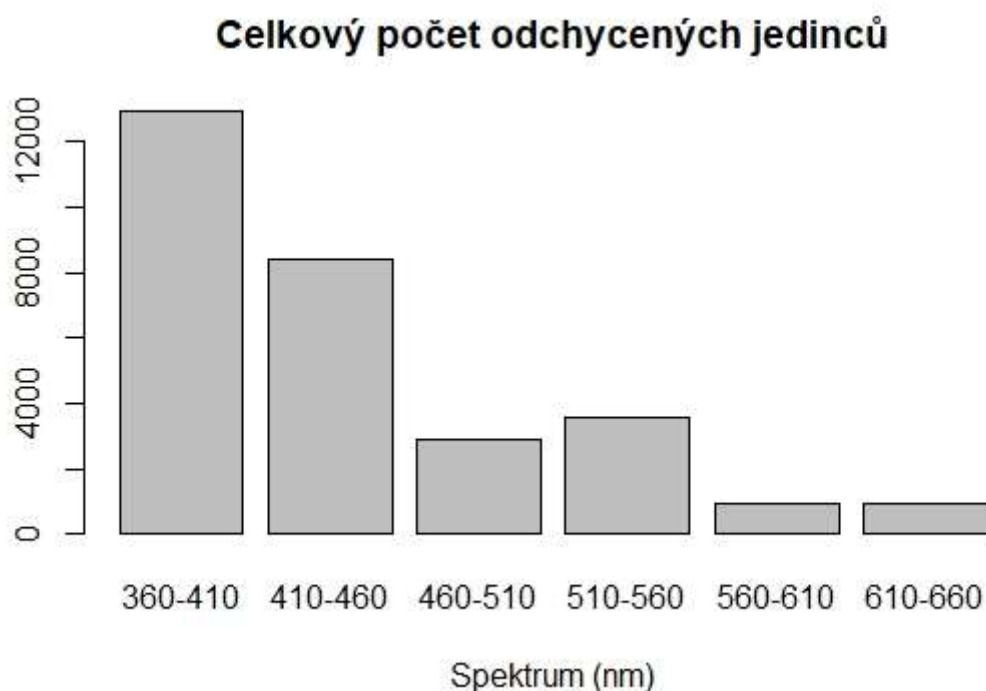
Tab. 1 – Četnost jednotlivých taxonů (řádů) členovců odchycených během terénního průzkumu na pěti řešených lokalitách. Uváděné jsou celkové počty jedinců ze všech exponovaných světelných lapačů a výjezdů. Jedinci ze skupiny motýlů a brouků byli určováni přednostně do úrovně čeledí.

Nejčastěji zastoupenými skupinami členovců (dohromady tvoří přes 56% všech odchycených jedinců) jsou dvoukřídlí (zejména z podřádu Nematocera; 15683 jedinců), motýli (20,8), polokřídlí (6,1%), brouci (5,2%), pavouci (3,5%) a blanokřídlí (zejména z podřádu Apocrita; 3,3%). Z řádů motýlů byli zachyceni jedinci náležící k celkem 42 čeledím (Příloha 1). V případě brouků se jedná o zástupce 40 čeledí (Příloha 2). Ze skupiny tzv. velkých nočních motýlů bylo během průzkumu odchyceno celkem 294 druhů, náležících k 11 čeledím (Příloha 3). Celkem 8 z nich je zařazeno v aktuálním Červeném seznamu bezobratlých živočichů (CR – *Paidia rica*, VU – *Cosmotriche lobulina*, *Eilema pygmaeola*, *Spatalia argentina*, NT – *Drymonia ruficornis*, *Dysauxes ancilla*, *Falcaria lacertinaria*, *Trichiura crataegi*; Hejda a kol. 2017).

Atraktivita spekter světelného záření pro členovce

Nejvíce jedinců z celkového počtu členovců bylo odchyceno na světla emitující záření v nejkratších vlnových délkách (360-410 nm, 12910 jedinců; 410-460, 8411), naopak nejméně jedinců bylo odchyceno na světelné zdroje s dlouhými vlnovými délkami (560-610 nm, 971

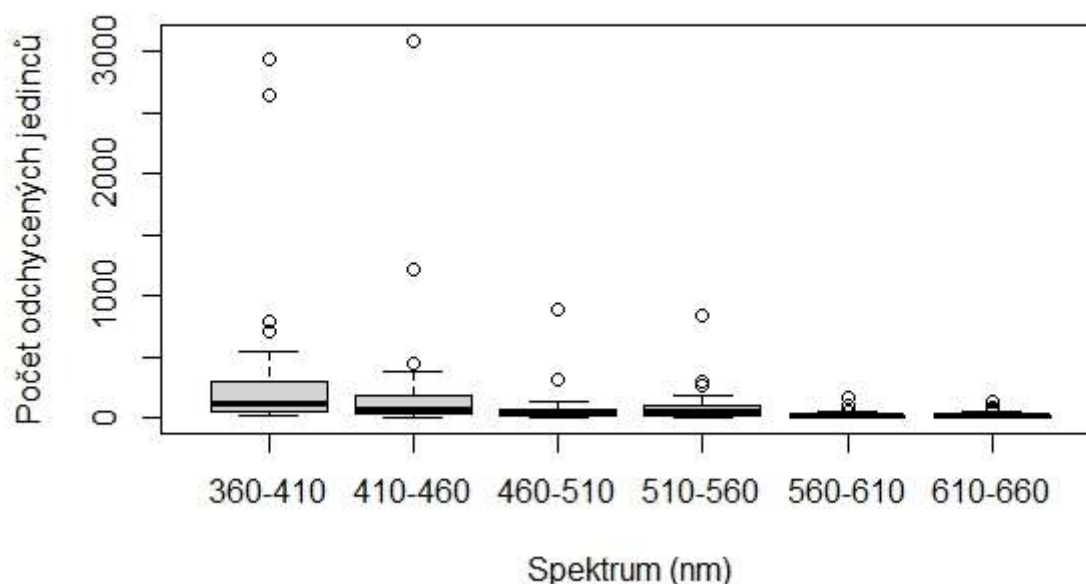
jedinců; 610-660 nm, 944) (Obr. 2). Tyto výrazné rozdíly jsou určeny zejména početněji zastoupenými řády (Tab. 2). Při pohledu na distribuci odchycených jedinců v jednotlivých lapačích (Obr. 3) měl typ spektrálního rozhraní (6 kategorií: 360-410, ..., 610-660 nm) výrazně signifikantní vliv. Přidání typu spektra do modelu (*glmm* model s negativně binomickým rozdělením) obsahujícího náhodné efekty lokality (5 lokalit) a měsíce pozorování (uvnitř lokality; březen-listopad) vyvolalo silnou signifikantní změnu ($p < 0,0001$), i změnu v jeho parsimonii (AIC model bez spektra: 2657,092; AIC model se spektrem: 2363,092).



Obr. 2 – Celkové počty odchycených jedinců členovců do světelných lapačů s rozdílným rozhraním světelného spektra.

Řád / Spektrum	360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	Celkem
Araneae	222	176	168	227	108	151	1052
Opiliones	21	15	10	18	13	12	89
Collembola	21	23	22	27	15	5	113
Blattodea	15	21	13	16	13	8	86
Coleoptera	656	463	133	118	67	114	1551
Dermaptera	35	10	19	30	29	33	156
Diptera	5756	5587	2033	2401	519	442	16738
Ephemeroptera	31	23	15	11	1	1	82
Hemiptera	885	350	172	246	79	77	1809
Hymenoptera	402	225	90	156	54	39	966
Lepidoptera	4396	1305	149	241	49	45	6185
Mecoptera	1						1
Neuroptera	146	38	8	3	1	1	197
Orthoptera	12	5	14	34	9	9	83
Psocoptera	33	55	35	24	9	2	158
Trichoptera	278	115	14	25	5	5	442
Celkem	12910	8411	2895	3577	971	944	29708

Tab. 2 – Četnost jednotlivých taxonů (řádů) členovců odchycených během terénního průzkumu do světelných lapačů s definovaným spektrálním rozhraním (rozsah spekter v nm). Uvedeny jsou celkové počty jedinců ze všech exponovaných lapačů daného typu.



Obr. 3 – Počty jedinců členovců odchycených do světelných lapačů s konkrétním spektrálním rozhraním. Uvedena jsou data z jednotlivých vzorků ze světelných lapačů (n=252).

Počet odchycených jedinců členovců se výrazně lišil i mezi jednotlivými typy spekter. Rozdíl byl vysoce signifikantní téměř pro všechna spektra, pouze v případě srovnání počtu jedinců mezi spektry 460-510/510-560 a 560-610/610-660 nebyl nalezen signifikantní rozdíl (Tab. 3).

Srovnávaná spektra	estimate	SE	z	p
(360-410) - (410-460)	0.5625	0.105	5.349	<.0001
(360-410) - (460-510)	1.3686	0.108	12.705	<.0001
(360-410) - (510-560)	1.0691	0.108	9.944	<.0001
(360-410) - (560-610)	2.2611	0.114	19.795	<.0001
(360-410) - (610-660)	2.2271	0.114	19.494	<.0001
(410-460) - (460-510)	0.806	0.108	7.479	<.0001
(410-460) - (510-560)	0.5066	0.107	4.723	<.0001
(410-460) - (560-610)	1.6986	0.114	14.881	<.0001
(410-460) - (610-660)	1.6645	0.114	14.578	<.0001
(460-510) - (510-560)	-0.2995	0.11	-2.734	0.0688
(460-510) - (560-610)	0.8926	0.116	7.678	<.0001
(460-510) - (610-660)	0.8585	0.116	7.376	<.0001
(510-560) - (560-610)	1.192	0.115	10.367	<.0001
(510-560) - (610-660)	1.158	0.115	10.093	<.0001
(560-610) - (610-660)	-0.0341	0.121	-0.283	0.9998

Tab. 3 – Srovnání četností odchycených členovců do jednotlivých světelných lapačů s daným spektrálním rozhraním (v nm). Tukey post hoc testy signifikance (glmm model s negativně binomickým rozdělením, pevný efekt = typ spektra, náhodné efekty = lokalita/měsíc návštěvy).

Atraktivita spekter světelného záření pro jednotlivé řády členovců

Celkově byli odchyceni členovci patřící k 16 řádům (2 z podkmene klepítkačů, 14 z podkmene šestinožců). Počty odchycených jedinců se pohybovaly v řádech vyšších desítek až nižších desítek tisíc, vyjma řádu Mecoptera s pouze jediným jedincem (Tab. 1). Na základě zastoupení jedinců v lapačích s rozdílným spektrálním rozhraním lze mezi řády pozorovat výrazné rozdíly v preferenci konkrétních spekter (Obr. 4).



Obr. 4 – Celkové počty odchycených jedinců členovců do světelných lapačů s rozdílným rozhraním světelného spektra.

Ze zjištěných abundancí lze jednotlivé řády rozdělit na tři základní skupiny:

- řády s výraznou preferencí světla s krátkými vlnovými délkami, především v oblasti UV záření (360-410 nm) – Lepidoptera, Neuroptera, Trichoptera,

- ii) řady s preferencí kratších vlnových délek (360-460 nm), ale s významným zastoupením i v delších vlnových délkách, zejména v oblasti zelené a žluté barvy – Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Hymenoptera, Psocoptera,
- iii) řady bez výrazné preference krátkých vlnových délek nebo řady s preferencí delších vlnových délek – Araneae, Opiliones, Collembola, Blattodea, Dermaptera, Orthoptera.

V případě řádů Opiliones a Blattodea nebyl prokázán signifikantní rozdíl v počtu odchycených jedinců mezi jednotlivými částmi spektra (Tab. 4). Zajímavý je trend řádu Orthoptera, u kterého jedinci nejvýrazněji preferovali vlnové délky v blízkosti zeleného až žlutého spektra (510-560 nm). Tyto trendy ale mohou být zatíženy jednak nižším počtem odchycených jedinců, ale také metodologií sběru, kdy pro některé skupiny (zejména pavouci, sekáči, škvoři) nejsou světelné lapače dominantním typem kvantitativní odběrné metody. V těchto případech je vhodné využít kombinace metod padacích pastí s lákáním na světelné zdroje.

	χ^2	df	p		χ^2	df	p
Araneae	57.19	5	<0.00001	Hemiptera	1534.3	5	<0.00001
Opiliones	5.58	5	ns	Hymenoptera	581.22	5	<0.00001
Collembola	16.19	5	<0.01	Lepidoptera	14296	5	<0.00001
Blattodea	6.37	5	ns	Mecoptera	–	–	ns
Coleoptera	1133	5	<0.00001	Neuroptera	498.48	5	<0.00001
Dermaptera	17.69	5	<0.01	Orthoptera	38.663	5	<0.00001
Diptera	10043	5	<0.00001	Psocoptera	69.848	5	<0.00001
Ephemeroptera	52.488	5	<0.00001	Trichoptera	798.45	5	<0.00001

Tab. 4 – Výsledky Chi-kvadrát testů srovnávajících rozdíly celkových abundancí odchycených jedinců jednotlivých řádů členovců mezi světelnými lapači s definovaným spektrálním rozhraním (v nm).

Souhrn. Z výsledků je patrné, že obecně nejvyšší atraktivitu má pro členovce světelné záření o kratších vlnových délkách. Dokonce i mezi řady většina skupin vykazovala nejvyšší atraktivitu vůči krátkým vlnovým délkám, zejména v oblasti UV záření (360-410). Některé skupiny dokonce toto spektrální rozhraní preferovaly výrazně. U menšího počtu skupin je možné předpokládat menší selektivitu spekter. Pro tyto skupiny bude potřebné získat objektivnější data za použití vhodnějších metod sběru dat. Každopádně – z hlediska abundancí jedinců i diverzity celkového společenstva členovců se jako nejkritičtější části spektra ukazují vlnové délky do 460 nm. Případná opatření, jež budou mít za cíl výrazně omezit atraktivitu umělých zdrojů osvětlení pro členovce, by měla obsahovat kromě snížení intenzity vyzařovaného světla také důraz na jeho kvalitativní vlastnosti v podobě potlačení UV až modré složky. V případě cenných stanovišť, s vysokou stanovištní i biologickou diverzitou a hodnotou lze doporučit používání osvětlení pouze se zastoupením dlouhých vlnových délek (jantarová až červená barva), nebo dokonce nepoužívat nebo na část noci vypínat osvětlení úplně.

