

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Jak ovlivní introdukce rostlinného poloparazita (*Rhinanthus alectorolophus*) složení společenstev členovců s vazbou na silniční náspsy?

Tomáš Král

Vedoucí práce: Mgr. Monika Mazalová, Ph.D.

Bakalářská práce

v oboru

Chemie – Biologie v environmentální výchově

Olomouc 2018

Král T. 2018. Jak ovlivní introdukce rostlinného poloparazita (*Rhinanthus alectorolophus*) složení společenstev členovců s vazbou na silniční násypy? [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 42 s., česky.

Abstrakt

Kokrhel luštinec (*Rhinanthus alectorolophus*) je poloparazitická rostlina z čeledi zárazovitých (Orobanchaceae), která se úspěšně využívá k přeměně floristicky chudých ploch na druhově bohatá stanoviště. Tato metoda, využívající tzv. koexistenci umožněnou konzumentem, je poměrně dobře zmapována. Méně prostudována je však odezva zástupců navazujících trofických úrovní na případný vzrůst druhové pestrosti rostlin. Cílem bakalářské práce bylo proto vyhodnocení odezvy různých taxonů bezobratlých živočichů na změnu porostu na silničních svazích. Pro účely experimentu bylo vytipováno 10 lokalit, na které byl v roce 2015 vyset kokrhel. V letech 2015, 2016 a 2017 byl proveden monitoring denních motýlů a čmeláků, kteří byli určováni do druhů. V roce 2017 byl experiment doplněn o vzorkování dalších taxonů bezobratlých, kteří byli určováni na úroveň řádů. Data byla získána metodou individuálního pozorování a pomocí odchytu do žlutých misek. Jako environmentální proměnné, vysvětlující trendy v druhových datech, byly použity údaje z každoročně opakovaného vegetačního snímkování ploch a základní charakteristiky ploch (expozice a sklon svahu). Použitím mnohorozměrné ordinační analýzy v prostředí software Canoco 5 bylo zjištěno, že kokrhel svou přítomností na stanovišti zvyšuje jeho atraktivitu pro čmeláky, pro něž je významným potravním zdrojem. Ačkoliv přímý vliv kokrhele na společenstva denních motýlů prokázán nebyl, motýli průkazně reagovali na zprostředkovanou změnu vegetace (např. zvýšení plochy obnaženého půdního povrchu). Odezva vyšších taxonů byla individuální – vyšší počty jedinců blanokřídlých a rovnokřídlých byly odchyceny na experimentálních plochách, zatímco např. pavoukovci byli početnější ve sběrech z ploch kontrolních. Abundance vyšších taxonů byla průkazně negativně ovlivněna rostoucí pokryvností bylin a proporcí obnažené půdy. Z provedených průzkumů také vyplynulo, že dálniční svahy jsou již dnes významná stanoviště pro řadu bezobratlých živočichů s vazbou na otevřená stanoviště.

Klíčová slova: druhová rozmanitost, silniční okraje, kokrhel (*Rhinanthus*), opylovač, čmeláci (*Bombus* spp.), denní motýli, travní porost, ekologie obnovy, poloparaziti

Král T. 2018. Introduction of plant hemiparasite (*Rhinanthus alectorolophus*) and its influence on arthropod communities linked to road embankments. [bachelor thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Sciences, Palacky University Olomouc. 42 pp., in Czech

Abstract

Rhinanthus alectorolophus is a semi-parasitic plant from the Orobanchaceae family which has been successfully used to transform floristically poor areas into species-rich localities. Implementing the so-called consumer-facilitated co-existence is relatively well mapped. Far less explored, regarding the response to the potential growth of plant species diversity, are representatives of subsequent trophic levels. The aim of the bachelor thesis therefore was to analyse how different taxa of invertebrates react to changes in grassland of road embankments. Ten localities were selected for the purpose of this research in which *Rhinanthus* was sown in 2015. A monitoring was carried out in years 2015, 2016 and 2017 during which butterflies and bumblebees were sampled using yellow pan traps and individual observation and then determined to species level. In 2017, the experiment was complemented by sampling of other invertebrate taxa which were sorted out predominantly to the taxonomic rank of order and counted. The basic characteristics of experimental and control plots (exposition and slope) together with the data obtained from their annual vegetative survey were used as environmental variables explaining trends in species data. Using multidimensional ordination analysis in the Canoco 5 software environment, I found that incidence of *Rhinanthus* in a locality increases its attractiveness for bumblebees, representing a rich food resource for them. Although no direct influence on butterfly community has been proved, the butterflies apparently reacted to the mediated vegetation change (e.g. an increase of the bare ground proportion). The response of higher taxa was individual – higher number of Hymenoptera and Orthoptera individuals were captured on experimental areas, while e.g. Arachnida were more numerous in samples from control plots. Abundance of higher taxa was provably influenced by increasing cover of herbs and the proportion of bare ground. The bumblebee and butterfly monitoring has also shown that road embankments represent nowadays important habitats for many invertebrates bound to open localities.

Key words: species richness, road embankments, *Rhinanthus*, pollinator, bumblebees (*Bombus* spp.), butterflies (day-active Lepidoptera), grassland, restoration ecology, hemiparasites

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Moniky Mazalové, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 30. července 2018

Podpis:

Věnování

Velikánům mého malého světa – babičce Věrce a dědovi Květovi.

Obsah

Seznam tabulek	x
Seznam obrázků	xi
Seznam příloh	xii
1 Úvod.....	1
1.1 Pokles biodiverzity hmyzu a jeho význam v ekosystémech	1
1.2 Negativní důsledky intenzifikace zemědělství.....	2
1.3 Dálniční náspy – šance pro zvýšení biodiverzity?	3
1.4 Druhová přeměna silničních náspů	4
2 Cíle práce	6
3 Materiál a metody	7
3.1 Experimentální design.....	7
3.2 Studované skupiny bezobratlých	8
3.3 Sběr a zpracování entomologického materiálu	9
3.4 Analýza dat	10
4 Výsledky	11
4.1 Faunistický souhrn	11
4.2 Vliv kokrhele na čmeláky	13
4.3 Vliv kokrhele na denní motýly.....	15
4.4 Vliv kokrhele na další taxony	16
5 Diskuze	18
5.1 Faunistické vyhodnocení.....	18
5.2 Vyhodnocení vlivu kokrhele na čmeláky.....	20
5.3 Vyhodnocení vlivu kokrhele na denní motýly	21
5.4 Vyhodnocení vlivu kokrhele na další taxony.....	22
6 Závěr	24
7 Citovaná literatura.....	26
8 Přílohy.....	32

Seznam tabulek

Tabulka 1: Lokace experimentálních ploch	7
Tabulka 2: Srovnání atraktivity ploch s kokrhelem a ploch kontrolních.	12

Seznam obrázků

Obrázek 1: Experimentální plocha s kokrhelem, lokalita Dolní Újezd, květen 2017	5
Obrázek 2: Kontrolní plocha, lokalita Dolní Újezd, květen 2017	5
Obrázek 3: Ordinační CCA model odezvy čmeláků odchycených individuálními sběry v letech 2016 a 2017	14
Obrázek 4: GLM model vztahu jednotlivých druhů čmeláků odchycených individuálními sběry v letech 2016 a 2017 k pokryvnosti kokrhele.	14
Obrázek 5: Ordinační CCA model odezvy denních motýlů odchycených žlutými miskami v letech 2016 a 2017.....	15
Obrázek 6: Ordinační RDA model vlivu vegetačních charakteristik prostředí na abundance vyšších taxonů členovců odchycených žlutými miskami v roce 2017.	17

Seznam příloh

Příloha 1: Mapa lokalit	32
Příloha 2: Souhrnný přehled počtu čmeláků odchycených individuálním sběrem a metodou žlutých misek.....	37
Příloha 3: Souhrnný přehled denních motýlů odchycených individuálním sběrem a metodou žlutých misek.....	38
Příloha 4: Výsledky CCA analýzy čmeláků odchycených metodou žlutých miskách v letech 2016 a 2017	40
Příloha 5: Výsledky CCA analýzy vlivu jednotlivých faktorů na čmeláky odchycených individuálními sběry v letech 2016 a 2017	40
Příloha 6: Výsledky analýzy vlivu jednotlivých faktorů (test single faktorů) na denní motýly odchycené žlutými miskami v letech 2016 a 2017	41
Příloha 7: Výsledky analýzy vlivu faktorů (conditional effects) na denní motýly odchycené žlutými miskami v letech 2016 a 2017	41
Příloha 8: Výsledky CCA analýzy vlivu jednotlivých faktorů na denní motýly odchycené individuálními sběry v roce 2017.....	41
Příloha 9: Výsledky analýzy vlivu jednotlivých faktorů (test single faktorů) na taxony odchycené žlutými miska v roce 2017	42
Příloha 10: Výsledky analýzy vlivu faktorů (conditional effects) na taxony odchycené žlutými miskami v roce 2017	42

Poděkování

Rád bych poděkoval Monice Mazalové za odborné a obdivuhodně trpělivé vedení bakalářské práce. Je inspirující spolupracovat s člověkem, který je pohlcen ve svém oboru. Děkuji také Tomáši Kurasovi za pomoc při determinaci motýlů a za rady týkající se statistického vyhodnocení dat. Tato práce mohla vzniknout také díky přispění projektového týmu TAČR: TH01030300.

Poslední obrovské poděkování patří mým rodičům a sestře, kteří mě s překvapující lehkostí podporují v mém velkém studijním dobrodružství.

1 Úvod

1.1 Pokles biodiverzity hmyzu a jeho význam v ekosystémech

Dle dosavadního poznání je hmyz nejdiverzifikovanějším taxonem na Zemi, a má tak nezastupitelnou roli v ekologii jednotlivých ekosystémů. Tvoří potravní základnu pro mnoho taxonů z vyšších úrovní trofického řetězce – např. hmyzožravce, letouny (Anděra a Gaisler 2012), obojživelníky, některé ryby (Gaisler a Zima 2007) a nadpoloviční většinu druhů ptáků (Morse 1971; Veselovský 2001). Mezi další ekosystémové funkce hmyzu patří zajišťování transformace a koloběhu živin v ekosystému (viz fytofágní, resp. detritovorní hmyz), nelze samozřejmě opomenout ani opylování rostlin. Ve skutečnosti se odhaduje, že téměř 80 % planě rostoucích rostlin je hmyzosubných (Ollerton et al. 2011). Celosvětově je 75 % druhů hospodářsky významných plodin alespoň částečně závislých na opylení (Klein et al. 2007). Odpovídající opylení kulturních rostlin obvykle vede ke zvýšení produkce a kvality plodin (Garratt et al. 2014).

Druhovú rozmanitost hmyzu však v posledních desetiletích znatelně klesá. Odhaduje se, že během minulého století vymizelo z našeho území 1 500 až 3 000 druhů bezobratlých živočichů (Čížek et al. 2009; Čížek et al. 2012; Konvicka et al. 2016). Aktuální Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí (dále jen červený seznam) udává, že je ohroženo 22 % druhů bezobratlých. Podíl ohrožených druhů ve skupině včely a denní motýli činí dokonce 44 %, resp. 46 % (Hejda et al. 2017).

Kromě lokálních či regionálních extinkcí lze sledovat i pokles abundancí v minulosti běžných druhů. Hallmann et al. (2017) udávají, že se v průběhu minulých třiceti let celková biomasa létajícího hmyzu snížila až o 80 %. Ještě nedávno hojné druhy se tak rychle stávají vzácnými, případně ohroženými. Příkladem nejohroženějších taxonů jsou denní motýli (Ekroos et al. 2010), samotářské včely (Holzschuh et al. 2007), čmeláci (Goulson 2010), vrubounovití brouci, majky nebo zlatěnky (Čížek et al. 2009; Hejda et al. 2017).

Uvedené ohrožené druhy hmyzu spojuje důležitá vlastnost – vyskytují se v raně sukcesních biotopech. Mezi ně řadíme úhory, polní lady, zarůstající pískovny, sečené a pasené luční porosty nebo meze oddělující jednotlivé lány polí, případně příkopy lemující polní cesty. Tyto v minulosti běžné biotopy jsou dnes na ústupu (Kuras et al. 2017).

1.2 Negativní důsledky intenzifikace zemědělství

Hlavní podíl na úbytku raně sukcesních stanovišť má změna způsobu zemědělství a s ní spojená intenzifikace. Od 50. let minulého století na našem území docházelo ke scelování luk a polí, přeměně luk a pastvin na ornou půdu, rozorávání mezí a polních cest, nebo k melioracím. Průměrná plocha polí je díky tomu 5–10krát větší, než tomu bylo před začátkem kolektivizace (Blažek a Kubálek 2008). Likvidace soukromého zemědělství po komunistickém převratu negativně ovlivnila vztah společnosti k vnímání půdy. Půda se stala pouze odosobněným prostředkem k maximálnímu zisku hospodářských plodin, a to bez přesahu k budoucnosti a dalším generacím. Následky tohoto přístupu ke krajině sklízíme dodnes.

Intenzifikace zemědělství obnášela/obnáší nadužívání minerálních hnojiv, která způsobují eutrofizaci a v konečném důsledku přeměňují rostlinná společenstva na druhově chudá, tvořena nízkým počtem převážně nitrofilních druhů, často kompetičně dominantních zástupců trav (Bouwman et al. 2002). Polní plodiny pěstované ve velkých monokulturách jsou náchylné k přemnožení škůdců. Ti se nejčastěji eliminují chemicky s použitím insekticidů a herbicidů. Rezidua chemikálií se následně kumulují v půdě, rostlinách a navazujících trofických úrovních, čímž dochází k nežádoucí bioakumulaci (van der Sluijs et al. 2014). Intenzifikace s sebou také přináší úpravu pH půdy vápněním, dosévání produkčních druhů nebo nadměrné zatížení půdy těžkou mechanizací apod. (Kleijn et al. 2009; Hiron et al. 2013). Následkem těchto činností ztratila krajina svou heterogenitu umožňující přežívání mnoha druhů s odlišnými nároky na prostředí. Snížila se také konektivita krajiny, která je důležitá pro šíření jednotlivých druhů (Kindlmann a Burel 2008; Konvicka et al. 2016).

Negativní vlivy, kterými lidská činnost působí na přírodu, se snažíme alespoň částečně vyvážit ochranou přírody. V současné době v ČR zákonnou formou chráníme 12 536 km², což odpovídá přibližně 16 % rozlohy naší země. Největší podíl z této rozlohy zaujímají velkoplošná zvláště chráněná území, kam řadíme národní parky a chráněné krajinné oblasti (Pešout a Šulová 2017). Velkoplošná chráněná území jsou však u nás zastoupena především lesnatými pohořími, a jsou tedy pro ochranu a život mizejících bezobratlých živočichů, tj. druhů vázaných na raně sukcesní plochy, nevyhovující. Jako příklad uveďme největší národní park Šumava, který má rozlohu 68 064 ha. Z celkové výměry tvoří lesní půda 55 062 ha, zbylá část rozlohy připadá na louky, pastviny, ornou půdu a vodní plochy (Albrecht 2003).

Mnohem vhodnější podmínky nabízí maloplošná bezlesá chráněná území udržovaná pravidelnou sečí nebo pastvou. Nevýhodou těchto území je však jejich nedostatečná funkční propojenost neboli konektivita (Kuras et al. 2017). Představují totiž často ostrovy izolované okolní krajinou, které jsou nevhodné pro přežívání druhů. Konektivita je přitom vedle samotné rozlohy stanoviště, případně heterogenity, významným faktorem pro zachování druhové pestrosti (Moilanen a Nieminen 2002).

1.3 Dálniční náspy – šance pro zvýšení biodiverzity?

Budování sítě dopravních komunikací je jednou z příčin nežádoucí fragmentace krajiny, která patří mezi hlavní procesy snižující konektivitu (Fahrig 2003; Kindlmann a Burel 2008), a vede ke ztrátám diverzity. Automobilová doprava je nadto zdrojem škodlivých chemických látek, v okolí komunikací je zvýšená prašnost, salinita a koncentrace těžkých kovů (Barek et al. 1998).

Pokud se však na dálnice podíváme blíže, uvidíme kromě asfaltu a betonu i zelené okraje a náspy. Díky husté silniční síti ČR mají jejich okraje poměrně značnou celkovou rozlohu. Jen v případě okrajů dálnic a silnic 1. třídy lze celkovou plochu okrajů srovnat s rozlohou některých menších CHKO např. Litovelského Pomoraví (Kuras et al. 2017). Okraje cest jsou svým charakterem podobné mezím, úhorům, loukám či pastvinám, tedy časně sukcesním stanovištím, která z krajiny mizí. Jejich výhodou je svažitost, jež vnáší do terénu přirozenou heterogenitu. Hřbet svahu je ochuzen o vláhu a živiny, které se kumulují u paty svahu (Frouz a Nováková 2005; Harmáčková 2011). Zatrávněné části náspů jsou sice pravidelně koseny, ale oproti produkčním loukám nejsou hnojeny. Další výhodou je liniový charakter dopravních staveb, který může zprostředkovat šíření druhů i v intenzivně obhospodařované krajině. Okraje dálnic by se tak mohly stát nášlapnými kameny (tzv. stepping stones) pro populace ohrožených druhů (Saura et al. 2014; Kuras et al. 2015).

Popsaný potenciál silničních náspů zůstává však doposud zpravidla nevyužitý. Nově vznikající náspy se obvykle osévají vytrvalými trávami. Jejich počáteční výhodou je rychlý růst, který zabraňuje půdní erozi nově vzniklého náspu. Rychlý růst však znamená také intenzivní produkci biomasy, kterou je třeba vícekrát do roka odstraňovat (Suchomelová et al. 2016). Z biologického hlediska se navíc jedná o téměř sterilní porost.

1.4 Druhov přeměna silničních náspů

Dosud poměrně inovativním pstupem k přemn floristicky chudých ploch trvalých travních porostů na druhov bohat stanoviště je využití poloparazitických rostlin (Demey 2013; Mudrák et al. 2014; Suchomelová et al. 2016; Těšitel et al. 2017). Principem využití poloparazitických rostlin je tzv. koexistence umožnn konzumentem (Paine 1966; Gallet et al. 2007). Obecn se jedná o děj, kdy daný druh narušuje vývoj kompetin silných druhů, čímž umožňuje existenci kompetin mn zdatnm. Pkladem koexistence umožnn konzumentem může být pv vliv poloparazitických rostlin rodu kokrhel (*Rhinanthus* spp.) na kompetin dominantn druhy trav. Rostliny rodu kokrhel svou ptmností neprmo ovlivnj biodiverzitu, a to díky schopnosti diferenciovat niky. Výsledkem vnesen kokrhele do travního porostu je tvorba gap, kde je umožněno uchycen a růst kompetin slabších druhů (Těšitel et al. 2015). Premna okrajů silnic na druhov pestr stanoviště je reálnější, než je tomu v prpad produkčních luk a pastvin. Důvodem nesnadn premny luk je skutečnost, že konvenn zemědělství má za cíl maximln vynos pce. Ptmnost poloparazitických rostlin může produkci biomasy snižovat, a to zejména v prpad uživnjch stanovišť. Jedná se o rapidn snižení produktivity hostitele, coby dominantního druhu společenstva, kter se projev jako pokles celkov produktivity společenstva (Demey 2013). Tato vlastnost se ovšem v prpad silničních svahů stává výhodou. Pro udržování prehlednho terénu (tj. s nzkm porostem) sta sekat méně často, a tedy s vynaloženm mn finančních prostředků (Suchomelová et al. 2016).

Využití poloparazitických rostlin je vhodn, protože dochází k potlaen dominance trav a podle předpokladů k nsledn spontnn obnov ekologicky hodnotnějšími rostlinami. Pri experimentálním využití kokrhele k potlaen expanzivn ttny krovitn (*Calamagrostis epigejos*) prirovnvj dokonce Těšitel et al. (2017) efekt parazitace kokrhelem, k uinku selektivního herbicidu prudce snižujícího pokryvnost/abundanci hostitelsk trávy. Vliv kokrhele na trávy je patrn na následujících fotografiích (Obrázek 1, Obrázek 2).



Obrázek 1: Experimentální plocha s kokrhelem, lokalita Dolní Újezd, květen 2017



Obrázek 2: Kontrolní plocha, lokalita Dolní Újezd, květen 2017

2 Cíle práce

Na základě dostupných studií lze konstatovat, že přeměna floristicky chudých společenstev s pomocí poloparazitického kokrhele je poměrně dobře zmapována a při dodržení postupů funguje. Mnohem méně se ví o odezvě zástupců navazujících trofických úrovní na případný vzrůst druhové pestrosti rostlin vlivem snížení kompetiční dominance pomocí kořenových poloparazitů. Vychází však z předpokladu, že v návaznosti na zvýšenou strukturní a funkční diverzitu vegetace vzroste i druhová pestrost bezobratlých živočichů.

Primárním cílem bakalářské práce je proto vyhodnocení odezvy různých taxonů bezobratlých živočichů na experimentální ovlivnění druhově chudých porostů na dálničních svazích prostřednictvím kokrhele luštince (*Rhinanthus alectorolophus*). Odezva byla sledována na dvou úrovních: (i) abundance čmeláků (*Bombus* spp.) a denních motýlů (*Rhopalocera*), jakožto ekofaunisticky významných skupin na úrovni odezvy jednotlivých druhů, (ii) abundance jednotlivých řádů hmyzu. Dalším cílem práce je ověřit význam silničních svahů, jakožto potenciálně cenných stanovišť především pro výskyt druhů/taxonů vázaných na raně sukcesní stanoviště.

3 Materiál a metody

3.1 Experimentální design

V roce 2015 bylo vytipováno 10 modelových lokalit (Příloha 1), na již zapojených dálničních náspech, v oblasti střední Moravy (1 lokalita), jižní Moravy (5 lokalit) a středních a východních Čech (4 lokality). Na každé lokalitě vzniklo oplocené stanoviště o rozměrech 10 m x 100 m, které bylo rozděleno na dvě totožné části.

Tabulka 1: Lokace experimentálních ploch

Jméno lokality	Souřadnice	Komunikace	Kraj
Dolní Újezd	49.5540678N, 17.5282936E	R35	Olomoucký
Louny	50.3437550N, 13.7951522E	I/7	Ústecký
Slaný	50.2345478N, 14.0538203E	I/7	Středočeský
Loděnice	50.0037564N, 14.1709014E	D5	Středočeský
Rudná u Prahy	50.0217667N, 14.2017333E	D5	Středočeský
Sobotovice	49.0521130N, 16.5439890E	R52	Jihomoravský
Pasohlávky	48.9093900N, 16.5704781E	I/52	Jihomoravský
Perná	48.8588542N, 16.6089625E	I/52	Jihomoravský
Hustopeče	48.9545206N, 16.7266792E	D2	Jihomoravský
Blučina	49.0595519N, 16.6688078E	D2	Jihomoravský

V jedné z nich byl v listopadu 2015 narušen vegetační kryt důkladným vyhrabáním stařiny (především vytrvalé druhy trav) a následně byla plocha oseta semeny kokrhele luštince. Vysetí semen je jedinou možností, jak úspěšně introdukovat kokrhel na stanoviště (Mudrák et al. 2014; Těšitel et al. 2015). Semena musí být vyseta nejpozději na konci měsíce listopadu. Vysetí na podzim je důležité pro překonání dormance semen, ke kterému je třeba teplotní stratifikace (Mudrák et al. 2014).