2. Letouni

Několik studií (např. Rydell 1992; Blake et al. 1994) ukázalo, že osvětlení odrazuje mnoho letounů, zejména pomalu létajících druhů, od přeletu osvětleným prostorem. Bílé LED osvětlení odrazuje lesnímu prostředí přizpůsobené druhy už při nízké intenzitě (Stone et al. 2009, 2012). Světlo však může letouny i lákat, například rychlé letce jako jsou zástupci rodu *Nyctalus* nebo generalisty rodu *Pipistrellus* (např. Blake et al. 1994), neboť krátké vlnové délky světla přitahují i hmyz a soustředí jej kolem lamp. Většina letounů využívá pro překonávání vzdálenosti mezi úkryty a lovišti nenáhodných tras, které nejčastěji kopírují přirozené liniové struktury, jako jsou stromořadí, lesní ekotony a průseky a vodoteče.

2.1 Vliv osvětlení na letovou aktivitu letounů

2.1.1 Cíle

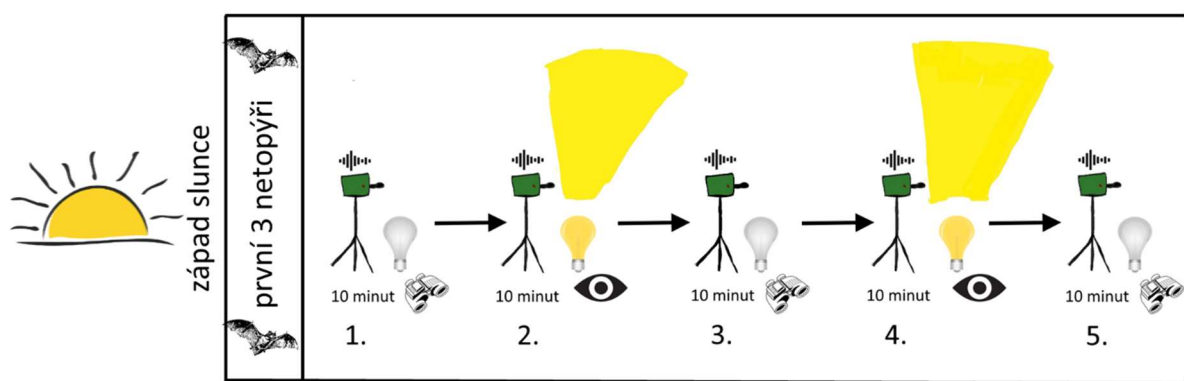
- A) Zjistit, zda krátkodobé osvětlení ovlivňuje letovou aktivitu v místech tradičních lovišť nad vodními plochami.
- B) Testovat vliv osvětlení letových koridorů na přeletovou aktivitu netopýrů.

A) Vliv světla na lovící netopýry

Metodika. Výzkum vlivu světelného znečištění na loveckou aktivitu byl prováděn na 44 stanovištích v Brně (32) a Ostravě (12) během 11 nocí v létě (červenec-srpen) 2022. Pro výzkum byly vybrány klidné úseky řek (s nečeřící se hladinou) a stojaté vody přehrad a rybníků se stromovým břehovým porostem. Jako světelný zdroj byly využívány lampy Scangrip Area 10 SPS s výkonem 10000 lm a světelným úhlem 180°. Lampy byly postaveny na břehu, případně na molu, tak aby svítily do prostoru nad vodní plochou. Na každé lokalitě byly použity dvě lampy vždy nejméně 100 metrů od sebe, osvětlovaná stanoviště byla oddělena křovím nebo stromy, aby se snížila pravděpodobnost osvětlování stejné skupiny netopýrů. Do vzdálenosti 2 m od lampy byl postaven automatický detektor (SM4Bat, WildlifeAcoustics, USA) na stativu pro zachycení echolokace. Automatický detektor mířil nad vodní plochu, přibližně ve výšce jednoho metru. Nahrávky byly ukládány na SD karty a později uloženy v počítači. Pro monitoring přeletů nad monitorovanými stanovišti byl použit i noktovizor (Pulsar binocular, Edge GS 3,5x50).

Časový harmonogram. Po západu slunce se pomocí ručního detektoru a noktovizoru sledoval začátek aktivity netopýrů nad vodní hladinou. Jakmile byla aktivita prokázána (3. přelet netopýra) bylo zapnuto nahrávání automatickým detektorem. Prvních 10 minut se nahrávalo za tmy, přičemž byli netopýři pozorováni a počítáni za pomoci noktovizoru. Následně se stejná plocha 10 minut osvětlovala lampou, a netopýři se počítali pouhým okem v kuželu světla. Na dalších 10 minut se lampa vypnula a poté se znovu na 10 minut zapnula. Na konci byla poté

ještě jedna fáze tmy, taktéž trvající 10 minut. Dohromady se tedy jednalo o 5x10 minut střídání světla a tmy (Obr. 5).



Obr. 5 – Schematické znázornění metodického postupu terénního monitoringu letové aktivity nad lovišti.

Detektory byly vybaveny pouze jedním ultrazvukovým mikrofonom a směr letu nebyl stanovován. Pro zmírnění nežádoucích nízkofrekvenčních zvuků (intenzivní hluk vznikající při průjezdu vozidel) byl nastaven filtr na frekvenci 2–10000 Hz. Citlivost mikrofону byla zesílena na maximum umožněné detektorem, a to 36 dB. U nastavení zvuku byla zvolena vzorkovací frekvence na hodnotě 19200 vzorků za sekundu a nastaveno stereo nahrávání. Aby byla zajištěna vysoká citlivost při nahrávání, byla hodnota nastavena na optimální hodnotu doporučenou výrobcem, tj. 18 dB škály RMS a zaznamenávací perioda zvolena 1,5 s. Nahrávání probíhalo vždy od západu do východu slunce a nahrávka byla pořízena pouze při záznamu echolokace. K analýzám nočních nahrávek byl použit speciální identifikační software Kaleidoscope Pro (WildlifeAcoustics, USA). Během analýzy nahrávek byl u každého druhu zaznamenáván počet pozitivních sekvencí za danou noc. Pozitivní sekvence značí přeletovou nebo loveckou echolokační sekvenci čili sérii signálů charakterizující přibližování jedince k detektoru a jeho následné vzdalování od přístroje, přičemž determinace byla založena na nejzřetelnější části signálu. Pokud program nebyl nahrávky schopen přiřadit žádnému z druhů (označení NoID), byly nahrávky dourčeny ručně (T. Bartonička). Přesná determinace nahrávek není pro účely studie významná, a proto v rámci postprocesingu dat byly nahrávky přiřazeny pouze k rodům (*Myotis*, *Pipistrellus*, *Eptesicus* a *Nyctalus*). V případě jednotlivých druhů identifikovaných softwarem Kaleidoscope Pro byly použity arbitrární hodnoty validity podle Bartonička et al. (2019).

Letová aktivita byla rozdělena do dvou taxonomických skupin 1) *Myotis* spp. netopýři, kteří létali převážně rovnými přelety kolem 1 m nad vodní hladinou byli na základě záznamu echolokace přisouzeni netopýrovi vodnímu, 2) *Pipistrellus* spp. netopýři létající obvykle ve větších výškách patřili k více druhům, *Pipistrellus pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *P. nathusii* a *P. kuhlii*. V jednotlivých periodách byly počty přeletů evidovány navíc pomocí noktovizoru.

Datový set vykazoval značnou variabilitu mezi monitorovanými lokalitami, proto byly vyloučeny lokality s nízkou hodnotou letové aktivity ($D_{10} < 4$ echolokační sekvence/10 minut).

Tab. 5 – Počet přeletů netopýrů zjištěný noktovizorem v jednotlivých periodách bez rozlišení druhu. Označení period Tm1-3 bez osvětlení, Sv1-2 se světlem.

Perioda	celkem
Tm1	1937
Sv1	1548
Tm2	1843
Sv2	1492
Tm3	1722

Tab. 6 – Efekt světelných period na letovou aktivitu a) *Pipistrellus* a b) *Myotis* spp. Sloupec Efekty značí světelné periody; Tm značí periodu tmy a Sv značí periodu světla, číslo značí pořadí periody. Tm1 je vzorem pro modelovaný počet echolokačních sekvencí ve sloupci F. V ostatních periodách (Sv1, Tm2, Sv2, Tm3) sloupec F vyjadřuje rozdíl od výchozího počtu sekvencí v Tm1. Pro druhy rodu *Myotis* byl model upraven. Tm1 je vzorem pro modelovaný počet echolokačních sekvencí ve sloupci F. V ostatních periodách (Tm1, Tm2, Sv2, Tm3) sloupec F vyjadřuje rozdíl od výchozího počtu sekvencí v Sv1.

a) *Pipistrellus* spp.

Efekty	F	P
Tm1	29,09	0,000
Sv1	-7,91	0,001 ***
Tm2	2,07	0,324
Sv2	-5,27	0,013 **
Tm3	2,07	0,324

b) *Myotis* spp.

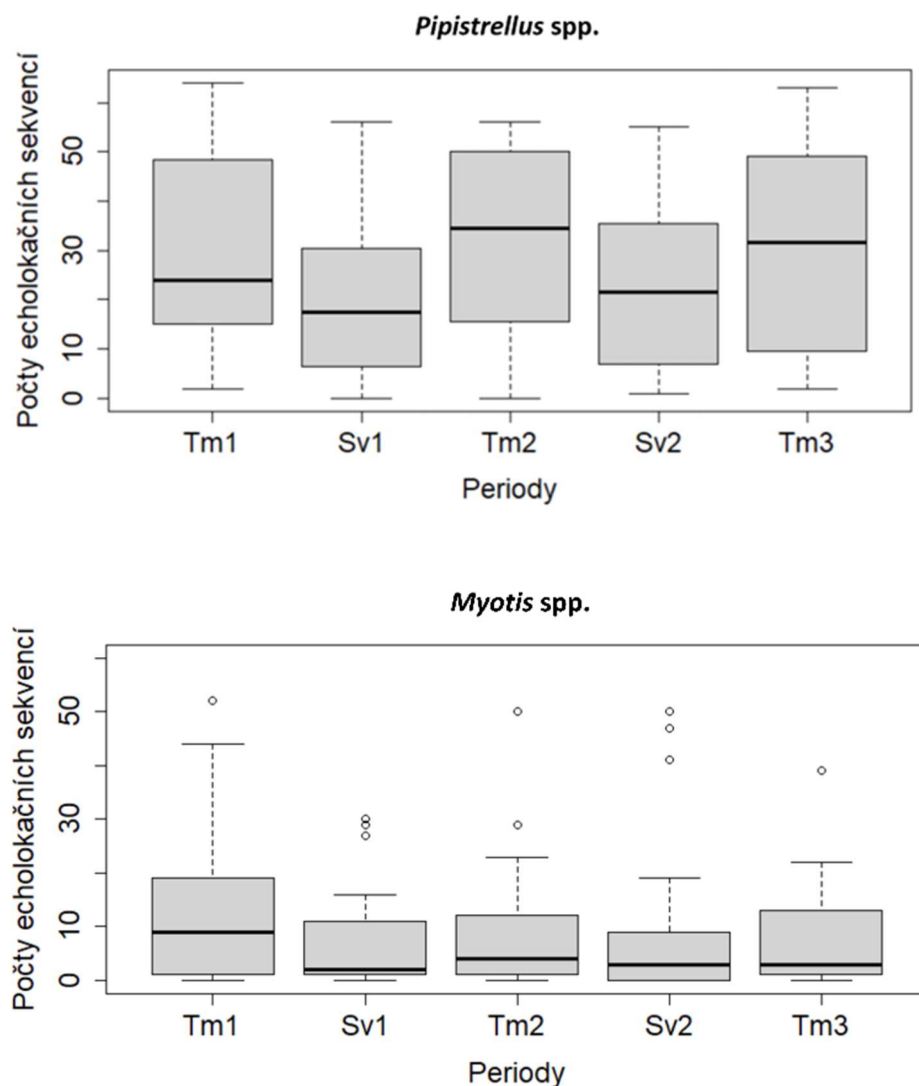
Efekty	F	P
Sv1	1,17	0,000
Tm1	0,42	0,026 **
Tm2	0,23	0,229
Sv2	0,01	0,957
Tm3	0,11	0,549

Jelikož byla ale letová aktivita na každé lokalitě monitorována na 1-2 bodech nejsou hodnoty aktivity mezi sebou nezávislé. Z toho důvodu byl pro zjištění rozdílu akustické aktivity mezi periodami použit generalizovaný lineární model `geeglm` (*Pipistrellus/Myotis*~kategorie+Lokalita, id=bod2, data=Pip.data/Myo.data, family=poisson, corstr="ar1") pracující s randomizačním faktorem lokality.

Pro netopýry rodu *Pipistrellus* byl pomocí lme modelu prokázán negativní vliv světla na letovou aktivitu na lovištích (Tab. 6). Při výzkumu světelného znečištění nad tradičními lovišti, vodními plochami, bylo zjištěno, že překvapivě světlo tolerantní druhy jako netopýři rodu *Pipistrellus* snižují loveckou aktivitu v obou světelných periodách (Obr. 6). Naopak významně vyšší aktivita byla ve světelných fázích zaznamenána o netopýrů rodu *Nyctalus* (H=16,23, $p<0,003$).

Signifikantně významný je pokles akustické aktivity netopýrů rodu *Pipistrellus* i *Myotis* v první světelné periodě (mezi Tm1-Sv1) a opětovný nárůst aktivity po skončení světelné periody (mezi Sv1-Tm2). Další signifikantní změny, pokles aktivity byl zjištěn při nárůstu akustické aktivity po druhé světelné periodě ale již pouze pro netopýry rodu *Pipistrellus* (mezi Sv2-Tm3) (Tab. 6, Obr. 6).

Obr. 6 – Počty echolokačních sekvencí získaných v jednotlivých periodách monitoringu (Tm1-3 bez osvětlení, Sv1-2 se světlem) dvou skupin netopýrů - netopýři rodu *Pipistrellus* a netopýři rodu *Myotis*.



Bylo zjištěno, že se aktivita mění i mezi periodami s ohledem na jejich pořadí, a to bez ohledu na obvykle klesající loveckou aktivitu směrem k půlnoci. U netopýrů rodu *Pipistrellus* poklesla aktivita vždy při rozsvícení světla (Obr. 6), zatímco u netopýrů rodu *Myotis* (zejména n. vodní) především v první periodě svícení.

Shrnutí. I přes očekávání na základě literární rešerše bylo zjištěno, že netopýři rodu *Myotis* nereagují na slabší světlo do 10000 lm) opuštěním loviště. Jelikož výzkum probíhal nad vodními plochami, loveckou aktivitu zde tvořil především n. vodní (*Myotis daubentonii*) a nelze s jistotou prohlásit, že u jiných druhů rodu *Myotis* bude chování obdobné. Na druhou stranu se jedná o druh, který opouští úkryt poměrně pozdě, za úplné tmy, aby se vyhnul predaci. Naopak u netopýrů rodu *Pipistrellus* byl zjištěn signifikantní pokles aktivity, přestože se jedná o druh světlo tolerant. Jediným druhem, který reagoval na přítomnost světla pozitivně byli netopýři rodu *Nyctalus*, zejména pak n. rezavý (*Nyctalus noctula*).

Dalším aspektem je skutečnost doby trvání osvětlení. V našem experimentu se jednalo o krátkodobé osvětlení loviště. Rizikem světelného znečištění jsou více ovlivněni lovci v otevřeném prostoru (aerial-hawkers), kteří v krátkodobém horizontu reagují nejdříve na možnost zvýšení predčního rizika. To vede k celkovému poklesu aktivity vzdušných lovců na lovišti během period jejich osvětlení. Pozitivní efekt světla na lovištích lze patrně očekávat při delším působení, kdy je bezprostřední antipredční chování potlačeno zvýšením dostupnosti koncentrované kořisti v blízkosti světla. Ke koncentraci hmyzu v okolí světla však dochází až po určité době, zjevně delší, než byla perioda s osvětlením v našem experimentu.

B) Vliv světla na přeletující netopýry, osvětlením letových koridorů

Metodika. V sezóně 2023 (červenec-srpen) byl proveden výzkum v liniové vegetaci, která tvoří významné koridory využívané letouny k přesunům mezi úkryty a lovišti. Jednu noc bylo v přeletovém koridoru instalováno světlo, druhou nikoliv. Pořadí mezi lokalitami bylo náhodně voleno. Osvětlován byl prostor uvnitř koridoru, kde byly změny aktivity monitorovány opět akusticky a termovizí. Začátek 30 – 40 minut po západu slunce, ihned po úplném setmění, po průletu prvního netopýra. Výzkum byl proveden na dvou lokalitách na Ostravsku a dvou u Brna, vždy několik nocí po sobě. Předpokládáme nezávislost lokalit měření. Vybrány byly takové lokality, kde stromy tvoří dvojistou alej, nebo břehový porost. Prostor mezi oběma řadami stromů je dostatečný na průlet netopýrů (nejméně 2 m světlá šířka, ale koruny stromů jsou zapojeny a vytváří tunel). Osvětlován byl právě tento vnitřní prostor, vždy ze strany příletu prvního netopýra. Bylo sledováno, zda přeletující jedinec netopýra proletí osvětlenou část koridoru (asi 20 m) nebo nikoliv. Celkem bylo získáno chování při více než 850 přeletech u osmi druhů (Tab. 7).

Tab. 7 - Druhy netopýrů zjištěných na přeletových koridorech.

Druh	Počet přeletů
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	752
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	15
<i>Myotis daubentonii</i>	98
<i>Myotis brandtii</i>	2
<i>Myotis mystacinus</i>	13
<i>Myotis alcathoe</i>	6
<i>Myotis emarginatus</i>	1
<i>Plecotus auritus</i>	2

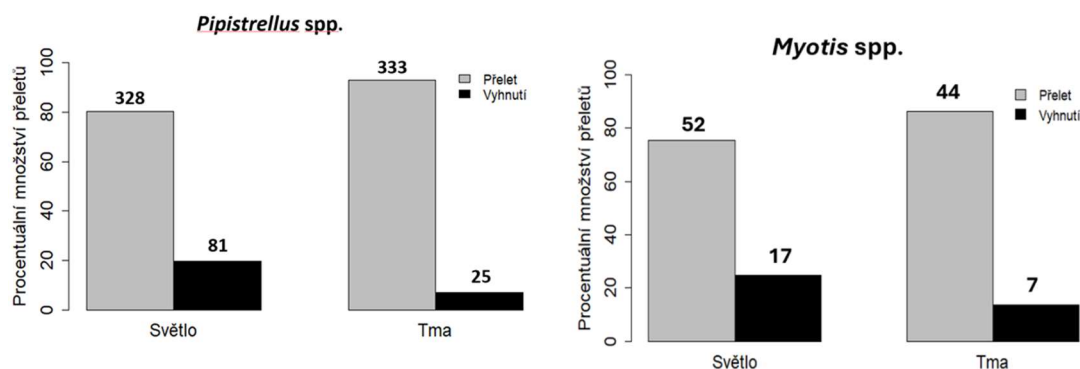
Tab. 8 – Počet přeletů v koridorech rozdělený do dvou druhových skupin. Světlo, počet přeletů během světelné periody, Tma počet přeletů bez aplikace lampy. Ano značí, že netopýr proletěl koridorem bez změny chování, Ne indikuje změnu chování, obvykle let zpět.

Perioda	<i>Myotis</i>	<i>Pipistrellus</i>	Celkem
Světlo	62	409	471
Ano	48	328	376
Ne	14	81	95
Tma	36	358	394
Ano	30	333	363
Ne	6	25	31
Celkem	98	767	865

Výsledky. Srovnávali jsme rozdíl mezi počty volných průletů monitorovanou částí koridoru a vyhnutí se se osvětleného prostoru u dvou skupin letounů – netopýr vodní (*Myotis daubentonii*) a netopýři rodu *Pipistrellus*. N. vodní (*Myotis daubentonii*) se osvětleným místům systematicky nevyhýbal a úhybné manévry prováděl stejně pravděpodobně na osvětleném jako na neosvětleném koridoru (Pearson $\chi^2 = 1,6$; $p = 0,21$). Poměr přeletů a vyhnutí byl tedy v obou světelných periodách stejný (Tab. 8, Obr. 7). Pro skupinu *Pipistrellus* spp. byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi poměry přeletů a vyhnutí za tmy a za světla ($\chi^2 = 26,3$; $p < 0,001$). O 13 % více jedinců rodu *Pipistrellus* se vyhnulo světelné překážce v koridoru.

Shrnutí. U více než 850 přeletů koridory nebyl zjištěn přímý negativní vliv osvětlení na chování n. vodního, který je v literatuře uváděn jako druh záměrně se osvětleným prostorům vyhýbající. Lze očekávat, že jiné druhy netopýrů rodu *Myotis* a *Plecotus* budou na světlo citlivější, v průběhu výzkumu však nebyl k těmto rodům nasbírán dostatečný počet přeletů umožňující vyhodnocení (Tab. 6). Pro netopýry rodu *Pipistrellus* jsou výsledky nejednoznačné. Ukazují na nutnost zachování tmavých přeletových koridorů, na jejichž světelné znečištění jsou citlivější než netopýři rodu *Myotis*. Současně však jsou ochotni létat na osvětlených lovištích, zejména tam, kde díky delšímu působení světla je agregováno větší množství hmyzu.

Obr. 7 – Podíl přeletů přes osvětlené a tmavé místo na koridoru na modelovém druhu n. vodní (*Myotis daubentonii*) a skupině druhů rodu *Pipistrellus*. Světlo, počet přeletů během světelné periody, Tma počet přeletů bez aplikace lampy. Přelet značí, že netopýr proletěl koridorem bez změny chování, vyhnutí indikuje změnu chování, obvykle let zpět.



Další cíle. Současné výsledky ukazují na efekt doby trvání světelného znečištění. Proto bychom dosavadní výzkum chtěli doplnit designem kombinujícím krátké a dlouhé periody světla, ve snaze lépe popsat trade-off mezi antipredačním a loveckým chováním.

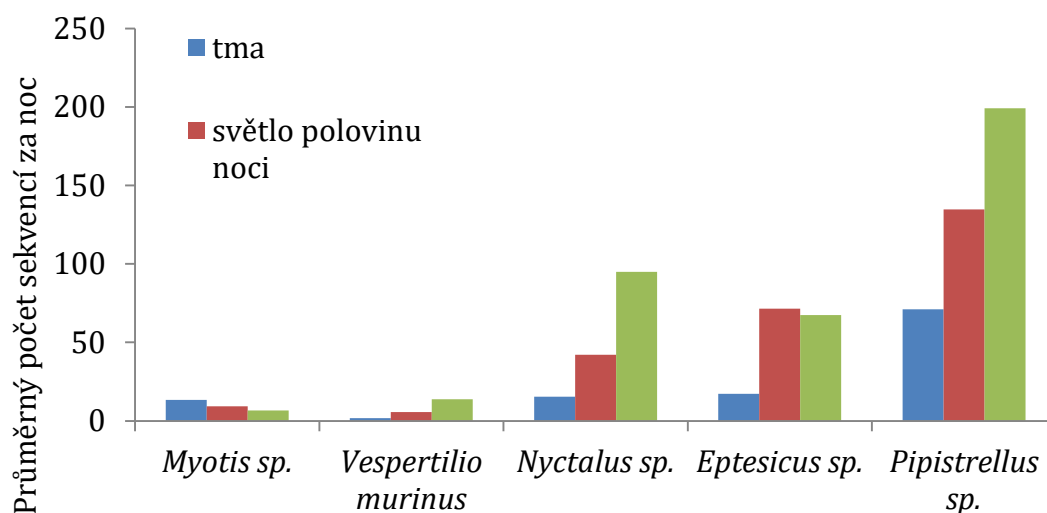
2.2 Vliv světelných zdrojů na aktivitu letounů podél významných migračních koridorů

Sběr dat probíhal na Červenohorském sedle v Jeseníkách, které je známé jako významný migrační koridor létajících živočichů (ptáci, netopýři, hmyz).

1. Sběr začal pilotně probíhat již v předchozích 2 sezónách (2021-2022), celkem jsou k dispozici data o echolokační aktivitě (zjištěné pomocí automatického záznamu echolokace (pomocí batcorderu SM2Bat+ a následné poloautomatické analýzy programem Kaleidoscope) netopýrů z 66 nocí v rozmezí srpen–říjen se standardním počasím (absence deště a silného větru). Celkem jde o více než 20 000 echolokačních sekvencí minimálně 18 druhů, které byly na lokalitě potvrzeny i odchytom. Používaný světelný zdroj byl reflektor s halogenidovou výbojkou Philips HPI-T 2000W o výkonu 2000W a světelným tokem 189 000lm. Během 13 nocí se nesvítilo vůbec, 18 nocí se svítilo zhruba polovinu noci a během 35 nocí se svítilo celou noc. Předběžné výsledky (Obr. 8) naznačují průkazný pozitivní vliv světla na guildu dálkových migrantů (druhy rodu *Nyctalus*, *Pipistrellus* a *Vespertilio*), tentýž efekt na víceméně sedentární druhy rodu *Eptesicus*, negativní efekt na druhy rodu *Myotis* a překvapivě žádný výrazný trend u druhů rodu *Plecotus* a *Barbastella*. Celková netopýří aktivita byla každopádně vždy nejvyšší při rozsvíceném světle, což je dáno strukturou celého společenstva, které je dominováno právě dálkovými migranty.

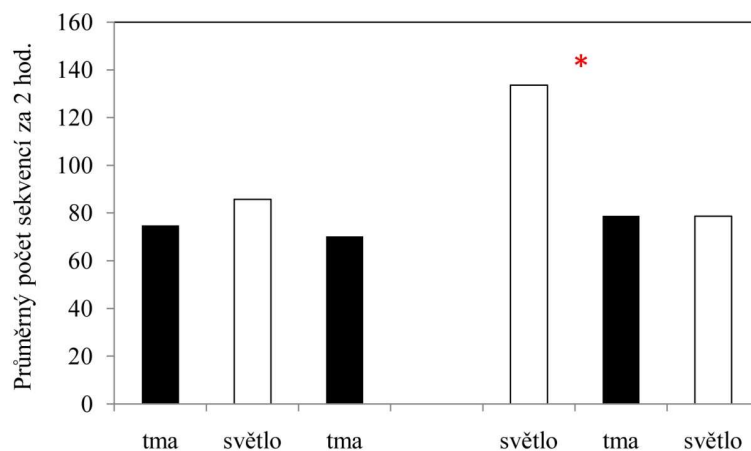
2. V roce 2023 v sezóně podzimní migrace byla metodika více standardizována a experimenty probíhaly za standardního počasí (absence srážek a silného větru) v rozmezí 14.8.–1.10. 2023.

Režim svícení se střídal po 2 hodinách s počátkem 1 hodinu po západu slunce, celkem 3x za noc, přičemž jednu noc se začínalo režimem rozsvíceno, následující noc naopak režimem bez světla atd. K dispozici jsou data z celkem 32 nocí, po vyčištění a zpracování datasetu pomocí poloautomatické identifikační analýzy v programu Kaleidoscope bylo získáno celkem 8408 určených echolokačních sekvencí. S přihlédnutím k limitacím daným spolehlivostí identifikace echolokačních signálů netopýrů bylo hodnocení vlivu světelného režimu provedeno jednak pro celé netopýří společenstvo tvořené podle odchytů do sítí (tzn. spolehlivé determinace) celkem 18 druhů netopýrů, jednak pro jednotlivé skupiny tvořené druhy s podobnou echolokací, které lze na základě použitých metod vzájemně odlišit obtížně.