Druhá polovina každé experimentální lokality byla ponechána v původním vegetačním stavu a slouží jako kontrolní plocha. V průběhu vegetační sezóny roku 2015 byl proveden monitoring výskytu denních motýlů a zároveň byla formou fytoecologického snímkování zdokumentována vegetační struktura každé experimentální plochy. Během roku 2016 proběhl navazující monitoring motýlů a čmeláků, coby významných opylovačů mj. i zemědělských plodin (Goulson 2010). Zároveň na podzim stejného roku byl na lokalitách proveden opětovný výsev (dosev) kokrhele. V roce 2017 bylo vzorkování rozšířeno pro potřeby předkládané bakalářské práce o všechny skupin bezobratlých živočichů, které byly zachyceny na žlutých miskách.

3.2 Studované skupiny bezobratlých

V rámci bakalářské práce byla studována odezvu společenstev bezobratlých živočichů na dvou úrovních. První úroveň představují skupiny, jejíž zástupci byli determinováni na úroveň jednotlivých druhů, denní motýli (*Rhopalocera*) a čmeláci (*Bombus* spp.). Jde o taxony s přímou vazbou na kvetoucí rostliny, které jsou primárně atrahovány použitou metodou žlutých (tzv. Moerickeho) misek (Campbell a Hanula 2007; Bílá et al. 2016).

Výběr studovaných taxonů nebyl náhodný. Čmeláci hrají významnou roli při opylování hospodářských plodin a mají tedy přímý ekonomický vliv na člověka (Goulson 2010). Díky anatomii květů kokrhele jsou čmeláci jeho hlavními opylovači (Natalis a Wesselingh 2012). Introdukci kokrhele mohou být přímo podpořeni, protože rozkvetlá plocha pro ně může představovat atraktivní potravní zdroj, a to nejen pro dospělé, ale i pro larvy. Včelovití blanokřídlí se totiž vyznačují shodnými potravními nároky po celý život, jak larvy, tak imaga jsou nektarofágní, resp. polinofágní (Goulson 2010).

Význam denních motýlů spočívá v jejich „biologické hodnotě“ ve vztahu k veřejnosti. Jedná se totiž o populární, a proto i dlouhodobě studovanou skupinou bezobratlých živočichů. Díky tomu existuje dostatek informací o ekologických nárocích jednotlivých druhů (Novák 2010). Od čmeláků se liší z hlediska funkční niky, již zauímají v rámci společenstev bezobratlých. Denní motýli jsou solitérní, zpravidla mobilní nektarofágové, jejichž housenky se ovšem živí jako fytofágové, v případě některých druhů velmi specializovaní, jiné druhy mají širší okruh hostitelských rostlin (Macek et al. 2015).

Druhou úrovní studia přítomných skupin bezobratlých živočichů byla abundance zástupců vyšších taxonů (tj. především řádů). Studium na této taxonomické úrovni má výhodu jednak v nižší časové náročnosti (Andersen 1995), výsledky recentních studií (Biaggini et al. 2007) pak dokládají vhodnost použití tohoto přístupu k indikaci změn v prostředí.

3.3 Sběr a zpracování entomologického materiálu

Bezobratlí byli monitorováni prostřednictvím dvou metod, běžně používaných ke vzorkování bezobratlých, tj. pomocí tzv. Moerickeho misek (Moericke 1951) a individuálním sběrem. Více metod bylo použito s cílem obsáhnout větší část spektra přítomných taxonů (Šrámková a Benda 2016) a získat tak ucelenější informace o fauně bezobratlých s vazbou na silniční okraje. Moerickeho žluté misky byly pro potřeby našeho experimentu částečně modifikovány. Pro výrobu misek byly použity bílé plastové tácky (průměr 15,5 cm, výška 4 cm, objem cca 500 ml). Na dně misky byl vyznačen žlutý kruh o průměru 5 cm. Po umístění misek na stanoviště, byly misky naplněny konzervačním roztokem NaCl s přísadkou detergentu (povrchově aktivní látka zvyšuje záchytnost hmyzu) a zároveň hořké látky (bitrex), která zabraňuje vypití tekutiny zvířem. Na stanovišti bylo rozmístěno vždy deset misek v liniovém uspořádání, se vzájemnými rozestupy 10 m. Expozice misek byla realizována ve dvou periodách s ohledem na průběh kvetení kokrhele. První série výběrů (3 výběry) byly provedeny v průběhu června (období kvetení kokrhele), druhá série výběrů pochází z konce července a ze srpna (období následující po údržbě svahů provedené sečí, v době po regeneraci posečených porostů a zároveň mimo období květu kokrhele). Úplný vzorek hmyzu zachyceného prostřednictvím misek byl odebrán do zásobních lahvíček (2 dcl) a dočasně umístěn do mrazáku. Materiál byl následně postupně determinován v laboratoři Katedry ekologie a životního prostředí UPOL.

Další použitou metodou vzorkování byl individuální sběr/pozorování, použitý k monitoringu denních motýlů a čmeláků. Při tomto způsobu sběru dat byla studijní plocha procházena standardním způsobem („zig-zag“), standardizována byla také doba sledování (jak experimentální polovina plochy, tak i její kontrolní část byla sledována po dobu 10 minut). Během této doby byli zaznamenáváni všichni jedinci čmeláků a denních motýlů přítomní na ploše, přičemž obtížně determinovatelné taxony byly odchyceny, usmrceny v entomologické smrtičce a uchovány k pozdější determinaci za použití laboratorního vybavení a příslušné literatury (Pavelka a Smetana 2003; Macek et al. 2015; Beneš 2018).

V roce 2015, kdy ještě stanoviště nebyla oseta kokrhelem, bylo provedeno základní faunistické vyhodnocení všech stanovišť na jejich celkové ploše 1000 m² (tzv. baseline). Žluté misky byly použity při vzorkování čmeláků ve všech třech sledovaných letech tj. 2015, 2016 a 2017. Individuální sběry čmeláků proběhly v roce 2016 na pěti

stanovištích (Louny, Slaný, Loděnice, Rudná u Prahy, Dolní Újezd) a v roce 2017 na šesti stanovištích (Dolní Újezd, Sobotovice, Pasohlávky, Perná, Hustopeče, Blučina). K vzorkování denních motýlů byly použity žluté misky také ve všech třech sledovaných letech. Jejich individuální sběr byl proveden v roce 2017 na šesti lokalitách (Blučina, Hustopeče, Dolní Újezd, Pasohlávky, Perná, Sobotovice).

3.4 Analýza dat

K vyhodnocení vlivu proměnných na společenstva členovců byly použity mnohorozměrné ordinační analýzy. K nalezení hlavních gradientů v datech byla použita nepřímá ordinace DCA (detrended correspondence analysis), na základě zjištěné délky gradientů v druhových datech byla provedena buď kanonická korespondenční analýza CCA (ter Braak 1986), nebo redundanční analýza RDA (Legendre a Anderson 1999). Pokud byla délka gradientu větší než hodnota 3,5, byla zvolena CCA. Pokud byla hodnota nižší než 3,5, byla použita RDA. Metody přímé ordinace umožňují vztáhnout gradienty v druhovém složení a abundanci k extrémním prediktorům a zároveň testovat význam těchto proměnných. Testy modelů byly provedeny pomocí náhodného Monte-Carlo permutačního testu s omezení kovariátou lokality a 2000 permutací. Environmentální proměnné byly předtestovány s použitím forward-selektce.

Při analýze faktorů ovlivňujících složení společenstva bezobratlých s vazbou na silniční okraje byla použita kanonická korespondenční analýza CCA v případě čmeláků a denních motýlů odchycených pomocí žlutých misek a individuálních sběrů v letech 2016 a 2017. K vyhodnocení dat získaných při sběru ostatních taxonomických skupin odchycených pomocí žlutých misek v roce 2017 byla použita redundanční analýza (RDA).

V případě datového souboru získaného individuálním sledováním čmeláků byly dále hodnoceny odpovědi jednotlivých druhů ke klíčovému faktoru (pokryvnost kokrhele) pomocí generalizovaných lineárních modelů (GLM). Všechny uvedené analýzy byly provedeny v programu Canoco 5.

4 Výsledky

4.1 Faunistický souhrn

V letech 2015, 2016 a 2017 proběhlo vzorkování denních motýlů a čmeláků. V sezoně 2015 šlo o získání základního přehledu o výskytu druhů na vytipovaných lokalitách (tzv. baseline), v letech 2016 a 2017 pak již o sběr dat po provedeném experimentálním vyšetí kokrhele. Během vzorkování bylo odchyceno oběma použitými metodami celkem 747 jedinců čmeláků v 13 druzích (Příloha 2). Nejpočetněji byly zastoupeny druhy: čmelák hájový/zemní (*Bombus lucorum/terrestris*; 42,7 % jedinců), čmelák skalní (*Bombus lapidarius*; 42,2 % jedinců) a čmelák zahradní (*Bombus hortorum*; 7,4 % jedinců). Ačkoliv všechny druhy čmeláků, které se vyskytují na našem území patří mezi ohrožené a jsou chráněny (zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění a prováděcí vyhláška č. 395/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů; dále jen zákon), za nejcennější nález lze považovat královnu čmeláka humenního (*Bombus ruderatus*), který je hodnocen jako kriticky ohrožený (CR) dle červeného seznamu (Hejda et al. 2017).

Dále bylo odchyceno 2 842 jedinců denních motýlů ve 45 druzích (Příloha 3). Nejpočetněji byly zastoupeny následující druhy běžných generalistů: okáč poháňkový (*Coenonympha pamphilus*; 49,3 % jedinců), bělásek řepový (*Pieris rapae*; 21,4 % jedinců), modrásek jehlicový (*Polyommatus icarus*; 3,8 % jedinců). Mezi odchycenými druhy motýlů byl zákonem chráněný, kriticky ohrožený (KO) pestrokřídlec podražcový (*Zerynthia polyxena*) a dále také zástupci druhů, které aktuální červený seznam hodnotí jako ohrožené *sensu lato* – zranitelné (VU): žluťásek jižní (*Colias alfacariensis*), modrásek jetelový (*Polyommatus bellargus*), modrásek vičencový (*Polyommatus thersites*), modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*), soumračník skořicový (*Spialia sertorius*) a druhy téměř ohrožené (NT): soumračník slézový (*Carcharodus alceae*), okáč strdivkový (*Coenonympha arcania*), okáč rosičkový (*Erebia medusa*), okáč ječmínkový (*Lasiommata maera*), modrásek černolemý (*Plebejus argus*) a již zmiňovaný pestrokřídlec podražcový (*Zerynthia polyxena*) (Hejda et al. 2017).

V roce 2017 pak byl roztríděn a spočítán i ostatní entomologický materiál odchycený pomocí Moerickeho misek. Nejpočetněji byl zastoupen řád dvoukřídlných (6 152 jedinců), následovali blanokřídlní (1 796 jedinců), polokřídlní (1 316 jedinců),

rovnokřídlí (828 jedinců), brouci (782 jedinců), noční motýli (569 jedinců) a pavoukovci (300 jedinců).

Obecný vliv kokrhele na strukturu společenstva bezobratlých ukazuje následující Tabulka 2, ve které jsou srovnány počty odchycených jedinců (žluté misky a individuální sběry jsou hodnoceny souhrnně) na plochách s kokrhelem a kontrolních plochách. V roce 2015 byl proveden základní průzkum zvolených experimentálních lokalit, proto nejsou počty zjištěných jedinců rozděleny mezi kontrolní a experimentální plochy.

Tabulka 2: Srovnání atraktivity ploch s kokrhelem a ploch kontrolních.