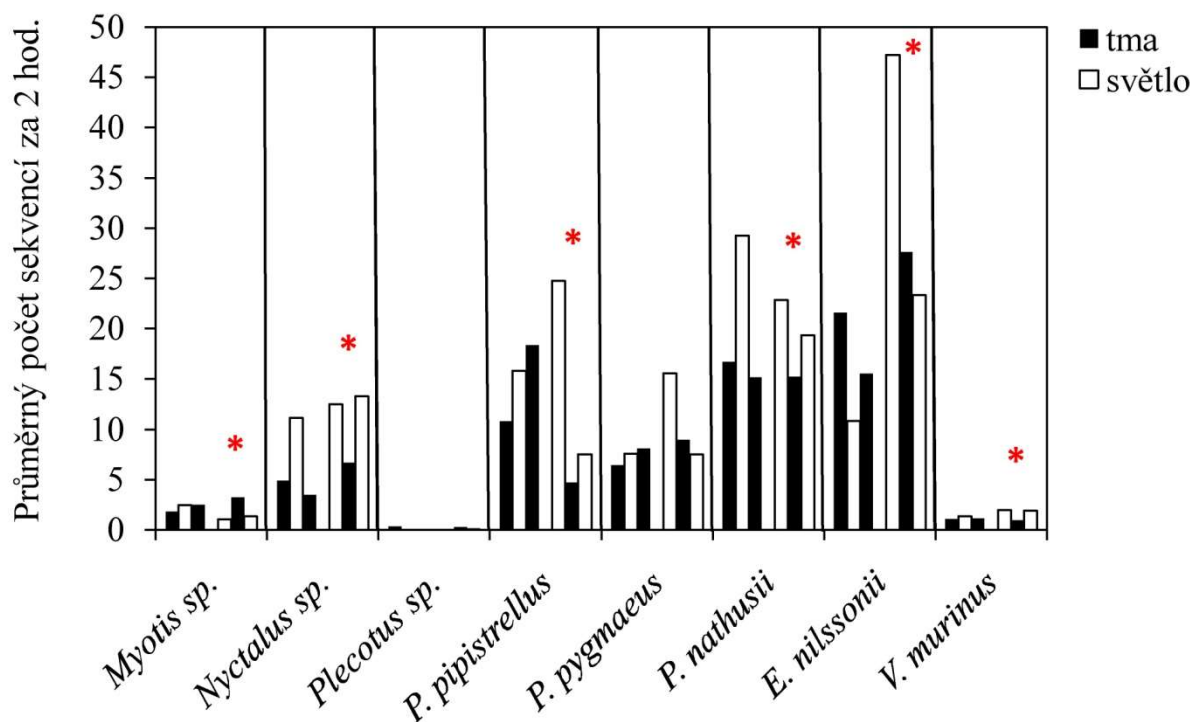


Obr. 8 – Předběžné výsledky analýz pilotních experimentů hodnotících vliv silného zdroje světla na aktivitu netopýrů na migračním koridoru (Červenohorské sedlo v Jeseníkách, 2021-2022).

Vyhodnocení nasbíraných dat proběhlo pomocí dvou přístupů: porovnáním variability v letové aktivitě v rámci výše popsaného světelného schématu, přičemž statisticky porovnávány byly pomocí párového neparametrického testu vždy první dva světelné režimy ze tří - třetí treatment mohl být jednak ovlivněn předchozími dvěma, jednak ležel časově vždy ve druhé polovině noci, kdy je obecně přirozená aktivita netopýrů nižší. Výsledky pro aktivitu celého společenstva shrnuje Obr. 9, pro jednotlivé skupiny druhů či druhy pak Obr. 10, kde jsou statisticky významné ($P < 0.05$) nebo alespoň indikativní ($P < 0.08$) rozdíly mezi prvními dvěma režimy svícení ze tří vyznačeny hvězdičkou.



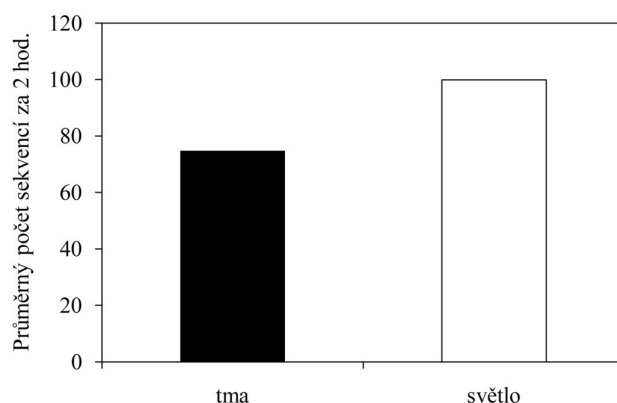
Obr. 9 – Celková průměrná aktivita netopýrů v obou typech experimentálního svícení. Naznačený trend k vyšší aktivitě byl statisticky průkazný jen ve druhém světelném režimu.



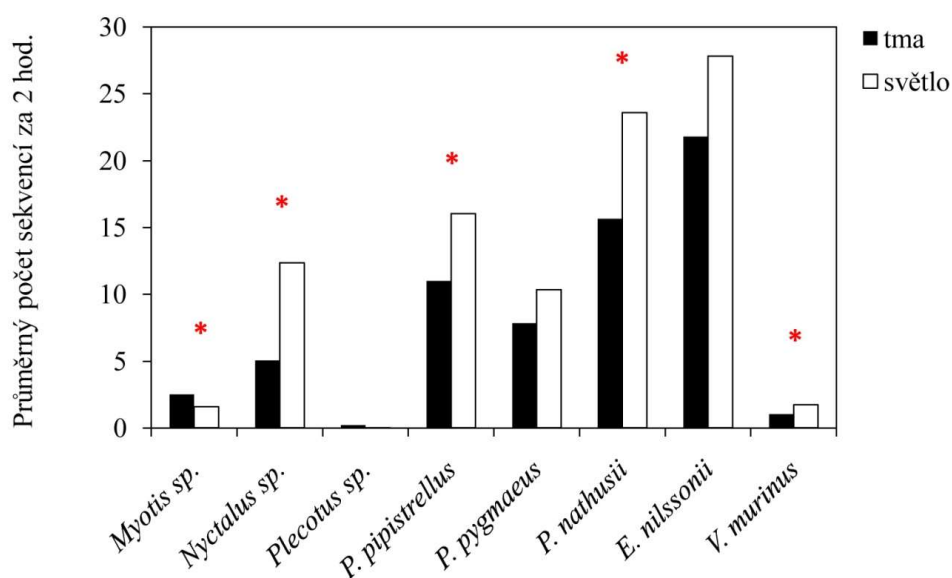
Obr. 10 – Aktivita netopýrů v obou typech experimentálního svícení pro jednotlivé druhy/skupiny druhů. Statisticky průkazné ($P < 0.05$) a indikativní výsledky ($P < 0.07$) jsou označeny hvězdičkou.

Druhý typ analýzy byl proveden prostým srovnáním letové aktivity všech dvouhodinových period, kdy se svítilo se všemi dvouhodinovými periodami, kdy se nesvítilo, bez ohledu na časový vztah (datum, posloupnost) mezi jednotlivými periodami. Tento typ analýzy by měl částečně odstranit metodicky neošetřitelný vliv variability celkové úrovně letové aktivity mezi jednotlivými nocemi: intenzita migrace netopýrů přes studovaný letový koridor v daném časovém období není konstantní a byť byla data sbírána za co nejstandardnějších podmínek (absence silnějšího větru a srážek, minimální noční teplota vždy $>7^{\circ}\text{C}$), variabilita mezi

jednotlivými nocemi byla poměrně velká. Výsledky tohoto srovnání obsahují Obr. 11 pro celé společenstvo a Obr. 12 pro jednotlivé skupiny/druhy.



Obr. 11 – Celková průměrná aktivita netopýrů pouze v závislosti na světelném režimu světlo/tma. Rozdíl není statisticky průkazný.



Obr. 12 – Průměrná aktivita netopýrů pouze v závislosti na světelném režimu světlo/tma pro jednotlivé druhy / druhové skupiny. Statisticky průkazné ($P < 0.05$) a indikativní výsledky ($P < 0.07$) jsou označeny hvězdičkou.

Shrnutí: Výsledky v zásadě potvrzují již v pilotní studii a literární rešerši naznačené trendy: u rodu *Myotis* a *Plecotus* ovlivňuje světlo letovou aktivitu negativně – netopýři se evidentně osvětleným plochám spíše vyhýbají, o rodu *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Eptesicus* a *Vespertilio* byla aktivita při přítomnosti svícení buď průkazně vyšší nebo nebyla zjištěna žádná odezva. Asi nejzásadnějším zjištěním i v širším prostorovém měřítku však je, že u dálkových migrantů, kteří tvoří dominantní složku netopýřího společenstva na studované lokalitě (*Nyctalus sp.*, *Pipistrellus nathusii*, *Vespertilio murinus*), světlo jejich chování během migračního období ovlivňuje.

3. Ptáci

3.1 Vliv světelného znečištění na výskyt vybraných druhů ptáků

Vliv světelného znečištění na výskyt a distribuci jednotlivých druhů ptáků v prostředí je oblastí, která je téměř neprozkoumaná. Většina existujících studií řeší především vliv ALAN na načasování denních rytmů ptáků a vliv na jejich fyziologické funkce, ale chybí poznatky, zda může být vyšší míra světelného znečištění příčinou lokálního nebo i širšího vymizení druhu. Zejména druhy citlivé na rušení, a nebo druhy s noční aktivitou se předpokládá, že by mohly být světelným znečištěním ovlivněny, prací na toto téma je však velice málo a je to určitě jedna z oblastí, které by si zasloužili velkou pozornost. Řada těchto druhů v podmínkách střední Evropy dlouhodobě ubývá, mluví se o vlivu různých faktorů, ale je možné že jedním z významných faktorů může být světelné znečištění – studie na toto téma pro naprostou většinu druhů ale chybí.

Cíl. Zjistit, jak je výskyt vybraných druhů ptáků ovlivněno světelným znečištěním, a to ve dvou modelových oblastech – Ptačí oblast Novohradské hory a CHKO Brdy.

Metodika. Pro ověření vlivu světelného znečištění na výskyt vybraných druhů ptáků byla využita metoda akustického monitoringu. Výzkum proběhl ve dvou oblastech: CHKO Brdy a jejich blízké okolí a Ptačí oblast Novohradské hory + její blízké okolí. Obě plochy byly zvoleny tak, aby v jádrové oblasti byly minimální hodnoty světelného znečištění, zatímco směrem k okrajům sledovaných oblastí hodnoty světelného znečištění postupně narůstaly. V oblasti Brd bylo vytyčeno celkem 125 bodů v síti cca 1 km, na kterých byly pořízeny vždy 2 nahrávky hlasových aktivit v min. měsíčním odstupu v období duben-červen. V Novohradských horách bylo vytyčeno celkem 81 bodů, pokrývajících ptačí oblast a její blízké okolí v síti cca 1 km, i zde byly na každém bodě pořízeny 2 nahrávky v období duben - červen.

Jako cílové druhy byly vybrány především druhy s noční či večerní aktivitou, které byly reprezentovány především třemi nejčastějšími lesními druhy sov, tj. kulíšek nejmenší (*Glaucidium passerinum*), sýc rousný (*Aegolius funereus*) a puštík obecný (*Strix aluco*) a dále pak slukou lesní (*Scolopax rusticola*). Pro porovnání pak byla zvolena ještě druhá modelová skupina, a to šplhavci - strakapoud velký (*Dendrocopos major*), datel černý (*Dryocopus martius*), žluna šedá (*Picus canus*) a datlík tříprstý (*Picoides tridactylus*). Posledně jmenovaný druh se vyskytuje ve větší míře pouze v Novohradských horách, tj. v Brdech nebylo předpokládáno jeho vyhodnocení. Analyzováno bylo vždy období mezi západem a východem slunce (pro sovy a sluku lesní) a dále pak 2 hodiny po východu slunce, pro zachycení hlasové aktivity datlovitých a jeřábka lesního.

Počet nahrávacích bodů, kde byl druh alespoň při jedné ze dvou provedených kontrol zaznamenán, je uveden v Tab. 9. Jde přitom pouze o pozitivní záznam na daném bodě, ne např. počet obsazených teritorií (např. u puštíka obecného či datla černého se dá předpokládat, že byl jeden jedinec zaznamenán na více nahrávacích bodech, a to jak vzhledem k velké velikosti jejich teritorií, tak hlasitosti jejich vokalizace). Podobně je to i se slukou lesní, kdy samci při toku létají nad poměrně velkým teritoriem. Kromě přítomnosti sledovaných druhů byla zaznamenávána i intenzita jejich vokalizace (kolikrát se druh ozval za daný sledovaný časový úsek), což zejména u druhů, které se pohybují na větších teritoriích umožní vyhodnotit, které části svého teritoria upřednostňovaly.

Tab. 9 – Počty nahrávacích bodů, na kterých byly zjištěny cílové druhy ptáků.