Rok	Taxon	Plocha s kokrhelem		Kontrolní plocha		Celkový počet jedinců
		Počet jedinců	Počet jedinců (%)	Počet jedinců	Počet jedinců (%)	
2015	Čmeláci	-	-	-	-	127
	Denní motýli	-	-	-	-	364
2016	Čmeláci*	267	55,63 %	213	44,37 %	480
	Denní motýli	694	46,05 %	813	53,95 %	1507
2017	Čmeláci*	78	55,71 %	62	44,29 %	140
	Denní motýli*	463	47,68 %	508	52,32 %	971
	Noční motýli	266	46,75 %	303	53,25 %	569
	Pavoukovci	142	47,33 %	158	52,67 %	300
	Blanokřídlí	719	54,14 %	609	45,86 %	1328
	Mravenci	260	55,56 %	208	44,44 %	468
	Brouci	411	52,56 %	371	47,44 %	782
	Dvoukřídlí	3082	50,10 %	3070	49,90 %	6152
	Rovnokřídlí	462	55,80 %	366	44,20 %	828
	Polokřídlí	637	48,40 %	679	51,60 %	1316
Souhrn 2016 a 2017	Čmeláci*	345	55,65 %	275	44,35 %	620
	Denní motýli*	1157	46,69 %	1321	53,31 %	2478

* Počet jedinců u těchto taxonů je dán součtem jedinců odchycených pomocí žlutých misek a individuálních sběrů.

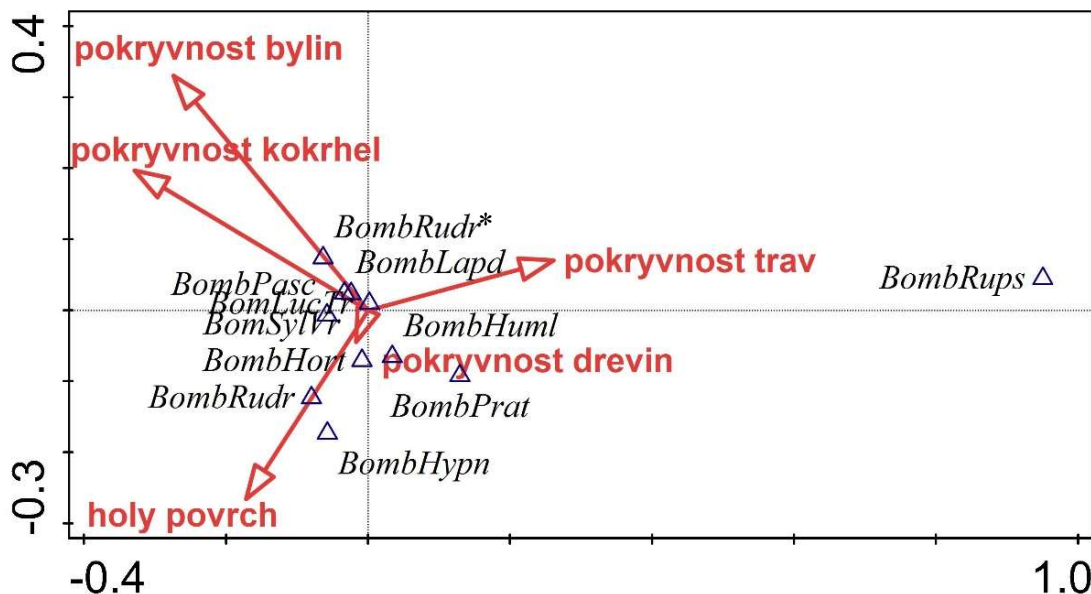
4.2 Vliv kokrhele na čmeláky

Data získaná při odchyту čmeláků metodou žlutých misek za rok 2016 a 2017 byla podrobena kanonické korespondenční analýze (CCA). Vysvětlující faktory zahrnovaly pokryvnost různých funkčních skupin vegetace (kokrhel, trávy, byliny, dřeviny), proporci obnaženého půdního povrchu a množství opadu a sklon a orientaci svahu, jako kovariáty vstupovaly do analýzy datum výběru, rok/sezóna a lokalita. Celkový model byl vyhodnocen jako neprůkazný (první osa $p = 0,97$; všechny osy $p = 0,99$), stejně tak i jednotlivé faktory (Příloha 4). Protože model nevycházel průkazně, nebyl konstruován jeho grafický výstup. Vzorky čmeláků získané odchytem do misek nevykazují odezvu k faktorům prostředí (tj. zejména vegetace) a zároveň nejsou determinovány ani lokalitami.

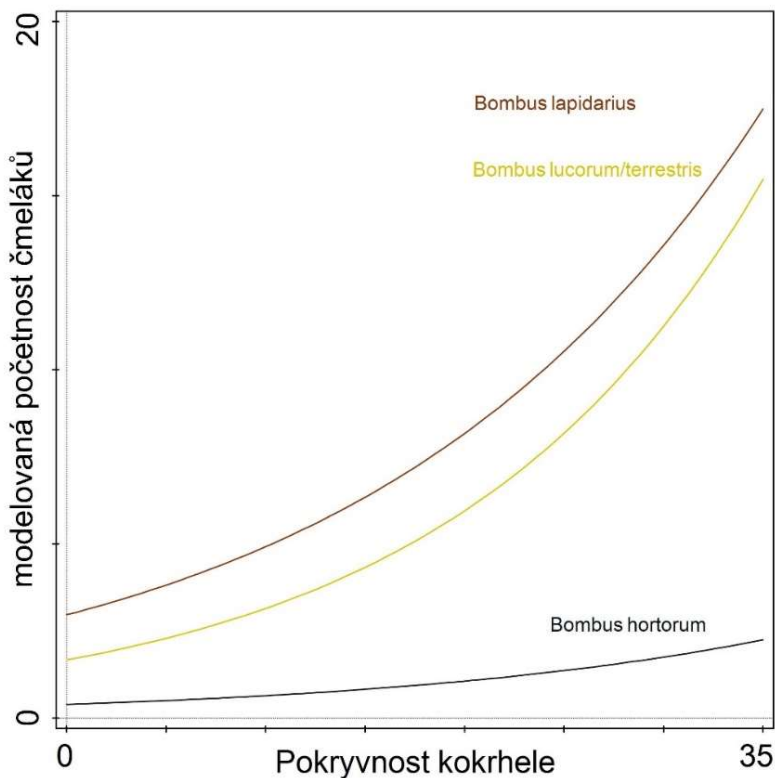
Data, která byla získána při odchytu čmeláků pomocí individuálních sběrů za rok 2016 (5 lokalit) a 2017 (6 lokalit) byla statisticky vyhodnocena rovněž pomocí CCA analýzy (Obrázek 3). Vysvětlující faktory i kovariáty byly stejné jako v případě předchozího modelu. Celkový model byl vyhodnocen na hranici průkaznosti na první ose (pseudo-F = 0,9; $p = 0,05547$), na ostatních osách byl neprůkazný (pseudo-F = 1,2; $p = 0,2024$). Variabilita v druhových datech vysvětlená environmentálními proměnnými v CCA modelu dosahovala 18,21 %.

Následovalo testování jednotlivých faktorů v CCA modelu. Jako průkazný faktor vyšla pouze pokryvnost trav ($p = 0,04198$; pseudo-F = 2,3). Čmeláci k tomuto faktoru vykazovali negativní závislost. Hodnoty zbylých neprůkazných faktorů jsou uvedeny v Příloha 5.

V rámci individuálního testování pomocí generalizovaných lineárních modelů (GLM, Poissonova distribuce) byly identifikovány tři druhy čmeláků (*Bombus lapidarius*, *Bombus lucorum/terrestris*, *Bombus hortorum*), které měly průkaznou odezvu ($p < 0,05$) k environmentálnímu faktoru pokryvnost kokrhele. Ve všech případech šlo o pozitivní reakci na rostoucí pokryvnosti kokrhele (Obrázek 3).



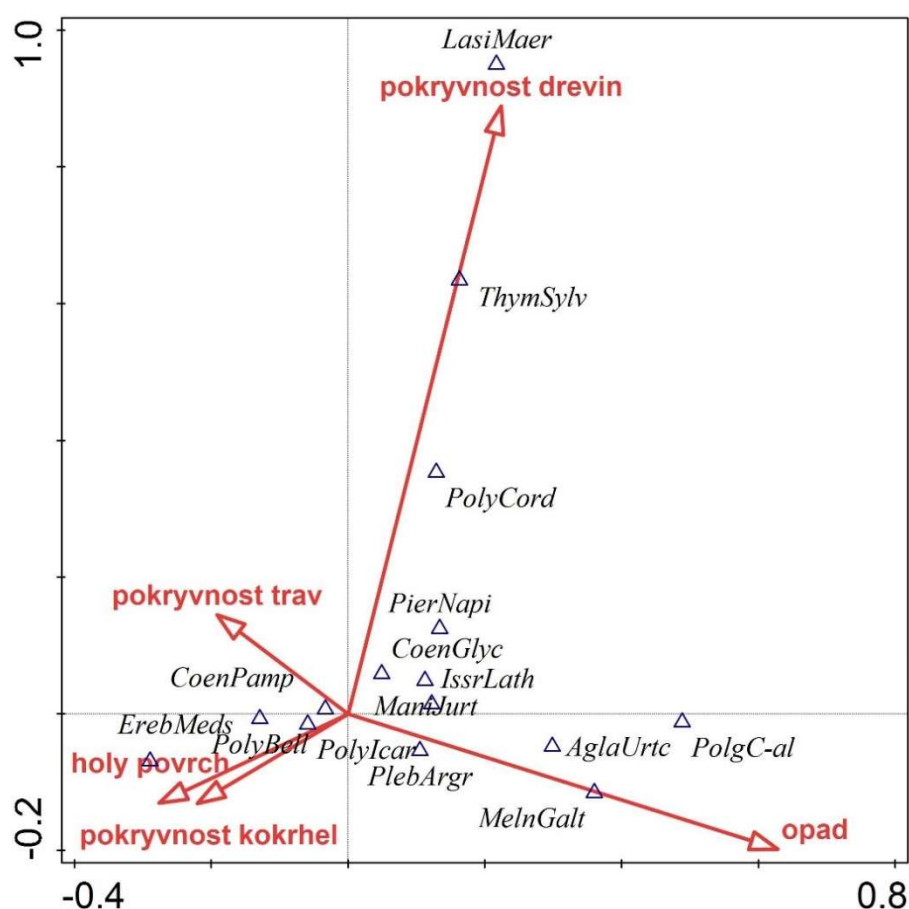
Obrázek 4: Ordinační CCA model odezvy druhů ke sledovaným proměnným prostředí. Do grafického výstupu modelu bylo promítnuto 12 druhů čmeláků, kteří byli odchyceni individuálními sběry v letech 2016 a 2017. Jsou značeny pomocí trojúhelníků s akronymy názvů druhů: *Bombus hortorum* (BombHort), *Bombus humilis* (BombHuml), *Bombus lapidarius* (BombLapd), *Bombus lucorum/terrestris* (BombLucTr), *Bombus pascuorum* (BombPsc), *Bombus pratorum* (BombPrat), *Bombus ruderarius* (BombRudr*), *Bombus rupestris* (BombRups), *Bombus sylvarum* (BombSylVr), *Bombus hypnorum* (BombHypn), *Bombus ruderatus* (BombRudr).



Obrázek 3: GLM model vztahu jednotlivých druhů čmeláků odchycených individuálními sběry v letech 2016 a 2017 k pokryvnosti kokrhele. Model zahrnuje všechny druhy čmeláků a průkaznou odezvou k sledovanému faktoru.

4.3 Vliv kokrhele na denní motýly

K vyhodnocení dat získaných při odchytu denních motýlů pomocí žlutých misek za roky 2016 a 2017 byla využita kanonická korespondenční analýza CCA (Obrázek 5; vysvětlující faktory: pokryvnost kokrhele, trav, dřevin, opadu a proporce holého povrch; kovariáty: rok, den, lokalita). Při permutačním Monte-Carlo testu byly bloky definovány lokalitami. Celkový model byl vyhodnocen jako vysoce průkazný na první ose (pseudo-F = 1,4; p = 0,0005) i na ostatních osách (pseudo-F = 2,5; p = 0,0005). Variabilita v druhových datech vysvětlená environmentálními proměnnými v CCA modelu dosahovala 1,43 %.



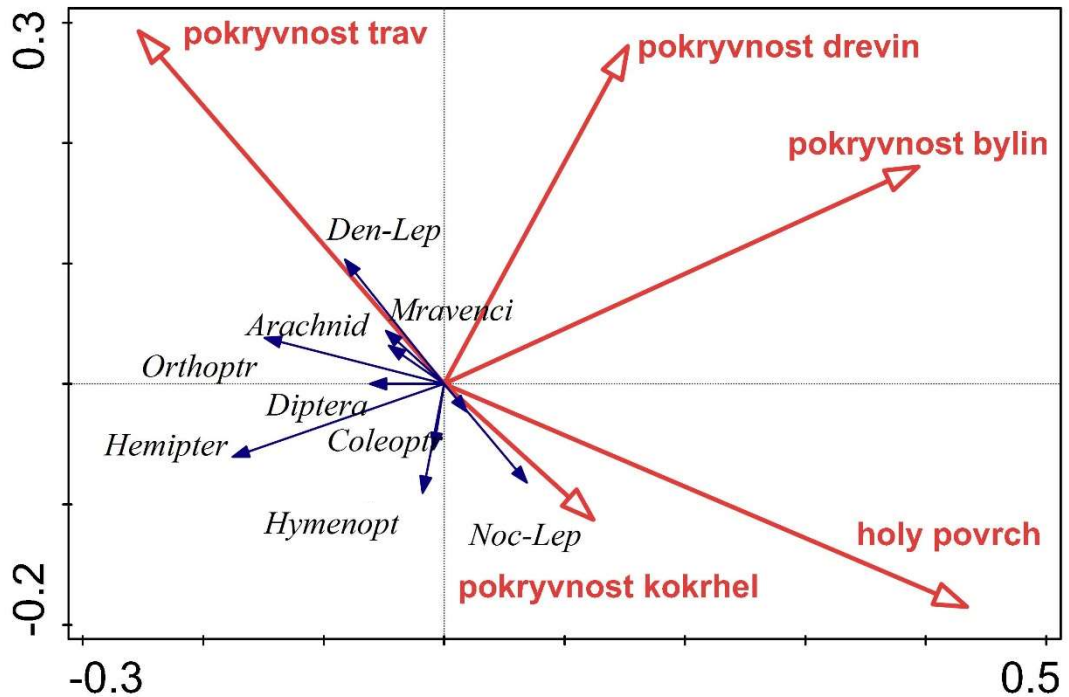
Obrázek 5: Ordinační CCA model odezvy druhů denních motýlů odchycených žlutými miskami v letech 2016 a 2017, ke sledovaným proměnným prostředí. Do grafického výstupu modelu bylo promítnuto pouze 15 druhů denních motýlů s největší vahou v modelu. Tyto druhy jsou značeny pomocí trojúhelníků s akronymy názvů druhů: *Aglais urticae* (AglaUrtc), *Coenonympha glycerion* (CoenGlyc), *Coenonympha pamphilus* (CoenPamp), *Erebia medusa* (ErebMeds), *Issoria lathonia* (IssrLath), *Lasiommata maera* (LasiMaer), *Maniola jurtina* (ManiJurt), *Melanargia galathea* (MelnGalt), *Pieris napi* (PierNapi), *Plebejus argus* (Pleb Argr), *Polygonia c-album* (PolgC-al), *Polyommatus bellargus* (PolyBell), *Polyommatus coridon* (PolyCord), *Polyommatus icarus* (PolyIcan), *Thymelicus sylvestris* (ThymSylv).

Dále byl testován také vliv individuálních faktorů, a to ve dvou krocích. V případě použití testu tzv. single faktorů byl zjištěn průkazný efekt všech environmentálních proměnných zahrnutých do modelu (Příloha 6). Při použití robustnější metody (conditional effects) průkazně ovlivňovaly společenstva denních motýlů pokryvnost dřevin, proporce obnaženého půdního povrchu a množství opadu (Příloha 7). Z analýz vyplývá, že společenstvo motýlů v místě dálničního svahu je determinováno vegetací (tj. pokryvností jednotlivých funkčních skupin rostlin), přímý efekt kokrhele na motýly však nebyl zjištěn.

Následně byla provedena analýza dat získaných z individuálních sběrů v roce 2017. Data byla hodnocena pomocí dvou CCA modelů s odlišným nastavením environmentálních faktorů. Do prvního modelu vstupovaly jako vysvětlující proměnné stejné vegetační charakteristiky jako v případě analýzy dat ze žlutých misek (Obrázek 5), jako kovariáty byly zadány lokality a datum sběru. Tento model nebyl průkazný, a to ani v případě testování vlivu jednotlivých faktorů. Druhý CCA model obsahoval jako vysvětlující proměnnou také efekt lokality (kovariátou byl pouze datum sběru). Tento model byl vysoce průkazný na první i všech ostatních ordinačních osách (první osa $p < 0,01$; všechny osy $p < 0,001$; Příloha 8). Grafický výstup modelu nebyl v tomto případě konstruován, protože cílem analýzy nebylo postihnout přirozenou rozdílnost mezi lokalitami, ale efekt kokrhele, což se na úrovni individuálních sběrů s modelovou skupinou denních motýlů nepodařilo.

4.4 Vliv kokrhele na další taxony

K vyhodnocení dat získaných odchycem jedinců různých taxonů bezobratlých živočichů (tj. denních a nočních motýlů, pavoukoců, blanokřídlých, mravenců, brouků, dvoukřídlých, rovnokřídlých a polokřídlých) pomocí žlutých misek v roce 2017 byla použita redundanční analýza (RDA; Obrázek 6). Vysvětlujícími proměnnými byly opět vegetační charakteristiky (tj. pokryvnost kokrhele, bylin, trav, dřevin, opad a holý povrch) a jako kovariáty do modelu vstupovaly datum sběru a lokalita. Celkový model byl vyhodnocen jako průkazný na první ose (pseudo-F = 1,0; $p = 0,01899$) i na všech ostatních osách (pseudo-F = 1,7; $p = 0,02049$). Environmentální proměnné v RDA modelu vysvětlily 2,43 % variability v druhových datech.



Obrázek 6: Ordinační RDA model vlivu vegetačních charakteristik prostředí na abundance vyšších taxonů členovců. Do grafického výstupu modelu bylo promítnuto všech 10 skupin, jejichž zástupci byli odchyceni žlutými miskami v roce 2017 a jsou značeny pomocí trojúhelníků zpravidla se zkráceným názvem taxonu: blanokřídlí (Hymenopt), brouci (Coleopt), denní motýli (Den-Lep), dvoukřídlí (Diptera), mravenci (Mravenci), noční motýli (Noc-Lep), pavoukovci (Arachnid), polokřídlí (Hemipter), rovnokřídlí (Orthopter).

Dále byl opět testován vliv individuálních faktorů. Při testu single faktorů byl zjištěn průkazný vliv pokryvnosti bylin, rovněž proporce holého povrchu signifikantně ovlivňovala výskyt hodnocených skupin (Příloha 9). Výsledky testování při nastavení analýzy jako conditional effects jsou uvedeny v Příloha 10.

5 Diskuze

Cílem bakalářské práce bylo jednak ověřit potenciál silničních svahů z hlediska podpory biodiverzity denních motýlů a čmeláků vázaných na otevřená stanoviště, jednak vyhodnotit odezvu různých taxonomických skupin bezobratlých živočichů na experimentální ovlivnění druhově chudých porostů na dálničních svazích prostřednictvím kokrhele luštince (*Rhinanthus alectorolophus*). Odezva byla sledována na dvou úrovních: (i) abundance čmeláků (*Bombus* spp.) a denních motýlů (*Rhopalocera*), (ii) abundance jednotlivých řádů hmyzu.

5.1 Faunistické vyhodnocení

Během tří let vzorkování bylo odchyceno oběma použitými metodami celkem 747 jedinců čmeláků ve 13 druzích (Příloha 2). Počet odchycených jedinců meziročně kolísal. V roce 2016 bylo dohromady odchyceno 480 jedinců, zatímco v roce 2017 jich bylo pouze 140. Tento pokles byl pravděpodobně způsoben nezvykle chladným počasím na začátku měsíce května 2017, který měl za následek hromadné úhyny nově založených hnízd.

Ačkoliv jsou všechny druhy čmeláků i pačmeláků zákonem klasifikovány jako ohrožené, přesto lze za nejcennější považovat nález královny kriticky ohroženého (CR) čmeláka humenního (*Bombus ruderatus*), která byla odchycena v lokalitě Louny v Ústeckém kraji. Dle červeného seznamu se na území tohoto kraje druh aktuálně nevyskytuje, nebo nejsou žádná věrohodná data, která by potvrzovala jeho výskyt (Hejda et al. 2017), jde tedy o faunisticky významné zjištění.

V souladu s recentní regionální prací (Dvořák et al. 2010) a také ve shodě s řadou zahraničních autorů (Cameron et al. 2011; Dupont et al. 2011; Goulson et al. 2005) došlo k zjištění, že ve společenstvech výrazně převládají běžní generalisté – čmelák hájový/zemní (*Bombus lucorum/terrestris*; 42,7 % jedinců) a čmelák skalní (*Bombus lapidarius*; 42,2 % jedinců) (Pavelka a Smetana 2003). Tyto druhy patří mezi potravně nespécializované čmeláky s krátkým sosákem a velmi početnými koloniemi, tedy druhy, jež nejlépe odolávají unifikaci krajiny a intenzivnímu zemědělskému hospodaření (Goulson et al. 2005; Dupont et al. 2011). V případě výskytu specializovanějších druhů s dlouhým sosákem převažoval čmelák zahradní (*Bombus hortorum*; 7,4 %), zřejmě díky své široké ekologické valenci vzhledem k stanovišti (Pavelka a Smetana 2003).

Převážná část doložených druhů jedinců (*Bombus lapidarius*, *Bombus ruderarius*, *Bombus terrestris*, *Bombus vestalis*) preferuje teplá a výslunná stanoviště (Pavelka a Smetana 2003).

Další studovanou skupinou byli denní motýli, kterých bylo odchyceno 2 842 jedinců v 45 druzích (Příloha 3). Cenným nálezem je pestrokřídlec podražcový (*Zerynthia polyxena*), který je zákonem hodnocen jako kriticky ohrožený (KO). Mezi dalšími odchycenými byli zástupci druhů, které jsou uvedeny v červeném seznamu jako zranitelné (VU) a téměř ohrožené (NT) (Hejda et al. 2017). Hodnotné jsou nálezy xerothermofilních druhů s vazbou na otevřené biotopy stepního a lesostepního typu, jako žlutásek jižní (*Colias alfacariensis*), modrásek tolicový (*Cupido decoloratus*), modrásek černolemý (*Plebejus argus*), modrásek podobný (*Plebejus argyrognomon*), modrásek jetelový (*Polyommatus bellargus*), modrásek vičencový (*Polyommatus thersites*), modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*) a soumračník skořicový (*Spialia sertorius*). Zmíněné druhy zpravidla vyžadují kvetoucí byliny jako zdroj nektaru a pro vývoj svých housenek živné rostliny z čeledi bobovitých (Fabaceae) nebo růžovitých (Rosaceae), např. čičorku pestrou (*Coronilla varia*), tolici vojtěšku (*Medicago sativa*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), krvavec menší (*Sanguisorba minor*) aj. (Macek et al. 2015).