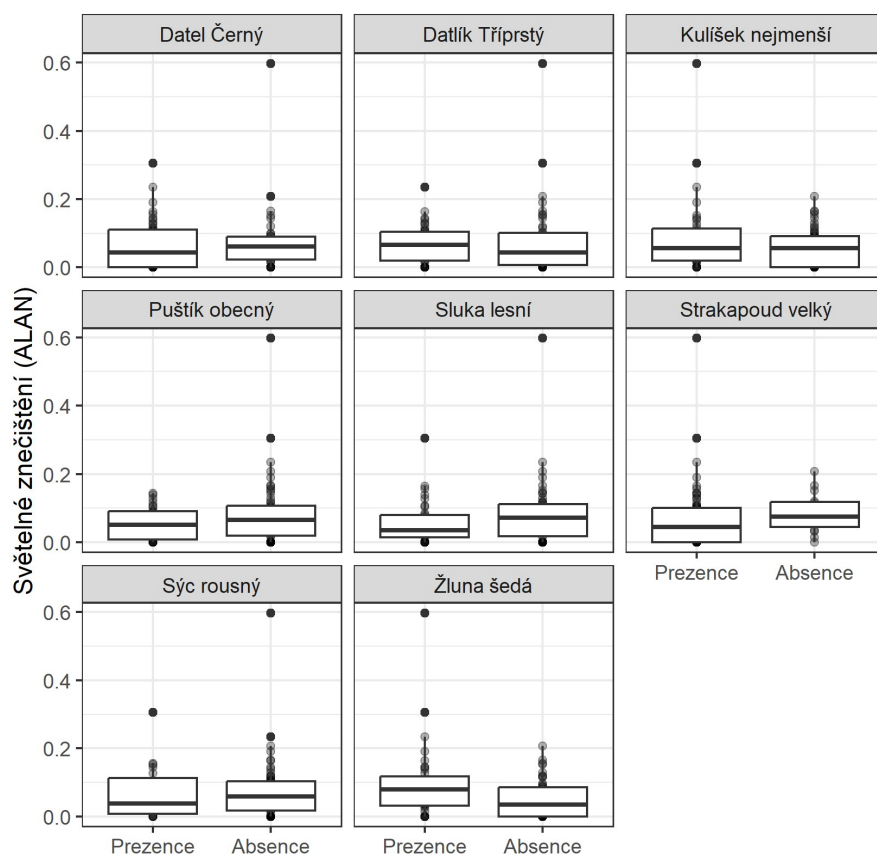
Druh	Obsazené body Novohr. hory (n=81)	Obsazené body Brdy (n=125)	Prezence celkem (n=206)
<i>Scolopax rusticola</i>	33	36	33 %
<i>Aegolius funereus</i>	19	18	18 %
<i>Glaucidium passerinum</i>	34	43	37 %
<i>Strix aluco</i>	27	16	21 %
<i>Dryocopus martius</i>	43	28	34 %
<i>Picoides tridactylus</i>	38	2	19 %
<i>Picus canus</i>	35	13	23 %
<i>Dendrocopos major</i>	66	71	67 %

Další zaznamenané druhy nejsou pro malý počet záznamů dále vyhodnocovány, jde např. o výra velkého (*Bubo bubo*) či strakapouda malého (*Dryobates minor*), což jsou druhy, které se vyskytovali v malých počtech především v okrajových částech obou sledovaných oblastí nebo bekasinu otavní (*Gallinago gallinago*), u které máme jen 9 záznamů v centrální části Brd, v Novohradských horách nebyly sledovány nelesní enklávy atd. K jednotlivým bodům byly staženy hodnoty světelného znečištění z mapových podkladů připravených v rámci tohoto projektu. Souvislost výskytu druhu se světelným znečištěním byla testována pomocí logistické regrese (s logitovou link funkcí), s prezencí/absencí jako vysvětlovanou proměnnou a hodnotami světelného znečištění ALAN jako vysvětlující proměnnou. Významnost regresního koeficientu byla hodnocena pomocí asymptotického Waldova z-testu. Procento variability výskytu druhu vysvětlené světelným znečištěním bylo hodnoceno pomocí Tjurova pseudo- R^2 (Tjur 2009). Zpracování dat proběhlo v programu R (R Core Team 2021). **Výsledky.** Z výsledků uvedených v Tab. 10, Obr. 13 je zřejmé, že jediný druh, pro který byla prokázána souvislost jeho výskytu se světelným znečištěním, je žluna šedá, u níž byly vyšší hodnoty světelného znečištění asociovány s vyšší pravděpodobností výskytu (viz kladný a statisticky významný regresní koeficient v tabulce 9). I u tohoto druhu však světelné znečištění vysvětlilo jen asi 7 % celkové variability výskytu. Těmto výsledkům odpovídají

i krabicové grafy na obrázku 13, kde není vidět žádný výrazný rozdíl mezi hodnotami světelného znečištění v místech absence oproti místům prezence jednotlivých druhů.

Tab. 10 – Regresní koeficienty, jejich střední chyby, významnost a hodnoty pseudo- R^2 logistické regrese závislosti výskytu jednotlivých druhů na světelném znečištění. Statisticky průkazné ($P < 0.05$) hodnoty jsou označeny tučně.

Druh	Regresní koeficient	Střední chyba	P hodnota	Pseudo- R^2 (%)
<i>Picus canus</i>	7.8	3.74	0.0372	6.7
<i>Glaucidium passerinum</i>	4.29	3.08	0.164	2.7
<i>Strix aluco</i>	-5.47	3.96	0.1669	2.6
<i>Scolopax rusticola</i>	-4.16	3.4	0.2217	2.1
<i>Dendrocopos major</i>	-1.94	2.94	0.5086	0.4
<i>Picoides tridactylus</i>	-1.59	2.74	0.5625	0.4
<i>Dryocopus martius</i>	-0.64	2.6	0.8058	0.1
<i>Aegolius funereus</i>	0.31	2.99	0.9174	0.0



Obr. 13 – Výskyt modelových druhů ptáků na sledovaných sčítacích bodech dle hodnot světelného znečištění.

Žluna šedá je však druh poměrně striktně vázaný na porosty starých bučin, které se ve sledovaných oblastech vyskytují ostrůvkovitě v jinak převládajících porostech hospodářských smrčín. Je tedy otázkou, jestli tento slabý efekt není spíše ovlivněn distribucí biotopu studovaného druhu. Na druhou stranu je žluna šedá druhem, který se pravidelně vyskytuje v lidských sídlech, takže min. určitá míra tolerance ke světelnému znečištění se u něho nechá předpokládat.

Zhodnocení. Jako modelové druhy byly vybrány jak druhy, u kterých jsme předpokládali vliv světelného znečištění na jejich distribuci v modelových oblastech, tak druhy, u kterých jsme předpokládali, že zde vliv světelného znečištění spíše nebude, tak aby bylo možné obě skupiny druhů porovnat. To, že se v podstatě u žádného druhu nepodařilo přesvědčivě prokázat vliv světelného znečištění na jejich distribuci ve studovaných oblastech přičítáme zejm. malému rozdílu hodnot světelného znečištění mezi studovanými body. Výběr bodů byl proveden ještě před tím, než byly k dispozici mapy hodnot světelného znečištění, a proto hodnoty světelného znečištění byly dohledávány až zpětně. A i když bylo monitorováno poměrně velké množství bodů (81 v Novohradských horách a 125 v Brdech) nepodařilo se pokrýt dostatečný rozsah úrovně světelného znečištění. Pravděpodobně by proto bylo zapotřebí studovat tyto záležitosti na mnohem větší prostorové škále.

Výběr dalších bodů je však omezen dalšími faktory. Pokud by byly body vyčleněny v širší oblasti, dostáváme se nejen do oblastí s odlišnými hodnotami světelného znečištění, ale i jinou mírou fragmentace biotopů a celkově podstatně větší antropogenní zátěží, kde by bylo obtížné oddělit vliv jednotlivých faktorů. I to je možná důvod, proč studie obdobného charakteru v dostupné literatuře v podstatě chybí a informace o vlivu světelného znečištění tedy pro většinu druhů není možné dohledat.

Při odděleném hodnocení dat z obou oblastí vyšel mírně průkazně vliv světelného znečištění na sluku lesní v Brdech. Byl to v tomto případě jediný druh, kde byl nějaký statisticky průkazný výsledek, i když těsně nad hladinou významnosti. Vzhledem k takto malé průkaznosti a zároveň skutečnosti, že se výsledek v celém vzorku nepotvrdil, jsme ho v této zprávě ani neprezentovali.

3.2. Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu modelových druhů ptáků

Zpěv je jedním z nejnápadnějších projevů v chování ptáků a je jedním z nejdůležitějších způsobů vnitrodruhové komunikace. Posun začátku zpěvu pod vlivem světelného znečištění v urbanizovaných oblastech je poměrně známý a dobře prozkoumaný jev u různých druhů ptáků, zejména v ranních hodinách. Opožděné ukončení zpěvu vlivem světelného znečištění ve večerních hodinách je studováno podstatně méně. Málo je také prozkoumáno, jaký vliv má ALAN na délku zpěvu, tj. zda se brzký začátek zpěvu nějak projeví v celkové délce zpěvu. Velmi málo studií se týká také interakcí s jinými faktory, ať už antropogenního původu, jako

je např. hlukové znečištění, které je s městským prostředím nerozlučně spojeno a jeho vliv na hlasovou aktivitu mnoha druhů ptáků je studován ještě častěji, než vliv znečištění světelného, ale i interakce s vlivy přírodního původu, jako je zejm. počasí. Většina studií zároveň probíhala v poměrně krátkém časovém intervalu max. jednotek týdnů, proto chybí i informace, jak se změny v načasování zpěvu nemění v průběhu hnízdní sezóny.

Cíl. Zjistit, jak se liší načasování a průběh hlasové aktivity modelových druhů ptáků na lokalitách s různě intenzivním světelným znečištěním.

Metodika. Jako modelový druh pro tuto část výzkumu byl vybrán kos černý (*Turdus merula*). Jde o druh, které jsou u nás hojně rozšířené jak v urbanizovaném, tak neurbanizovaném prostředí. Přičemž jde o poměrně hodně synantropizovaný druh, který se v rámci lidských sídel vyskytuje téměř ve všech typech prostředí. Pro výzkum byly využity nahrávky pořízené už v minulosti (v letech 2014 a 2015) a v rámci tohoto projektu byly tyto nahrávky vyhodnoceny. Nahrávky byly pořizovány zejm. v různých částech Prahy a dále pak v Pardubicích a Hradci Králové a v okolí těchto měst. Minimální vzdálenost mezi lokalitami byla 300 m, tak aby se zamezilo dvojímu záznamu stejného jedince.

Nahrávky byly pořizovány od počátku března do konce května vždy v týdenních intervalech, tak aby bylo možné vyhodnotit sezónní změny v hlasové aktivitě sledovaných druhů. Nahrávání probíhalo vždy současně na všech čtyřech typech lokalit pouze za příznivého počasí (bez silného větru a bouřek). V každé lokalitě byl vyhledán zpívající jedinec a do jeho teritoria byl umístěn diktafon. Diktafon byl na lokalitu umístěn v době nejpozději 2 hodiny před západem slunce a sbírán druhý den nejdříve 3 hodiny po východu slunce.

Vzhledem k tomu, že v městském prostředí je velmi složité oddělit vliv jednotlivých faktorů, bylo světelného znečištění sledováno i hlukové znečištění a hodnocen jejich synergický vliv.

Nahrávky byly pořizovány ve čtyřech typech lokalit:

1) Lokality s nočním osvětlením, ale bez hlukového znečištění ($n = 40$) – převážně větší parky o rozloze desítek hektarů. Šlo o lokality převážně v Praze ($50^{\circ}4' N$, $14^{\circ}26' E$, počet obyvatel přes 1 mil.), v menším počtu pro porovnání pak v Pardubicích a Hradci Králové ($50^{\circ}12' N$, $15^{\circ}49' E$, města s počtem obyvatel kolem 100 tis.).

2) Lokality s nočním osvětlením a hlukovým znečištěním ($n = 42$). Menší parky a ostrůvky zeleně v blízkosti rušných ulic v Praze, Pardubicích a v Hradci Králové (rozloha zeleně cca 0,5 - 3 ha).

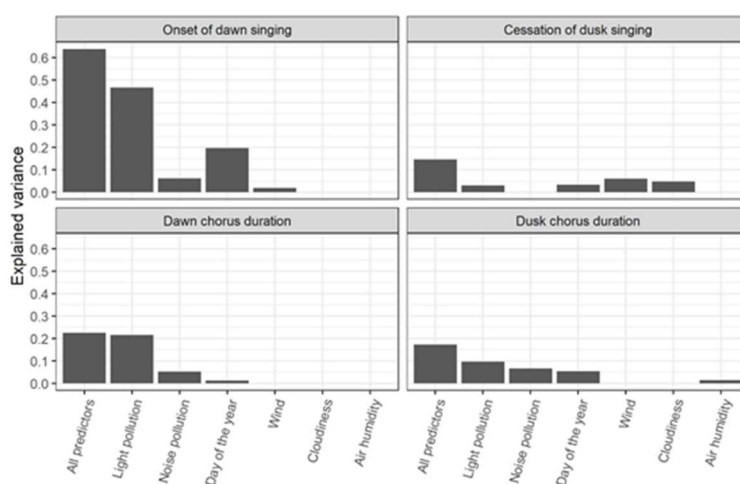
3) Lokality s hlukovým znečištěním a bez umělého osvětlení ($n = 44$). Lesy a ostrovy rozptýlené nelesní zeleně v blízkosti dálnic vzdálené od Prahy cca 20 - 40 km (D1 a D8 a D4).

4) Lokality bez světelného a hlukového znečištění ($n = 47$). Velké lesy mimo hlučné silnice a města (vzdálené od Prahy cca 20 - 40 km) – Kersko, CHKO Český Kras a CHKO Křivoklátsko.

K jednotlivým nahrávacím bodům byly vztaženy hodnoty světelného znečištění z mapových podkladů připravených v rámci tohoto projektu. Dále byly pro všechny nahrávací body zjištěny i charakteristiky hlukového znečištění dle map hlukového znečištění a dále pak charakteristiky počasí v době pořizování nahrávek (dle dat ČHMÚ).

Výsledky.