Téměř polovinu odchycených motýlů (1 402 z celkem 2 842 jedinců, tj. 49,3 %) představovali jedinci eurytopního okáče pohánkového (*Coenonympha pamphilus*). Tento všudypřítomný druh okáče vyžaduje pro vývoj housenek běžné luční trávy, jako kostřavu červenou (*Festuca rubra*), lipnici luční (*Poa pratensis*) nebo psineček obecný (*Agrotis canina*) (Macek et al. 2015) a nachází tak v současné krajině dostatek vhodných biotopů (Schultz et al. 2017). Následoval další běžný generalista bělásek řepový (*Pieris rapae*; 21,4 % jedinců). Tento druh je typický pro agrocenózy, které pokrývají většinu okolí experimentálních ploch podél dálnic. Lze se domnívat, že druh prosperuje díky dnes oblíbenému pěstování brukve řepky olejky (*Brassica napus*) (Rotem et al. 2003).

V roce 2017 pak byl roztríděn a spočítán i ostatní entomologický materiál odchycený pomocí Moerickeho misek. Nejpočetněji zastoupen byl řád dvoukřídlých, následovali blanokřídlí, polokřídlí, rovnokřídlí, brouci, noční motýli a pavoukovci, což rámcově odpovídá složení vzorků bezobratlých, odchycených v kulturních travních porostech (Mazalová et al. 2015).

Silniční okraje, nejsou-li pokryty zapojeným porostem dřevin, představují refugium pro světlomilnou faunu. Důkazem je to, že na plochách o celkové výměře 1 ha byl doložen výskyt 13 druhů čmeláků a 45 druhů denních motýlů, což odpovídá 34 %, resp. 31,5 % celkového druhového bohatství daného taxonu na území ČR (Macek et al. 2010; Macek et al. 2015).

5.2 Vyhodnocení vlivu kokrhele na čmeláky

Z Tabulka 2 vyplývá, že v obou sledovaných letech byla plocha s kokrhelem pro čmeláky atraktivnější než kontrolní plocha. Konkrétně bylo na plochách s kokrhelem odchyceno za oba roky 345 jedinců, což odpovídá 55,65 % ze všech odchycených čmeláků. Plochy s kokrhelem jsou pro čmeláky atraktivní především proto, že se jedná o vydatný zdroj nektaru a pylu koncentrovaný na jednom místě. Pokud mají čmeláci možnost, preferují sběr nektaru z jednoho druhu nektarodárné rostliny. Toto platí za předpokladu, že jde o bohatý zdroj (Dukas a Waser 1994). Pro jedince je totiž efektivnější specializovat se na „obsahu“ jednoho konkrétního typu květu, jehož morfologii si jsou schopni v daný čas zapamatovat (Chittka a Thomson 1997; Kulahci et al. 2008). Čmeláci jsou zároveň díky specifické anatomii květu kokrhele jeho hlavními opylovači (Kvak 1979).

Z analýzy dat získaných individuálními sběry (Obrázek 4) je zřejmé, že výskyt čmeláků pozitivně ovlivňuje pokryvnost kokrhele, bylin a holý povrch. Zatímco kokrhel a další kvetoucí byliny, na rozdíl od větrosnubných travin, slouží čmelákům jako potravní zdroj, holý povrch půdy může zvyšovat dostupnost hnízdního stanoviště. Oba nejpočetnější druhy čmeláků (tj. *Bombus terrestris* a *Bombus lapidarius*) totiž s oblibou hnízdí pod povrchem země např. v opuštěných norách drobných hlodavců (Goulson 2010; Pavelka a Smetana 2003). Ty jsou zřejmě pro mladé královny snáze k nalezení v případě řídkého, méně zapojeného porostu. Během experimentu bylo zaznamenáno několik čmeláčích hnízd (*Bombus lapidarius*, *Bombus terrestris*), přičemž všechna byla nalezena v kokrhelových plochách. Neobvyklá je odezva pačmeláka cizopasného (*Bombus rupestris*) na pokryvnost trav. To však může být způsobeno nízkým počtem odchycených jedinců.

Při individuálním GLM testování byly identifikovány tři druhy čmeláků (*Bombus lapidarius*, *Bombus lucorum/terrestris*, *Bombus hortorum*), které měly průkaznou odezvu na pokryvnost kokrhele na ploše (Obrázek 3). Ačkoliv se jedná o ekologicky odlišné

druhy (nespecializované s krátkým sosákem v případě prvních dvou jmenovaných *versus* potravně specializovaný *Bombus hortorum* typický velmi dlouhým sosákem), jejich abundance shodně vzrůstaly se zvyšující se pokryvností kokrhele. Popsaný trend dokládá význam kokrhele, coby potravního zdroje pro obě ekologicky odlišné skupiny čmeláků.

Naproti tomu CCA model konstruovaný z dat získaných metodou odchyty do žlutých misek nebyl průkazný. Tento stav může být způsoben (i) velmi nízkými počty odchytených čmeláků (celkově 141 jedinců odchytených miskami oproti 479 jedincům odchytených individuálním sběrem), přičemž 57 % z celkového počtu čmeláků zde zaujímal *Bombus terrestris/lucorum*, (ii) velmi dobrou disperzalitou jedinců, která může smazávat rozdíly v distribuci v jednotlivých miskách na lokalitě, (iii) malou atraktivitou žlutých misek (např. v případě masívně kvetoucího porostu kokrhele).

5.3 Vyhodnocení vlivu kokrhele na denní motýly

Ze srovnání kokrhelových a kontrolních ploch (Tabulka 2) je patrné, že více denních motýlů bylo odchyteno na kontrolních plochách. To může být způsobeno několika faktory: (i) Denní motýli nejsou schopni opylovat květy kokrhele (viz jeho hlavními opylovači jsou čmeláci (Kvak 1979)), nejsou tedy na plochy s kvetoucím porostem kokrhele přímo atrahováni. (ii) Téměř polovinu odchytených jedinců motýlů tvořili okáči poháňkoví (*Coenonympha pamphilus*). Tento druh pro vývoj housenek vyžaduje jako živné rostliny luční trávy (Macek et al. 2015). Jejich abundanci však kokrhel svou přítomností snižuje (Těšitel et al. 2017). Negativní odezva eudominantního druhu společenstva tak mohla do jisté míry skrýt případnou pozitivní odezvu jiných, méně početných druhů.

Efekt kokrhele na motýly byl tedy neprůkazný. Možný nepřímý efekt kokrhele lze ale najít ve změně struktury vegetace na experimentální ploše, na kterou už motýli reagují (Příloha 6, Příloha 7). Z grafického výstupu CCA modelu (Obrázek 5) lze vyčíst i odezvu individuálních druhů k vegetačním proměnným (např. preference k výskytu dřevin na stanovišti u druhů s vazbou na lesostepi či zarůstající louky, jako je okáč ječmínkový (*Lasiommata maera*), soumračník metlicový (*Thymelicus sylvestris*) nebo modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*) (Macek et al. 2015). V případě modelu konstruovaného pro data z individuálních sběrů se naopak ukázalo, že struktura společenstva motýlů nebyla determinována efektem pokryvnosti vegetace.

Hlavní variabilitu v modelu vysvětlovala lokalita jako taková, což lze interpretovat tak, že se struktura společenstev denních motýlů na jižní a střední Moravě liší.

Zajímavé je rovněž meziroční srovnání počtu druhů denních motýlů. Zatímco v roce 2015 bylo odchyceno 25 druhů, o rok později (tj. v roce prvního výskytu kokrhele na lokalitě) už to bylo 31 druhů, resp. 29 druhů v roce 2017. Nárůst byl způsoben mj. odchycem druhů specializovaných na dvouděložné rostliny, jako jsou běžné druhy např. babočka admirál (*Vanessa atalanta*), žluťásek čičorečkový (*Colias hyale*), modrásek tmavohnědý (*Aricia agestis*), babočka síťkovaná (*Araschnia levana*), ale taky vzácní či ustupující motýli, např. pestrokřídlec podražcový (*Zerynthia polyxena*) nebo soumračník skořicový (*Spialia sertorius*) (Macek et al. 2015).

Průzkum ploch v blízkosti dálnic dokládá, že tyto plochy slouží již dnes jako významné stanoviště denních motýlů, a to jak druhů relativně běžných, tak druhů vzácných a ohrožených. Kokrhel může mít negativní vliv na druhy vázané na trávy. Protože se však jedná převážně o všudypřítomné druhy běžných okáčů, tento vliv by měl vyvážit „přiliv“ specializovanějších motýlů s vazbou na dvouděložné rostliny.

5.4 Vyhodnocení vlivu kokrhele na další taxony

V sezoně 2017 byl zpracován i další materiál odchycený metodou žlutých misek. Analyzována tak byla i odezva na úrovni abundance brouků, dvoukřídlých, nočních motýlů, pavoukoců, polokřídlých, rovnokřídlých, blanokřídlých a mravenců (hodnoceni zvlášť). Orientační přehled o počtech jedinců každého z taxonů odchycených na experimentálních, resp. kontrolních plochách podává Tabulka 2. Byť se nejedná o výsledky statistické analýzy, ale pouze o původní data, je zřejmé, že různé taxony reagují na experimentální ovlivnění vegetace kokrhelem individuálně (podobně jako v případě studie Hartleyho et al. (2015)).

Získaná data byla podrobena RDA analýze (Obrázek 6), z níž vyplývá, že distribuce taxonů je determinována typem vegetace. Z grafického výstupu analýzy lze vyčíst několik trendů. Pokryvnost trav pozitivně ovlivňuje společenstva denních motýlů, což může být způsobeno velkým zastoupením okáčů v odebraných vzorcích (Macek et al. 2015), jak bylo diskutováno výše. Také pavoukovci vykazují pozitivní odezvu k pokryvnosti travin, naopak jsou negativně ovlivňováni plochou holého povrchu a pokryvností kokrhele. Vyšší porost totiž pravděpodobně skýtá větší možnosti k upevnění pavučin a úspěšnému lovu (Kůrka 2015). Častější výskyt pavouků ve vyšším

travním porostu potvrzuje ve své práci i Batáry et al. (2008). Více zapojený porost brání vysychání prostředí, přičemž prostředí s vlhčím mikroklimatem vyžadují typicky např. sekáči (*Opiliones*) (Dennis et al. 2001).

Blanokřídlí vykazují slabou pozitivní odezvu k pokryvnosti kokrhele, ale i holého povrchu. Vlivem kokrhele se na ploše mohou dočasně vytvořit plošky bez vegetace, které mohou využít k vyhrabání hnízdních komůrek mnohé druhy samotářských včel (Macek et al. 2010), jež tvořily významný podíl odchycených blanokřídлых.

Pro přesnější vyhodnocení vlivu kokrhele na abundanci jednotlivých taxonů by však bylo vhodné sledovat jejich odezvu v průběhu více let. Dále je třeba zmínit, že se pod abundancí taxonu jako celku skrývají dílčí abundance druhů s vzájemně odlišnými životními strategiemi, což znesnadňuje interpretaci zjištěných výsledků.

6 Závěr

Vytyčeným cílem předkládané bakalářské práce bylo vyhodnotit odezvy různých taxonů bezobratlých živočichů na experimentální ovlivnění druhově chudých porostů dálničních svahů prostřednictvím kokrhele luštince (*Rhinanthus alectorolophus*). Odezva byla sledována na dvou úrovních: (i) abundance druhů čmeláků (*Bombus* spp.) a denních motýlů (*Rhopalocera*), (ii) celkové abundance zástupců jednotlivých taxonů hmyzu (resp. hmyzu a pavoukoců). Dalším cílem práce bylo ověřit význam silničních svahů, jakožto potenciálně cenných biotopů především pro výskyt druhů/taxonů vázaných na ranně sukcesní stanoviště. Vliv působení kokrhele byl zkoumán pomocí cíleného terénního experimentu, který kombinoval dvě odchytové metody (žluté misky, individuální sběr).