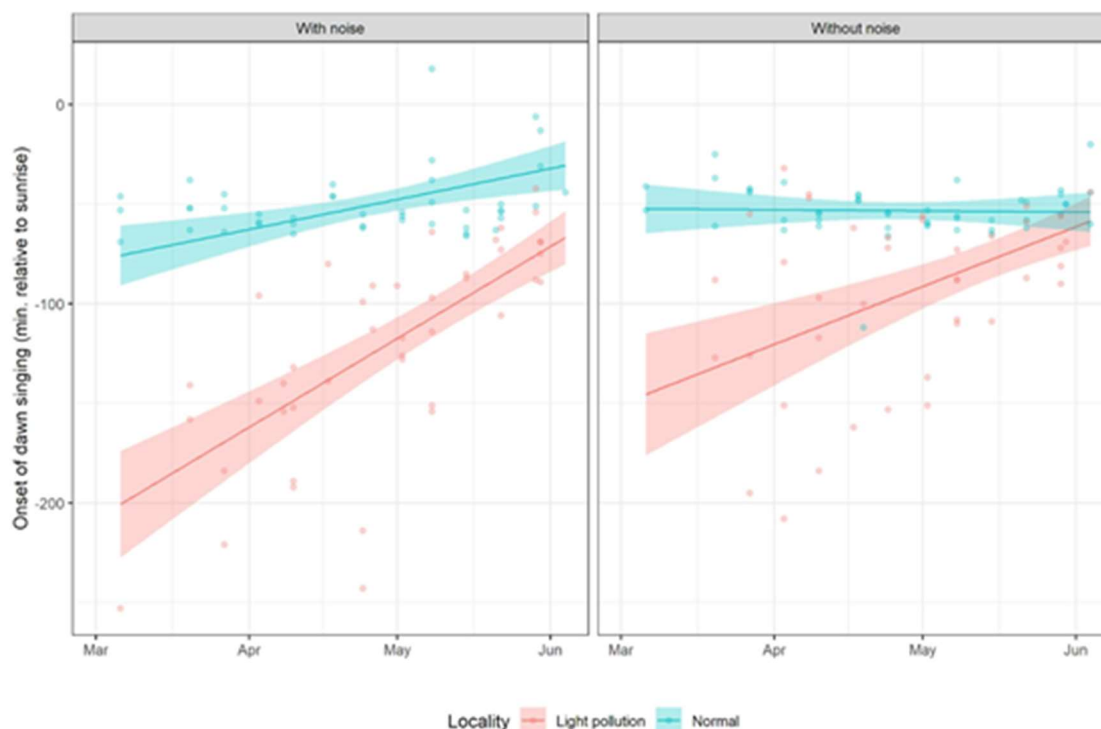
Začátek zpěvu za svítání. Nejdůležitějším prediktorem zahájení zpěvu za svítání byla přítomnost světelného znečištění, vysvětlující 39 % jeho variability (Obr. 14). Jedinci na světle znečištěných místech začali vokalizovat v průměru přibližně o hodinu dříve v porovnání s jedinci vystavenými přirozenému osvětlení, ale rozdíl silně závisel na dnu v roce a lišil se o cca. 2 hodiny na začátku hnízdní sezóny, zatímco na konci hnízdní sezóny nebyl zjištěn skoro žádný rozdíl (Obr. 15). Druhým nejdůležitějším prediktorem byl den v roce, který vysvětloval 20 % variability nástupu ranní vokalizace. Navíc časový posun střední hodnoty zahájení ranního zpěvu mezi světle znečištěnými a neznečištěnými místy byl v průměru o 32 (SE 9,2) minut vyšší na lokalitách s přítomností hlukového znečištění (74 minut oproti 42 minutám na místech bez hlukového znečištění, viz Obr. 15 a výrazná interakce světla s hlukem na Obr. 12). Dále byl také zjištěn slabý pozitivní vztah mezi začátkem zpěvu za úsvitu s rychlostí větru; v průměru začínali ptáci zpívat o 1,6 (SE 0,6) minut později s každým zvýšením rychlosti větru o 1 km/hod.



Obr. 14 – Vysvětlený rozptyl podle modelů (ve sloupcích „Všechny prediktory“) a podle jednotlivých prediktorů. Vysvětlený rozptyl daným prediktorem je mírou jeho důležitosti a byl vypočítán jako rozdíl hodnot mezi modelem s prediktorem a bez něj.

Ukončení zpěvu po západu slunce. Nejšetnější model ukončení zpěvu po západu slunce zahrnoval jako prediktory přítomnost světelného znečištění, den v roce, oblačnost a rychlost větru, z nichž den v roce nebyl statisticky významný. Z hlediska R^2 byl tento model nejslabší, vysvětloval pouze 15 % načasování zpěvu za soumraku (Obr. 14). Jedinci na lokalitách s přítomností světelného znečištění končili s vokalizací o 6 minut později než jedinci na lokalitách bez umělého osvětlení. Když bylo polojasno, jedinci přestali zpívat o 8 minut dříve než za jasného počasí, a když bylo zataženo o 6 minut dříve. Nakonec, průměrná doba ukončení zpěvu za soumraku byla cca o 1 (SE 0,3) minutu dříve, s nárůstem rychlosti větru o 1 km/hod.

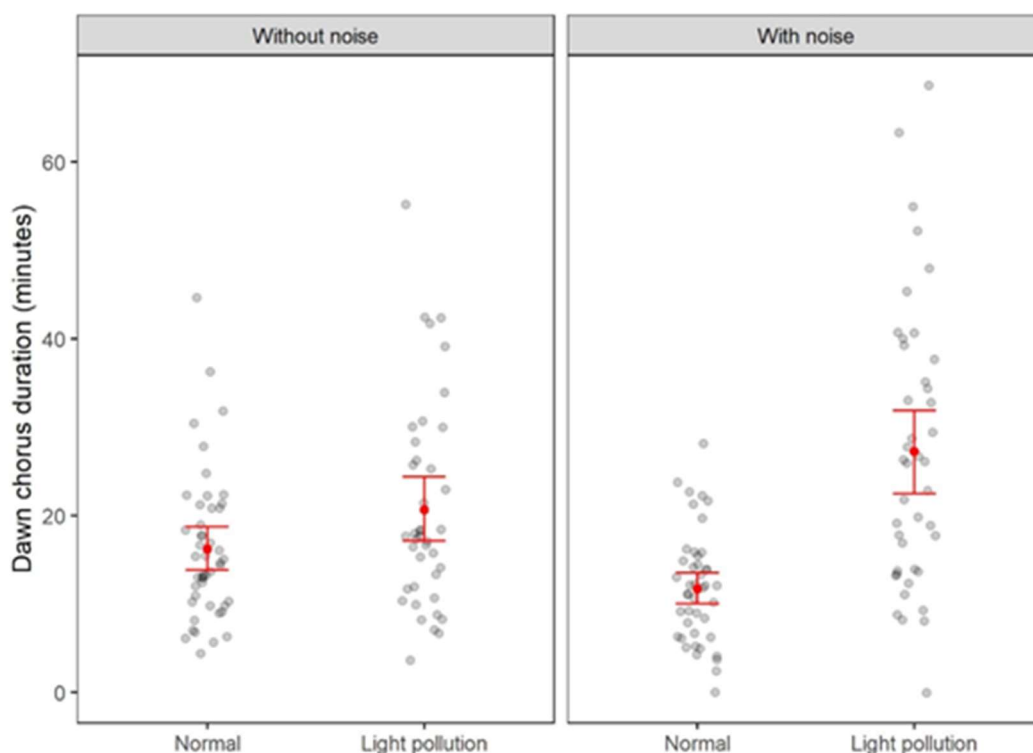
Celková délka zpěvu za svítání. Bylo zjištěno, že délka ranní vokalizace kosa je ovlivněna jak přítomností světelného znečištění, tak i hlukem z dopravy a interakcí těchto dvou faktorů. Z celkových 23 % vysvětleného rozptylu bylo světelné znečištění zodpovědné za 22 % (Obr. 12). Kosi zpívali v průměru přibližně o 7 (SE 2.2) minut déle na lokalitách s přítomností umělého osvětlení a tento rozdíl byl větší na hlučných lokalitách (12,7 minuty) ve srovnání s místy bez přítomnosti hlukového znečištění (3,0 minuty; viz Obr. 14). Ačkoli den v roce byl zahrnut do nejšetnějšího modelu, nebyl významný.



Obr. 15 – Vliv světelného znečištění, hlukového znečištění a dne v roce na zahájení ranního zpěvu kosa černého. Datové body jsou zobrazeny jako tečky. Čáry a stínované oblasti představují modelové předpovědi a 95% Waldova pásma spolehlivosti na základě 2000 bootstrap vzorků. (Předpovědi byly počítány pro průměrnou rychlost větru.)

Celková délka zpěvu za soumraku. Byl prokázán statisticky významný vliv světelného znečištění, hluku z dopravy a dne v roce na celkovou délku zpěvu za soumraku. Významný byl den v roce i jeho interakce se světelným znečištěním. Na lokalitách s výskytem hluku z dopravy i umělého osvětlení se celková délka zpěvu za soumraku prodlužovala po celou sledovanou sezónu přibližně o 2 minuty za měsíc (Obr. 17). Lokality s přítomností hlukové zátěže, ale bez umělého osvětlení, vykazovaly opačný trend s klesající celkovou délkou zpěvu za soumraku po celou sledovanou sezónu o cca 2 minuty za měsíc. Na lokalitách bez přítomnosti hlukového i světelného znečištění se v průběhu sledované sezóny celková délka zpěvu za soumraku mírně zkracovala o cca 1 minutu za měsíc. Na lokalitách bez dopravního hluku, ale s výskytem světelného znečištění, vykazovala celková délka zpěvu za soumraku rostoucí trend o cca 1 minutu za měsíc. Takže můžeme říci, že přítomnost světelného znečištění má u kosa vliv na prodloužení celkové délky zpěvu za soumraku. Přítomnost pouze hluku z dopravy způsobuje zkrácení celkové délky zpěvu za soumraku.

Obr. 16 – Vliv světelného znečištění a hluku z dopravy na načasování ranní vokalizace kosa. Datové body jsou zobrazeny šedě. Červené body a vousy představují modelové předpovědi a 95% kvantilové intervaly spolehlivosti na základě 2000 bootstrap vzorků.



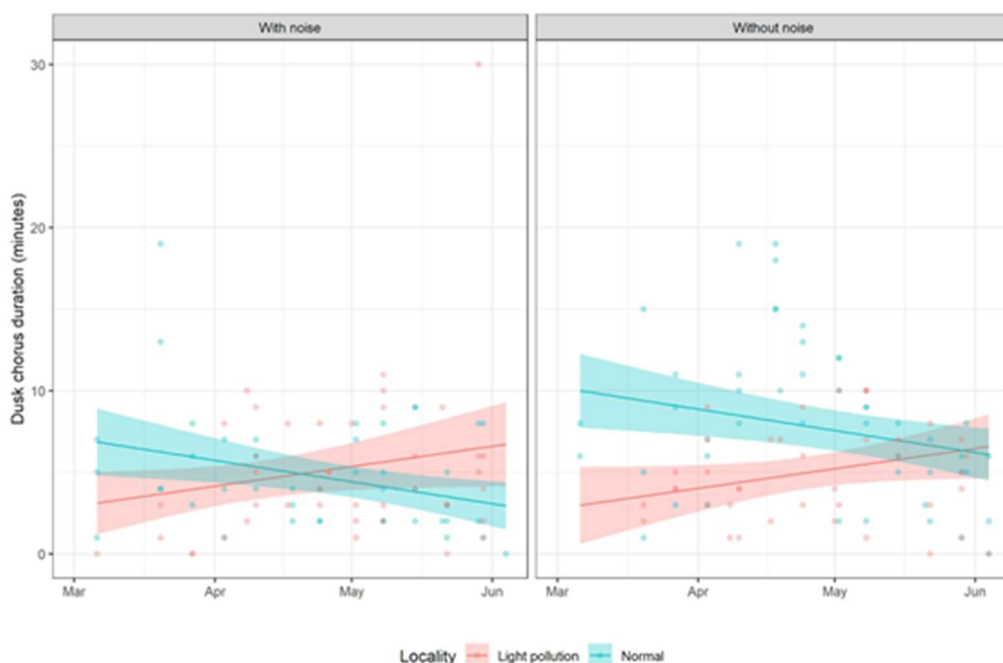
Souhrn

Byl sledován vliv antropogenních a environmentálních faktorů na průběh ranní a večerní hlasové aktivity kosa černého. Výsledky poukazují na významný vliv umělého osvětlení na

zpěv tohoto druhu, zejména před východem slunce. Naopak se nepotvrdilo, že by u tohoto druhu dopravní hluk ovlivňoval načasování zpěvu za svítání a soumraku. Hluk však byl významným faktorem ovlivňujícím celkovou délku zpěvu za soumraku. Posuzovali jsme také vliv faktorů počasí na hlasovou aktivitu kosa, ten byl však méně výrazný, až na vliv větru: při silném větru začali jedinci na sledovaných lokalitách zpívat později.

Bylo zjištěno, že kosi obývající lokality s vlivem umělého osvětlení začali zpívat přibližně o hodinu dříve ve srovnání s jedinci vystavenými přirozenému světlu, a také vykazovali mnohem větší rozptyl v zahájení ranní vokalizace v průběhu sledovaného období. Kos může být silněji ovlivněn světelným znečištěním, protože tento druh je raným pěvcem, který je citlivější na světlo než pozdní pěvci (Thomas & Cuthill, 2002; McNeil et al., 2005), a proto může silněji reagovat na měnící se intenzity světla i při nízké úrovni osvětlení. Našli jsme také významný pozitivní vztah mezi začátkem zpěvu za svítání a rychlostí větru; jedinci začínali zpívat později se zvyšující se rychlostí větru. Jedinci na lokalitách se světelným znečištěním končili s hlasovou aktivitou za soumraku později než jedinci na lokalitách bez světelného znečištění. Při polojasné a při zatažené obloze končili kosi s hlasovou aktivitou dříve, než když bylo jasno. V průměru jedinci také přestávali vokalizovat dříve s rostoucí rychlostí větru.

Obr. 17 – Vliv světelného znečištění, hluku z dopravy a dne v roce na trvání celkové délky zpěvu za soumraku u kosa. Datové body jsou zobrazeny jako tečky. Čáry a stínované oblasti představují modelové předpovědi a 95% Waldova pásma spolehlivosti na základě 2000 bootstrap vzorků. Model je počítán pro průměrnou vlhkost vzduchu.



Co se týče celkové délky zpěvu kosa za svítání, zjistili jsme, že je ovlivněna jak přítomností světelného znečištění, tak i hlukové zátěže a jejich vzájemnou interakcí. V průměru samci kosa černého zpívali déle na lokalitách s přítomností umělého osvětlení a tento rozdíl byl větší na lokalitách s přítomností antropogenního hluku ve srovnání s lokalitami bez přítomnosti hlukového znečištění. Celková délka zpěvu kosa za soumraku na lokalitách s rušivými antropogenními faktory byla podobná jako na lokalitách bez těchto rušivých vlivů.

Čeľad' / Spektrum	360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	Celkem
Alucitidae	9	9		3			21
Argyresthiidae	187	9		8		2	206
Autostichidae	15	9	3	1	1		29
Batrachedridae	5	1					6
Blastobasidae	95	24	1	1			121
Bucculatricidae	2	1	1	1			5
Coleophoridae	52	13	2	6	3	4	80
Cosmopterigidae	3	1			1		5
Cossidae		1					1
Crambidae	728	316	36	57	9	8	1154
Drepanidae	14	6					20
Elachistidae	112	43	3	5	3	1	167
Erebidae	151	67	4	6			228
Eriocraniidae	1	1					2
Gelechiidae	239	71	11	14	8	2	345
Geometridae	839	286	32	45	1	4	1207
Glyphipterigidae			1				1
Gracillariidae	20	25	2	5		1	53
Hepialidae	8	6	1	4			19
Chimabachidae	1						1
Lasiocampidae	15	2	2				19
Limacodidae		1					1
Lycaenidae		1	1				2
Lyonetiidae	2	2					4
Lypusidae	10						10
Nepticulidae	28	14	3	5	3	4	57
Noctuidae	575	60	6	19	2	2	664
Nolidae	11	1	1				13
Notodontidae	29	17	3	2			51
Nymphalidae	1						1
Oecophoridae	106	17	3	1	3	1	131
Plutellidae	94	14		2			110
Psychidae	2						2
Pterophoridae	10	21		3	1		35
Pyalidae	411	118	19	15	10	9	582
Sphingidae	4	1					5
Stathmopodidae	3						3
Tineidae	57	13	2	2			74
Tischeriidae	11	18					29
Tortricidae	411	94	12	31	3	6	557
Yponomeutidae	131	22		5		1	159
Ypsolophidae	4				1		5
Celkový součet	4396	1305	149	241	49	45	6185

Příloha 1 – Celkové počty jedinců motýlů (Lepidoptera) odchycených do světelných lapačů s definovaným spektrálním složením. Spektra udávají spektrální rozhraní (v nm) vyzařovaného světla lapače.

Čeleď / Spektrum	360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	Celkem
Aderidae	2	2	1				5
Anthicidae	2		1	1			4
Brentidae			1		2		3
Byturidae			1				1
Cantharidae	153	160	22	9	2	2	348
Carabidae	109	44	9	13	1	3	179
Cerambycidae	12	5		2		1	20
Ciidae	1	1					2
Clambidae			1		1		2
Coccinellidae	58	25	7	8	1	1	100
Cryptophagidae	13	2	1	1	3		20
Curculionidae	37	34	16	22	7	7	123
Dytiscidae	1						1
Elateridae	37	15	6	6	3	2	69
Geotrupidae		1					1
Haliplidae		1					1
Heteroceridae	1			1			2
Hydrophilidae	11	3				1	15
Chrysomelidae	29	12	13	10	6	5	75
Lampyridae	1		1	3	28	80	113
Latridiidae	29	31	13	4	1	4	82
Leiodidae	4	1	1	1	1		8
Lycidae		1					1
Melandryidae		2					2
Melyridae	4	3	2	1			10
Mordellidae	4	1	3	1	1		10
Mycetophagidae	2	1	1		1		5
Nitidulidae	7	7	1	3	2		20
Oedemeridae		1	1				2
Ptinidae	5	4	2	6	4	4	25
Salpingidae	1		1	1		1	4
Scarabaeidae	6		2	1			9
Scirtidae	3	1					4
Scaptiidae	2	1	1				4
Silphidae	1	3					4
Staphylinidae	42	21	14	9	2	3	91
Tenebrionidae	22	16	4	8	1		51
Tetratomidae	2						2
Throscidae	54	64	6	6			130
Zopheridae	1		1	1			3
Celkem	656	463	133	118	67	114	1551

Příloha 2 – Celkové počty jedinců brouků (Coleoptera) odchycených do světelných lapačů s definovaným spektrálním složením. Spektra udávají spektrální rozhraní (v nm) vyzářovaného světla lapače.

Příloha 3 – Seznam druhů velkých nočních motýlů (Lepidoptera) odchycených během terénního průzkumu v roce 2023 na pěti lokalitách do světelných lapačů s definovaným spektrálním rozhraním vyzařovaného světla. Druhy jsou v rámci čeledí řazené v abecedním pořadí. RL – zařazení druhu do aktuálního Červeného seznamu bezobratlých ČR (Hejda a kol. 2017); CR – kriticky ohrožený druh, VU – zranitelný, NT – téměř ohrožený. Spektrum – spektrální rozsah světla (v nm) vyzařovaného ze světelného lapače.

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Cossidae	Cossus cossus (Linnaeus, 1758)			1					1
Drepanidae	Falcaria lacertinaria (Linnaeus, 1758)	NT	1						1
Drepanidae	Habrosyne pyritoides (Hufnagel, 1766)		2	1					3
Drepanidae	Tethea or (Denis & Schiffermüller, 1775)		4	1					5
Drepanidae	Thyatira batis (Linnaeus, 1758)		1	2					3
Drepanidae	Watsonalla cultraria (Fabricius, 1775)		6	2					8
Erebidae	Atolmis rubricollis (Linnaeus, 1758)				1				1
Erebidae	Calliteara pudibunda (Linnaeus, 1758)		9	3	1				13
Erebidae	Colobochyla salicalis (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	1					2
Erebidae	Diacrisia sannio (Linnaeus, 1758)		1						1
Erebidae	Dysauxes ancilla (Linnaeus, 1767)	NT	1						1
Erebidae	Dysgonia algira (Linnaeus, 1767)		1						1
Erebidae	Eilema complana (Linnaeus, 1758)		11	3		1			15
Erebidae	Eilema depressa (Esper, 1787)		18	4					22
Erebidae	Eilema lurideola (Zincken, 1817)		4	4					8
Erebidae	Eilema lutarella (Linnaeus, 1758)		1	2					3
Erebidae	Eilema pygmaeola (Doubleday, 1847)	VU	11	2					13
Erebidae	Eilema pygmaeola (Doubleday, 1847)					2			2
Erebidae	Euplagia quadripunctaria (Poda, 1761)		1						1
Erebidae	Herminia tarsicrinalis (Knoch, 1782)		2						2
Erebidae	Herminia tarsipennalis Treitschke, 1835		2						2
Erebidae	Hypena proboscidalis (Linnaeus, 1758)		2	4	1				7
Erebidae	Laspeyria flexula (Denis & Schiffermüller, 1775)		6	2		1			9
Erebidae	Lygephila craccae (Denis & Schiffermüller, 1775)		4						4
Erebidae	Lymantria dispar (Linnaeus, 1758)		9	1					10
Erebidae	Lymantria monacha (Linnaeus, 1758)		5	2					7
Erebidae	Miltochrista miniata (Forster, 1771)		3	1	1				5
Erebidae	Nudaria mundana (Linnaeus, 1761)		5	4					9
Erebidae	Paidia rica (Freyer, 1858)	CR	18	13		1			32
Erebidae	Paracolax tristalis (Fabricius, 1794)		23	11					34
Erebidae	Parascotia fuliginaria (Linnaeus, 1761)			1					1
Erebidae	Phragmatobia fuliginosa (Linnaeus, 1758)		2						2
Erebidae	Rivula sericealis (Scopoli, 1763)		6	6					12
Erebidae	Scoliopteryx libatrix (Linnaeus, 1758)		1						1
Erebidae	Spilosoma lubricipeda (Linnaeus, 1758)		1	2		1			4
Erebidae	Spilosoma lutea (Hufnagel, 1766)		2						2
Erebidae	Trisateles emortualis (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	1					2
Geometridae	Aethalura punctulata (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Geometridae	Agriopis aurantiaria (Hübner, 1799)		15	10	2				27

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Geometridae	Agriopis bajaran (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Geometridae	Agriopis marginaria (Fabricius, 1776)		4	3					7
Geometridae	Alcis repandata (Linnaeus, 1758)		22	2					24
Geometridae	Aleucis distinctata (Herrich-Schäffer, 1839)		1						1
Geometridae	Alsophila aceraria (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	5		1			7
Geometridae	Alsophila aescularia (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Geometridae	Angerona prunaria (Linnaeus, 1758)		7	1	1				9
Geometridae	Anticlea derivata (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	1					2
Geometridae	Aplocera plagiata (Linnaeus, 1758)		14	1		1			16
Geometridae	Biston betularia (Linnaeus, 1758)		5						5
Geometridae	Biston strataria (Hufnagel, 1767)		1						1
Geometridae	Bupalus piniaria (Linnaeus, 1758)		7	7					14
Geometridae	Cabera exanthemata (Scopoli, 1763)		3		1				4
Geometridae	Cabera pusaria (Linnaeus, 1758)		12	1				1	14
Geometridae	Campaea margaritaria (Linnaeus, 1761)		9	1					10
Geometridae	Camptogramma bilineata (Linnaeus, 1758)		68	12					80
Geometridae	Catarhoe cuculata (Hufnagel, 1767)		2						2
Geometridae	Cepphis advenaria (Hübner, 1790)		1	1		2			4
Geometridae	Cidaria fulvata (Forster, 1771)		10	12	1	3			26
Geometridae	Colostygia pectinataria (Knoch, 1781)		3						3
Geometridae	Colotois pennaria (Linnaeus, 1761)		41	16					57
Geometridae	Cosmorhoe ocellata (Linnaeus, 1758)		10	2					12
Geometridae	Crocallis elinguaris (Linnaeus, 1758)		2						2
Geometridae	Cyclophora albipunctata (Hufnagel, 1767)			1					1
Geometridae	Cyclophora linearia (Hübner, 1799)		3						3
Geometridae	Cyclophora punctaria (Linnaeus, 1758)		1						1
Geometridae	Earophila badiata (Denis & Schiffermüller, 1775)		6	3					9
Geometridae	Ecliptopera silaceata (Denis & Schiffermüller, 1775)		5	1					6
Geometridae	Ematurga atomaria (Linnaeus, 1758)		4						4
Geometridae	Ennomos erosaria (Denis & Schiffermüller, 1775)		3						3
Geometridae	Ennomos quercinaria (Hufnagel, 1767)			1					1
Geometridae	Epione repandaria (Hufnagel, 1767)		1	1	1				3
Geometridae	Epirrhoe alternata (Müller, 1764)		15						15
Geometridae	Epirrhoe galiata (Denis & Schiffermüller, 1775)		26	2	1	1			30
Geometridae	Epirrita autumnata (Borkhausen, 1794)		4	1	1				6
Geometridae	Epirrita dilutata (Denis & Schiffermüller, 1775)		26	5		3			34
Geometridae	Epirrita christyi (Allen, 1906)		2						2
Geometridae	Erannis defoliaria (Clerck, 1759)		35	56	6	2			99
Geometridae	Eulithis populata (Linnaeus, 1758)		6	2		1			9
Geometridae	Euphyia unangulata (Haworth, 1809)		3	1					4
Geometridae	Eupithecia abbreviata Stephens, 1831		1						1
Geometridae	Eupithecia centaureata (Denis & Schiffermüller, 1775)		5						5
Geometridae	Eupithecia denotata (Hübner, 1813)		1						1
Geometridae	Eupithecia distinctaria Herrich-Schäffer, 1848		2	1					3
Geometridae	Eupithecia icterata (Villers, 1789)		2						2
Geometridae	Eupithecia impurata (Hübner, 1813)				1				1