Potvrdilo se, že kokrhel má přímý vliv na zvýšení abundance čmeláků, pro které vytváří atraktivní zdroj potravy. V případě denních motýlů nebyl přímý vliv kokrhele zjištěn a lze se domnívat, že strukturu jejich společenstva ovlivňuje teprve odezva vegetace na experimentální vysetí kokrhele, parazitujícího především na travách. Potlačení dominance trav tak sice může snížit početnosti např. nespécializovaných druhů dominantních okáčů, zároveň však v delším časovém horizontu podpoří výskyt dvouděložných rostlin, coby živných rostlin housenek i zdroje nektaru pro imaga vzácnějších specializovaných druhů (někteří stepní modrásci, pestrokřídlec podražcový aj.).

Interpretovat odezvu dalších taxonomických skupin je obtížnější, mj. i z důvodu nedostatečného množství dat – průzkum těchto skupin se v letní sezóně roku 2017 prováděl poprvé. Počet odchycených jedinců byl vyšší v plochách s kokrhelem v případě řádu blanokřídlých, brouků, rovnokřídlých a denních motýlů, opačnou odezvu vykazovali pavoukovci, polokřídlí a noční motýli. K lepšímu postihnutí trendů by však bylo vhodné v průzkumu pokračovat i v dalších letech. Zároveň by bylo žádoucí více diferencovat jednotlivé skupiny, aby byla lépe interpretovatelná jejich odezva k měnící se pokryvnosti konkrétních funkčních skupin vegetace (trávy, byliny, dřeviny).

Výsledky předkládané práce, ačkoliv nejde v žádném případě o definitivní výstupy experimentu, podporují myšlenku využití kokrhele k zvýšení biodiverzity dálničních náspů. Ty se tak mohou stát nášlapnými kameny pro ohrožené skupiny bezobratlých, izolované v intenzivně využívané zemědělské krajině. Průzkum lokalit v blízkosti dálnic nadto ukázal, že se již dnes jedná o stanoviště podporující relativně bohatá společenstva hmyzu.

7 Citovaná literatura

- Albrecht, J. (ed.). (2003). *Chráněná území ČR: Českobudějovicko*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Anděra, M. & Gaisler, J. (2012). *Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana*. Praha: Academia.
- Andersen, A. (1995). Measuring more of biodiversity: Genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas [Online]. *Biological Conservation*, vol. 73(issue 1), 39-43.
- Barek, J., Bencko, V., Cvačka, J. & Šuta, M. (1998). Znečištění životního prostředí automobilovými emisemi. *Chemické listy*, 92(10), 794-798.
- Batáry, P., Báldi, A., Samu, F., Szűts, T. & Erdős, S. (2008). Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? [Online]. *Biological Conservation*, vol. 141(issue 8), 2062-2070.
- Beneš, J. (2018). Webový klíč denních motýlů České republiky [Online]. *Mapování a ochrana motýlů České republiky*. České Budějovice: Entomologický ústav BC AV ČR.
- Biaggini, M., Consorti, R., Dapporto, L., Dellacasa, M., Paggetti, E. & Corti, C. (2007). The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes [Online]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 122(issue 2), 183-191.
- Bílá, K., Šipoš, J., Kindlmann, P. & Kuras, T. (2016). Consequences for selected high-elevation butterflies and moths from the spread of *Pinus mugo* into the alpine zone in the High Sudetes Mountains [Online]. *PeerJ*, vol. 4, e2094-.
- Blažek, P. (ed.) & Kubálek, M. (ed.). (2008). *Kolektivizace venkova v Československu 1948-1960 a střeoevropské souvislosti*. V Praze: Česká zemědělská univerzita.
- Bouwman, A., Derwent, R., Posch, M. & Van Vuuren, D. (2002). A Global Analysis of Acidification and Eutrophication of Terrestrial Ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 141(1/4), 349-382.
- Cameron, S., Lozier, J., Strange, J., Koch, J., Cordes, N., Solter, L. & Griswold, T. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees [Online]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108(issue 2), 662-667.

- Campbell, J. & Hanula, J. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, vol. 11(issue 4), 399-408.
- Čížek, L., Beneš, J., Fric, Z. & Konvička, M. (2009). Zpráva o stavu země: Odhmyzeno: Jak se daří nejpočetnější skupině obyvatel České republiky?. *Vesmír*, 88(386), 386-389.
- Čížek, O., Zamecník, J., Tropek, R., Kocarek, P. & Konvička, M. (2012). Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *Journal of Insect Conservation*, vol. 16(issue 2), 215-226.
- Demey, A. (2013). *Impacts of hemiparasitic plants on the vegetation and biogeochemical cycling in two contrasting semi-natural grassland types* (PhD thesis). Ghent, Belgium.
- Dennis, P., Young, M. & Bentley, C. (2001). The effects of varied grazing management on epigeal spiders, harvestmen and pseudoscorpions of *Nardus stricta* grassland in upland Scotland [Online]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 86(issue 1), 39-57.
- Dukas, R. & Waser, N. (1994). Categorization of food types enhances foraging performance of bumblebees [Online]. *Animal Behaviour*, vol. 48(issue 5), 1001-1006.
- Dupont, Y., Damgaard, C., Simonsen, V. & Stout, J. (2011). Quantitative Historical Change in Bumblebee (*Bombus* spp.) Assemblages of Red Clover Fields [Online]. *PLoS ONE*, vol. 6(issue 9), e25172.
- Dvořák, L., Holuša, J., Holý, K., Macek, J., Smetana, V., Straka, J. & Šíma, P. (2010). Blanokřídli (Hymenoptera) vybraných lokalit východní Moravy a Slezska (Česká republika), (2), 157-172.
- Ekroos, J., Heliölä, J. & Kuussaari, M. (2010). Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes [Online]. *Journal of Applied Ecology*.
- Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, vol. 34(issue 1), 487-515.

- Frouz, J. & Nováková, A. (2005). Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development: Lecture Notes from the 2nd ERCOFTAC Summerschool held in Stockholm, 10-16 June, 1998. *Geoderma*, vol. 129(1-2), 54-64.
- Gaisler, J. & Zima, J. (2007). *Zoologie obratlovců*. Praha: Academia.
- Gallet, R., Alizon, S., Comte, P., Gutierrez, A., Depaulis, F., van Baalen, M. et al. (2007). Predation and Disturbance Interact to Shape Prey Species Diversity. *The American Naturalist*, vol. 170(issue 1), 143-154.
- Garratt, M., Breeze, T., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J. & Potts, S. (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value, vol. 184, 34-40.
- Goulson, D., Hanley, M., Darvill, B., Ellis, J. & Knight, M. (2005). Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation*, vol. 122(issue 1), 1-8.
- Goulson, D. (2010). *Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation*. Oxford [England]: Oxford University Press.
- Hallmann, C., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809-.
- Harmáčková, V. (2011). *Modelování vlivu prostorové heterogenity výsypek na rozvoj půdy a vegetace* (Diplomová práce). Praha.
- Hartley, S., Green, J., Massey, F., Press, M., Stewart, A. & John, E. (2015). Hemiparasitic plant impacts animal and plant communities across four trophic levels. *Ecological Society of America*, 2408–2416.
- Hejda, R. (ed.), Farkač, J. (ed.) & Chobot, K. (ed.). (2017). *Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Hiron, M., Berg, Å., Eggers, S. & Pärt, T. (2013). Are farmsteads over-looked biodiversity hotspots in intensive agricultural ecosystems?. *Biological Conservation*, 332-342.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tscharntke, T. (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context [Online]. *Journal of Applied Ecology*, vol. 44(issue 1), 41-49.

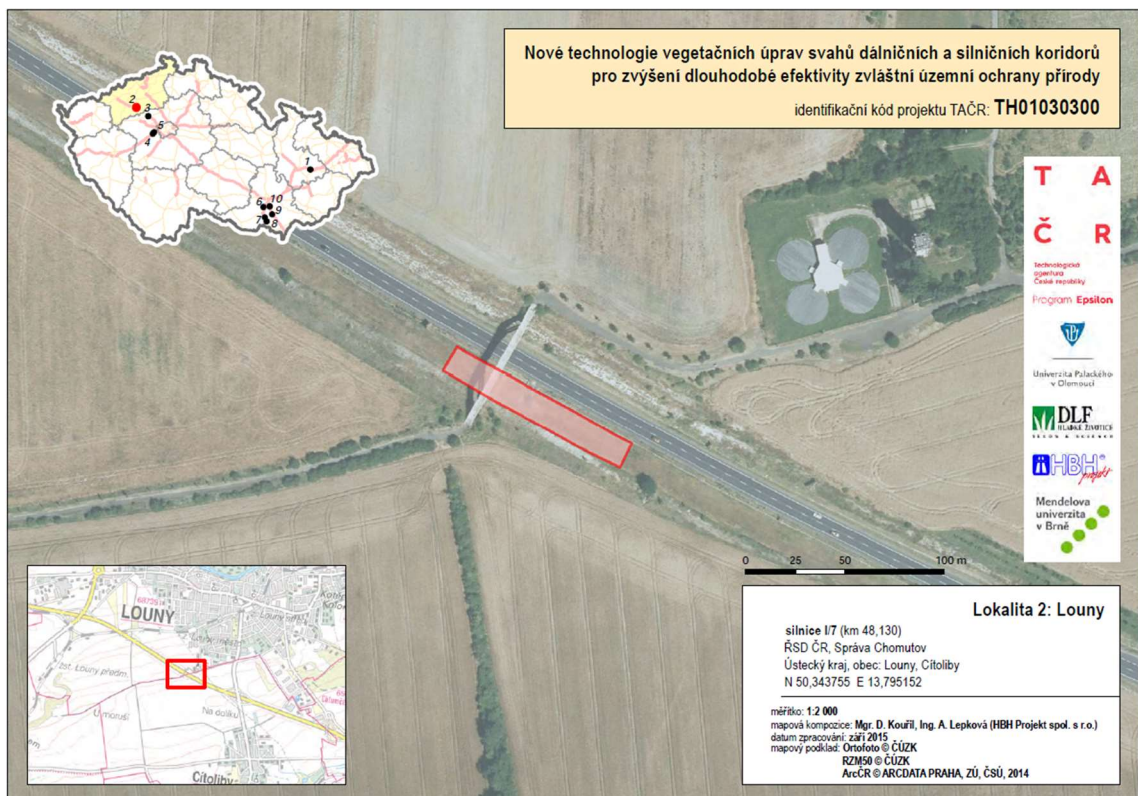
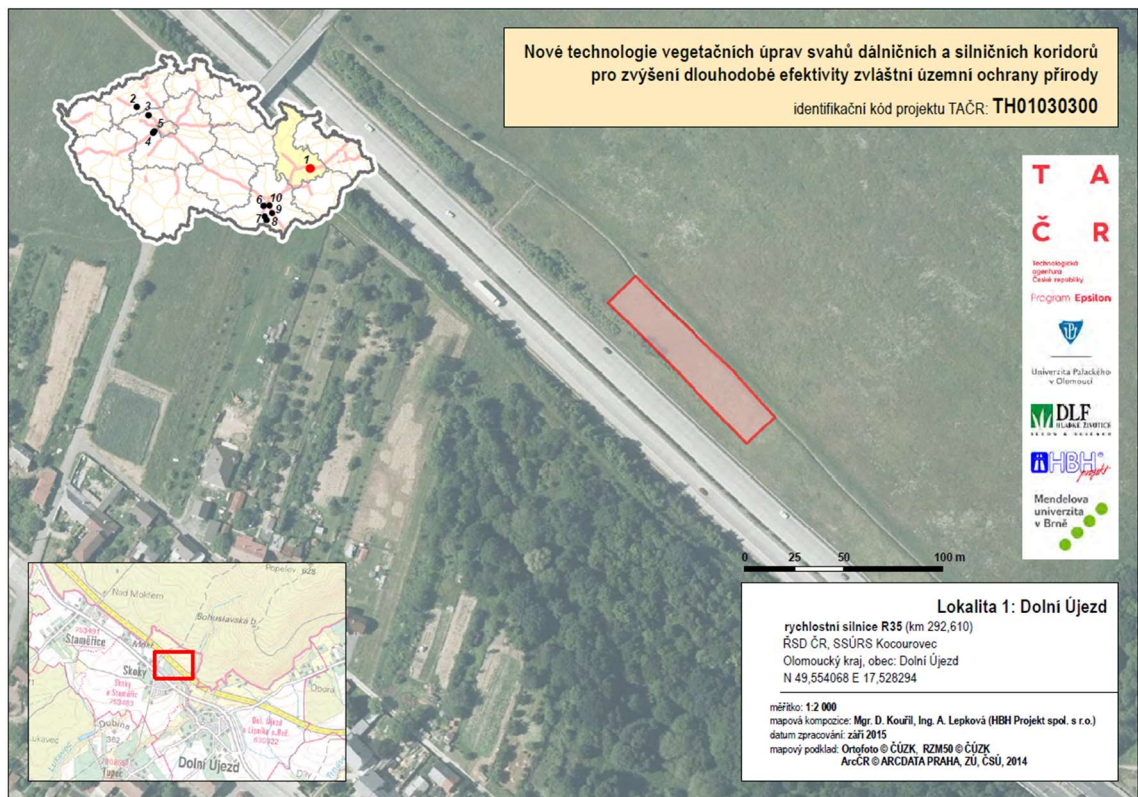
- Chittka, L. & Thomson, J. (1997). Sensori-motor learning and its relevance for task specialization in bumble bees [Online]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, vol. 41(issue 6), 385-398.
- Kindlmann, P. & Burel, F. (2008). Connectivity measures. *Landscape Ecology*.
- Kleijn, D., Kohler, F., Baldi, A., Batary, P., Concepcion, E., Clough, Y. et al. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1658), 903-909.
- Klein, A., Vaissiere, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 274(issue 1608), 303-313.
- Konvicka, M., Benes, J. & Polakova, S. (2016). Smaller fields support more butterflies: comparing two neighbouring European countries with different socioeconomic heritage. *Journal of Insect Conservation*.
- Kulahci, I., Dornhaus, A. & Papaj, D. (2008). Multimodal signals enhance decision making in foraging bumble-bees [Online]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 275(issue 1636), 797-802.
- Kuras, T., Hejduk, S., Hula, V., Niedobová, J., Šikula, T., Těšitel, J. & Mládek, J. (2015). Dálnice - zelená páteř krajiny?. *Ochrana přírody*, (5), 32-35.
- Kuras, T., Šarapatka, B., Mazalová, M., Mazalová, I. & Bednář, M. (2017). Krajinná struktura, Část I – Ochrana biodiverzity: Klíč k ochraně biologické rozmanitosti, půdy a vody. *Ochrana přírody*, 10(6), 18-23.
- Kůrka, A. (2015). *Pavouci České republiky*. Praha: Academia.
- Kvak, M. (1979). Effect of bumblebee visits on the seed set of *Pedicularis*, *Rhinanthus* and *Melampyrum* (Scrophulariaceae) in the Netherlands. *Acta Bot. Neerl.*, 28(2/3), 177-195.
- Legendre, P. & Anderson, M. (1999). Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. [Online]. *Ecological Monographs*, vol. 69(issue 1), 1-24.
- Macek, J., Straka, J., Bogusch, P., Dvořák, L., Bezděčka, P. & Tyrner, P. (2010). *Blanokřídli České republiky*. Praha: Academia.
- Macek, J., Laštůvka, Z., Beneš, J. & Traxler, L. (2015). *Motýli a housenky střední Evropy*. Praha: Academia.