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Geometridae	Eupithecia intricata (Zetterstedt, 1839)		1						1
Geometridae	Eupithecia lanceata (Hübner, 1825)			1					1
Geometridae	Eupithecia subfuscata (Haworth, 1809)		1						1
Geometridae	Eupithecia tantillaria Boisduval, 1840		2						2
Geometridae	Eupithecia tripunctaria Herrich-Schäffer, 1852		2						2
Geometridae	Eupithecia virgaureata Doubleday, 1861		5	1					6
Geometridae	Gnophos furvata (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Geometridae	Hemithea aestivaria (Hübner, 1789)		2						2
Geometridae	Hydria undulata (Linnaeus, 1758)							1	1
Geometridae	Hydriomena furcata (Thunberg, 1784)		2						2
Geometridae	Hypomecis punctinalis (Scopoli, 1763)		5	5	1				11
Geometridae	Hypomecis roboraria (Denis & Schiffermüller, 1775)		4	4	4	5			17
Geometridae	Charissa ambiguata (Duponchel, 1830)		2	3					5
Geometridae	Charissa obscurata (Denis & Schiffermüller, 1775)		20	3					23
Geometridae	Charissa pullata (Denis & Schiffermüller, 1775)		9	5					14
Geometridae	Chesias legatella (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	1					2
Geometridae	Chiasmia clathrata (Linnaeus, 1758)		15	6		3		1	25
Geometridae	Chloroclysta siterata (Hufnagel, 1767)		8	1					9
Geometridae	Chloroclystis v-ata (Haworth, 1809)		3						3
Geometridae	Idaea aversata (Linnaeus, 1758)		23	5					28
Geometridae	Idaea biselata (Hufnagel, 1767)		1	1					2
Geometridae	Idaea degeneraria (Hübner, 1799)		2						2
Geometridae	Idaea deversaria (Herrich-Schäffer, 1847)		2	1					3
Geometridae	Idaea dimidiata (Hufnagel, 1767)		7	7	1	1			16
Geometridae	Idaea emarginata (Linnaeus, 1758)			2					2
Geometridae	Idaea fuscovenosa (Goeze, 1781)		2						2
Geometridae	Idaea humiliata (Hufnagel, 1767)		2						2
Geometridae	Idaea moniliata (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	1					3
Geometridae	Idaea muricata (Hufnagel, 1767)		1						1
Geometridae	Idaea ochrata (Scopoli, 1763)		1	2					3
Geometridae	Idaea rufaria (Hübner, 1799)			1					1
Geometridae	Idaea rusticata (Denis & Schiffermüller, 1775)		3						3
Geometridae	Idaea straminata (Borkhausen, 1794)		7						7
Geometridae	Jodis putata (Linnaeus, 1758)			1					1
Geometridae	Lampropteryx suffumata (Denis & Schiffermüller, 1775)			1					1
Geometridae	Ligdia adustata (Denis & Schiffermüller, 1775)		7						7
Geometridae	Lobophora halterata (Hufnagel, 1767)			1					1
Geometridae	Lomaspilis marginata (Linnaeus, 1758)			2					2
Geometridae	Lycia hirtaria (Clerck, 1759)		1	1					2
Geometridae	Macaria alternata (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	1					2
Geometridae	Macaria brunneata (Thunberg, 1784)		5	5	1	1			12
Geometridae	Macaria liturata (Clerck, 1759)		7	1					8
Geometridae	Macaria notata (Linnaeus, 1758)		1	1					2
Geometridae	Macaria signaria (Hübner, 1809)		1	1					2
Geometridae	Macaria wauaria (Linnaeus, 1758)		1						1
Geometridae	Melanthia procellata (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Geometridae	Odontopera bidentata (Clerck, 1759)		1	3					4
Geometridae	Operophtera brumata (Linnaeus, 1758)		9	11	3	7		1	31
Geometridae	Operophtera fagata (Scharfenberg, 1805)		2			1	1		4
Geometridae	Parectropis similaria (Hufnagel, 1767)		4	1					5
Geometridae	Pasiphila rectangulata (Linnaeus, 1758)		8	3					11
Geometridae	Pennithera firmata (Hübner, 1822)		5						5
Geometridae	Peribatodes rhomboidaria (Denis & Schiffermüller, 1775)		48	5		1			54
Geometridae	Peribatodes secundaria (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Geometridae	Perizoma alchemillata (Linnaeus, 1758)		138	18	2	2			160
Geometridae	Perizoma hydrata (Treitschke, 1829)		1						1
Geometridae	Petrophora chlorosata (Scopoli, 1763)		2						2
Geometridae	Philereme transversata (Hufnagel, 1767)		1			1			2
Geometridae	Rhodostrophia vibicaria (Clerck, 1759)		6	2					8
Geometridae	Scopula immorata (Linnaeus, 1758)		8	5	2	6			21
Geometridae	Scopula immutata (Linnaeus, 1758)		2	2					4
Geometridae	Scopula marginepunctata (Goeze, 1781)		8	6					14
Geometridae	Scopula nigropunctata (Hufnagel, 1767)		2	1	1				4
Geometridae	Scopula ornata (Scopoli, 1763)		1						1
Geometridae	Scopula rubiginata (Hufnagel, 1767)					1			1
Geometridae	Scotopteryx bipunctaria (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Geometridae	Scotopteryx chenopodiata (Linnaeus, 1758)		11	6					17
Geometridae	Scotopteryx moeniata (Scopoli, 1763)		1						1
Geometridae	Selenia dentaria (Fabricius, 1775)		1						1
Geometridae	Selenia tetralunaria (Hufnagel, 1767)		1						1
Geometridae	Siona lineata (Scopoli, 1763)		2						2
Geometridae	Thera juniperata (Linnaeus, 1758)				1				1
Geometridae	Thera obeliscata (Hübner, 1787)		3	1					4
Geometridae	Thera variata (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Geometridae	Timandra comae (Schmidt, 1931)		3	2	1				6
Geometridae	Trichopteryx carpinata (Borkhausen, 1794)		1	1					2
Geometridae	Triphosa dubitata (Linnaeus, 1758)		1						1
Geometridae	Xanthorhoe ferrugata (Clerck, 1759)		5						5
Geometridae	Xanthorhoe fluctuata (Linnaeus, 1758)		2	1					3
Geometridae	Xanthorhoe quadrifasiata (Clerck, 1759)		1	1		2			4
Geometridae	Xanthorhoe spadicearia (Denis & Schiffermüller, 1775)		1	2					3
Hepialidae	Triodia sylvina (Linnaeus, 1761)		8	6	1	4			19
Lasiocampidae	Cosmotriche lobulina (Denis & Schiffermüller, 1775)	VU			1				1
Lasiocampidae	Dendrolimus pini (Linnaeus, 1758)		6						6
Lasiocampidae	Euthrix potatoria (Linnaeus, 1758)		2	2					4
Lasiocampidae	Poecilocampa populi (Linnaeus, 1758)		6						6
Lasiocampidae	Trichiura crataegi (Linnaeus, 1758)	NT	1		1				2
Limacodidae	Apoda limacodes (Hufnagel, 1766)			1					1
Noctuidae	Abrostola triplasia (Linnaeus, 1758)		1						1
Noctuidae	Acronicta rumicis (Linnaeus, 1758)		2						2
Noctuidae	Agrochola laevis (Hübner, 1803)		2			1			3
Noctuidae	Agrochola lota (Clerck, 1759)		1						1

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Noctuidae	Agrochola macilenta (Hübner, 1809)		2						2
Noctuidae	Agrotis exclamationis (Linnaeus, 1758)		11						11
Noctuidae	Agrotis segetum (Denis & Schiffermüller, 1775)		6					1	7
Noctuidae	Allophyes oxyacanthae (Linnaeus, 1758)		10	2		2			14
Noctuidae	Amphipoea oculea (Linnaeus, 1761)		1						1
Noctuidae	Amphipyra berbera Rungs, 1949		11						11
Noctuidae	Amphipyra tragopoginis (Clerck, 1759)		3						3
Noctuidae	Anarta trifolii (Hufnagel, 1766)		6	1					7
Noctuidae	Anorthoa munda (Denis & Schiffermüller, 1775)		4	1					5
Noctuidae	Apamea crenata (Hufnagel, 1766)		1						1
Noctuidae	Apamea monoglypha (Hufnagel, 1766)		5						5
Noctuidae	Apamea remissa (Hübner, 1809)		2					1	3
Noctuidae	Apamea scolopacina (Esper, 1788)		1						1
Noctuidae	Apamea sordens (Hufnagel, 1766)		1						1
Noctuidae	Apamea sublustris (Esper, 1788)			1					1
Noctuidae	Asteroscopus sphinx (Hufnagel, 1766)		12	4	1				17
Noctuidae	Autographa gamma (Linnaeus, 1758)		7	1		1			9
Noctuidae	Axylia putris (Linnaeus, 1761)		1						1
Noctuidae	Bryophila domestica (Hufnagel, 1766)		11	4		1			16
Noctuidae	Calamia tridens (Hufnagel, 1766)		2						2
Noctuidae	Caradrina clavipalpis (Scopoli, 1763)		2						2
Noctuidae	Cerapteryx graminis (Linnaeus, 1758)			1			1		2
Noctuidae	Colocasia coryli (Linnaeus, 1758)		1						1
Noctuidae	Conistra erythrocephala (Denis & Schiffermüller, 1775)		3	1					4
Noctuidae	Conistra rubiginea (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Noctuidae	Conistra vaccinii (Linnaeus, 1761)		14	4	2	2			22
Noctuidae	Cosmia affinis (Linnaeus, 1767)		1						1
Noctuidae	Cosmia pyralina (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Noctuidae	Cosmia trapezina (Linnaeus, 1758)		18	1					19
Noctuidae	Craniophora ligustri (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Noctuidae	Cryphia algae (Fabricius, 1775)		9						9
Noctuidae	Cryphia fraudatricula (Hübner, 1803)			1					1
Noctuidae	Deltote bankiana (Fabricius, 1775)		3						3
Noctuidae	Deltote deceptor (Scopoli, 1763)		7	5		4			16
Noctuidae	Deltote pygarga (Hufnagel, 1766)		14	2					16
Noctuidae	Diachrysia chrysis (Linnaeus, 1758)		1						1
Noctuidae	Diarsia brunnea (Denis & Schiffermüller, 1775)			1					1
Noctuidae	Diarsia mendica (Fabricius, 1775)					1			1
Noctuidae	Diloba caeruleocephala (Linnaeus, 1758)		2	2					4
Noctuidae	Dypterygia scabriuscula (Linnaeus, 1758)		1						1
Noctuidae	Elaphria venustula (Hübner, 1790)		1	1	1				3
Noctuidae	Epilecta linogrisea (Denis & Schiffermüller, 1775)		4						4
Noctuidae	Eucarta virgo (Treitschke, 1835)		1						1
Noctuidae	Eupsilia transversa (Hufnagel, 1766)		5	2					7
Noctuidae	Euxoa tritici (Linnaeus, 1761)		1						1
Noctuidae	Griposia aprilina (Linnaeus, 1758)		1						1

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Noctuidae	Hadena perplexa (Denis & Schiffermüller, 1775)					1			1
Noctuidae	Heliothis virescens (Hufnagel, 1766)		1						1
Noctuidae	Hoplodrina ambigua (Denis & Schiffermüller, 1775)		12						12
Noctuidae	Hoplodrina blanda (Denis & Schiffermüller, 1775)		10						10
Noctuidae	Hoplodrina octogenaria (Goeze, 1781)		19						19
Noctuidae	Hoplodrina respersa (Denis & Schiffermüller, 1775)		13	1					14
Noctuidae	Charanyca trigrammica (Hufnagel, 1766)		7						7
Noctuidae	Chersotis multangula (Hübner, 1803)		1						1
Noctuidae	Lacanobia oleracea (Linnaeus, 1758)		1						1
Noctuidae	Lacanobia thalassina (Hufnagel, 1766)		1						1
Noctuidae	Lithophane ornitopus (Hufnagel, 1766)		3						3
Noctuidae	Luperina testacea (Denis & Schiffermüller, 1775)		13	1					14
Noctuidae	Macdunnoughia confusa (Stephens, 1850)		1						1
Noctuidae	Mamestra brassicae (Linnaeus, 1758)		2						2
Noctuidae	Mesapamea secalis (Linnaeus, 1758)		5						5
Noctuidae	Mesoligia furuncula (Denis & Schiffermüller, 1775)		4						4
Noctuidae	Mniotype satura (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Noctuidae	Mythimna albipuncta (Denis & Schiffermüller, 1775)		6						6
Noctuidae	Mythimna conigera (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Noctuidae	Mythimna ferrago (Fabricius, 1787)		6						6
Noctuidae	Mythimna impura (Hübner, 1808)		4						4
Noctuidae	Mythimna l-album (Linnaeus, 1767)		1						1
Noctuidae	Mythimna pallens (Linnaeus, 1758)		4						4
Noctuidae	Mythimna sicula (Treitschke, 1835)		3						3
Noctuidae	Noctua comes (Hübner, 1813)		6						6
Noctuidae	Noctua fimbriata (Schreber, 1759)		3						3
Noctuidae	Noctua interjecta Hübner, 1803		2						2
Noctuidae	Noctua interposita (Hübner, 1790)		1						1
Noctuidae	Noctua janthina Denis & Schiffermüller, 1775		9						9
Noctuidae	Noctua pronuba (Linnaeus, 1758)		47	1					48
Noctuidae	Ochropleura plecta (Linnaeus, 1761)		2						2
Noctuidae	Oligia latruncula (Denis & Schiffermüller, 1775)		7						7
Noctuidae	Oligia strigilis (Linnaeus, 1758)		4	1					5
Noctuidae	Orthosia cerasi (Fabricius, 1775)		13	4					17
Noctuidae	Orthosia cruda (Denis & Schiffermüller, 1775)		40	8	1	1			50
Noctuidae	Orthosia gothica (Linnaeus, 1758)		18						18
Noctuidae	Orthosia incerta (Hufnagel, 1766)		11						11
Noctuidae	Orthosia populeti (Fabricius, 1781)		1						1
Noctuidae	Pachetra sagittigera (Hufnagel, 1766)			1					1
Noctuidae	Panolis flammea (Denis & Schiffermüller, 1775)		2	1					3
Noctuidae	Photodes fluxa (Hübner, 1809)		2	1		1			4
Noctuidae	Pseudeustrotia candidula (Denis & Schiffermüller, 1775)				1				1
Noctuidae	Rusina ferruginea (Esper, 1785)		6	1		1			8
Noctuidae	Sideridis rivularis (Fabricius, 1775)			1					1
Noctuidae	Thalpophila matura (Hufnagel, 1766)		5						5
Noctuidae	Tholera cespitis (Denis & Schiffermüller, 1775)		23	2		2	1		28

Čeleď	Druh	RL	Spektrum						Celkem
			360-410	410-460	460-510	510-560	560-610	610-660	
Noctuidae	Tiliacea aurago (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Noctuidae	Trachea atriplicis (Linnaeus, 1758)		2	1					3
Noctuidae	Xanthia icteritia (Hufnagel, 1766)		1						1
Noctuidae	Xestia baja (Denis & Schiffermüller, 1775)		2						2
Noctuidae	Xestia c-nigrum (Linnaeus, 1758)		26						26
Noctuidae	Xestia sexstrigata (Haworth, 1809)		2						2
Noctuidae	Xestia stigmatica (Hübner, 1813)		2						2
Noctuidae	Xestia triangulum (Hufnagel, 1766)		9						9
Noctuidae	Xestia xanthographa (Denis & Schiffermüller, 1775)		11	1		1			13
Nolidae	Meganola albula (Denis & Schiffermüller, 1775)		5	1	1				7
Nolidae	Meganola strigula (Denis & Schiffermüller, 1775)		5						5
Nolidae	Pseudoips prasinana (Linnaeus, 1758)		1						1
Notodontidae	Clostera pigra (Hufnagel, 1766)		2						2
Notodontidae	Drymonia dodonaea (Denis & Schiffermüller, 1775)		8	7		2			17
Notodontidae	Drymonia ruficornis (Hufnagel, 1766)	NT	4	6	3				13
Notodontidae	Phalera bucephala (Linnaeus, 1758)		5	1					6
Notodontidae	Pheosia gnoma (Fabricius, 1776)		1						1
Notodontidae	Pheosia tremula (Clerck, 1759)		2	1					3
Notodontidae	Pterostoma palpina (Clerck, 1759)		1						1
Notodontidae	Ptilodon capucina (Linnaeus, 1758)		1						1
Notodontidae	Ptilodon cucullina (Denis & Schiffermüller, 1775)		1						1
Notodontidae	Ptilophora plumigera (Denis & Schiffermüller, 1775)		4	1					5
Notodontidae	Spatalia argentina (Denis & Schiffermüller, 1775)	VU		1					1
Sphingidae	Laothoe populi (Linnaeus, 1758)		2						2
Sphingidae	Sphinx pinastri Linnaeus, 1758		2	1					3
Celkem			1646	448	49	76	3	6	2228