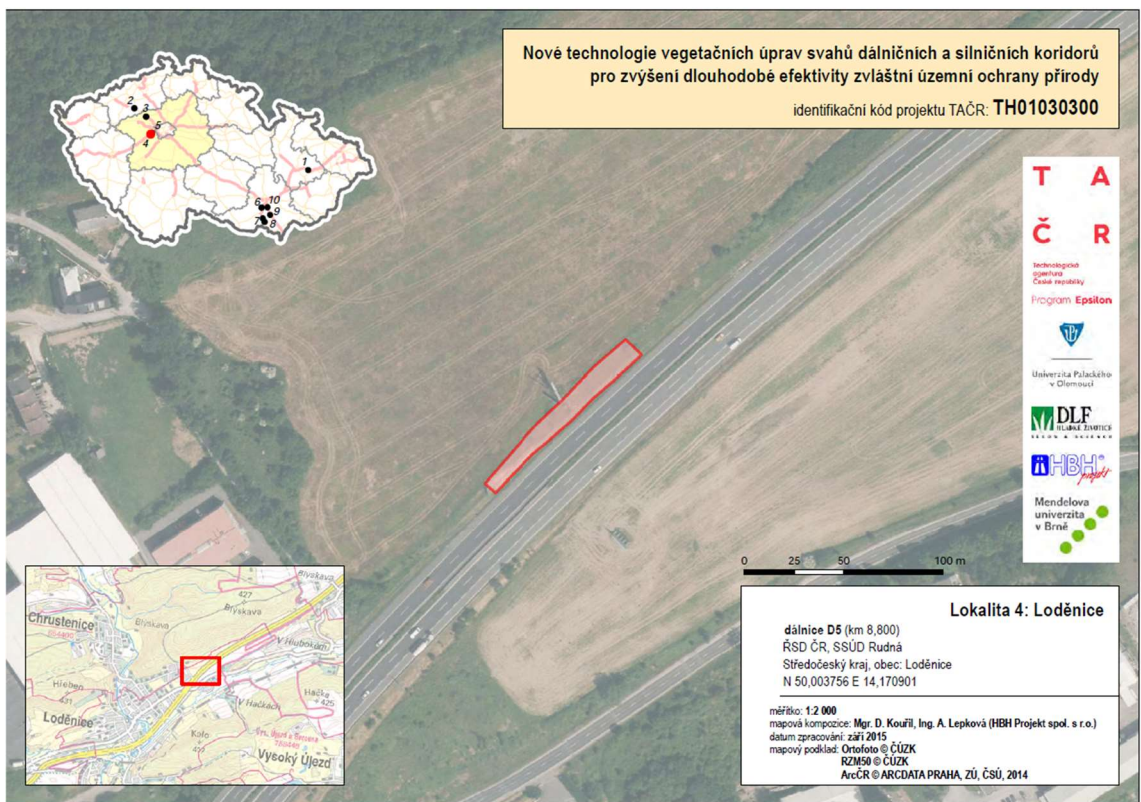
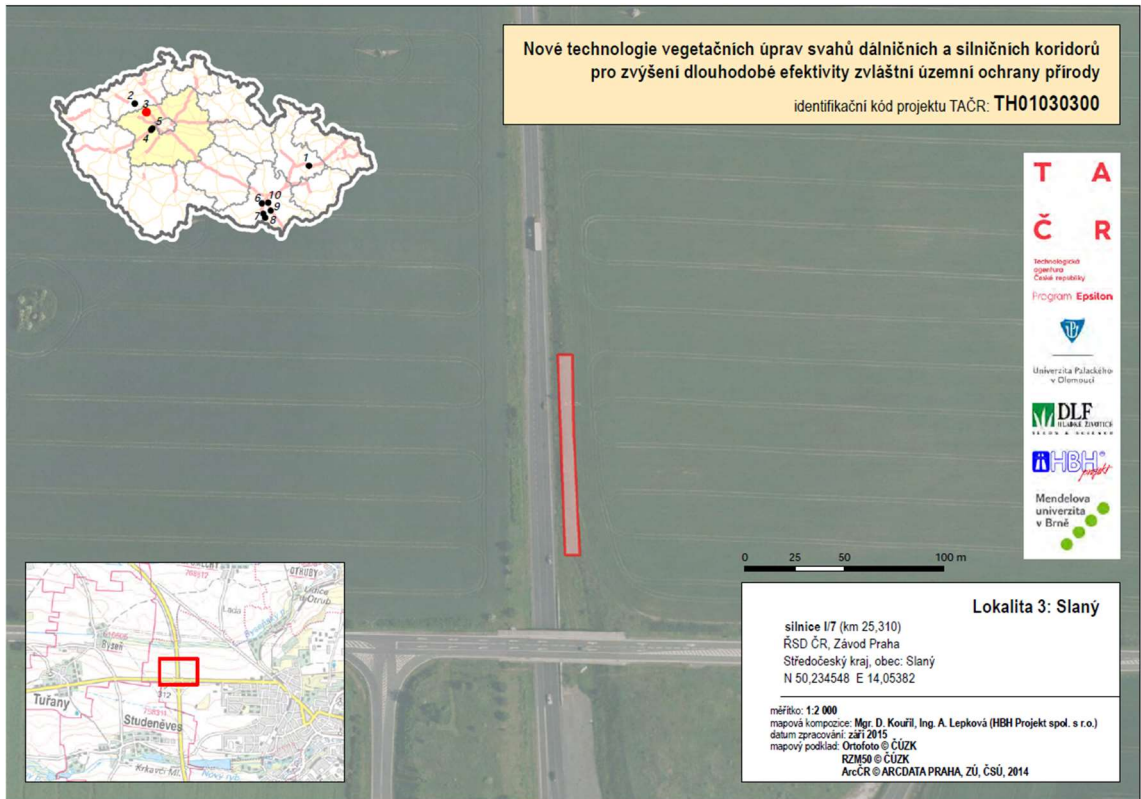
- Macek, J., Laštůvka, Z., Beneš, J. & Traxler, L. (2015). *Motýli a housenky střední Evropy*. Praha: Academia.
- Mazalová, M., Sipoš, J., Rada, S., Kasak, J., Šarapatka, B. & Kuras, T. (2015). Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management practices: Is there a compromise?. *European Journal of Entomology*.
- Moericke, V. (1951). Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pflanzenschildlaus *M. ersicae* (Sulz). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 23-24.
- Moilanen, A. & Nieminen, M. (2002). Simple connectivity measures in spatial ecology. *Ecology*, vol. 83(issue 4), 1131-1145.
- Morse, H. (1971). Annual Review of Ecology and Systematics: The insectivorous bird as an adaptive strategy (pp. 177-200).
- Mudrák, O., Mládek, J., Blažek, P., Lepš, J., Doležal, J., Nekvapilová, E. et al. (2014). Establishment of hemiparasitic *Rhinanthus* spp. in grassland restoration: lessons learned from sowing experiments. *Applied Vegetation Science*, 17, 274-287.
- Natalis, L. & Wesselingh, R. (2012). Shared pollinators and pollen transfer dynamics in two hybridizing species, *Rhinanthus minor* and *R. angustifolius*. *Oecologia*, vol. 170(issue 3), 709-721.
- Novák, I. (2010). *Motýli a jejich půvab v ilustracích Bohumila Vančury*. Praha: Aventinum.
- Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*.
- Paine, R. (1966). Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist*, 100(910), 65-75.
- Pavelka, M. & Smetana, V. (2003). *Čmeláci*. Valašské Meziříčí: ZO ČSOP.
- Pešout, P. (ed.) & Šůlová, K. (ed.). (2017). *Ročenka AOPK ČR 2016*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky.
- Rotem, K., Agrawal, A. & Kott, L. (2003). Parental effects in *Pieris rapae* in response to variation in food quality: adaptive plasticity across generations? [Online]. *Ecological Entomology*, vol. 28(issue 2), 211-218.
- Saura, S., Bodin, Ö., Fortin, M. & Frair, J. (2014). Stepping stones are crucial for species' long-distance dispersal and range expansion through habitat networks [Online]. *Journal of Applied Ecology*, vol. 51(issue 1), 171-182.

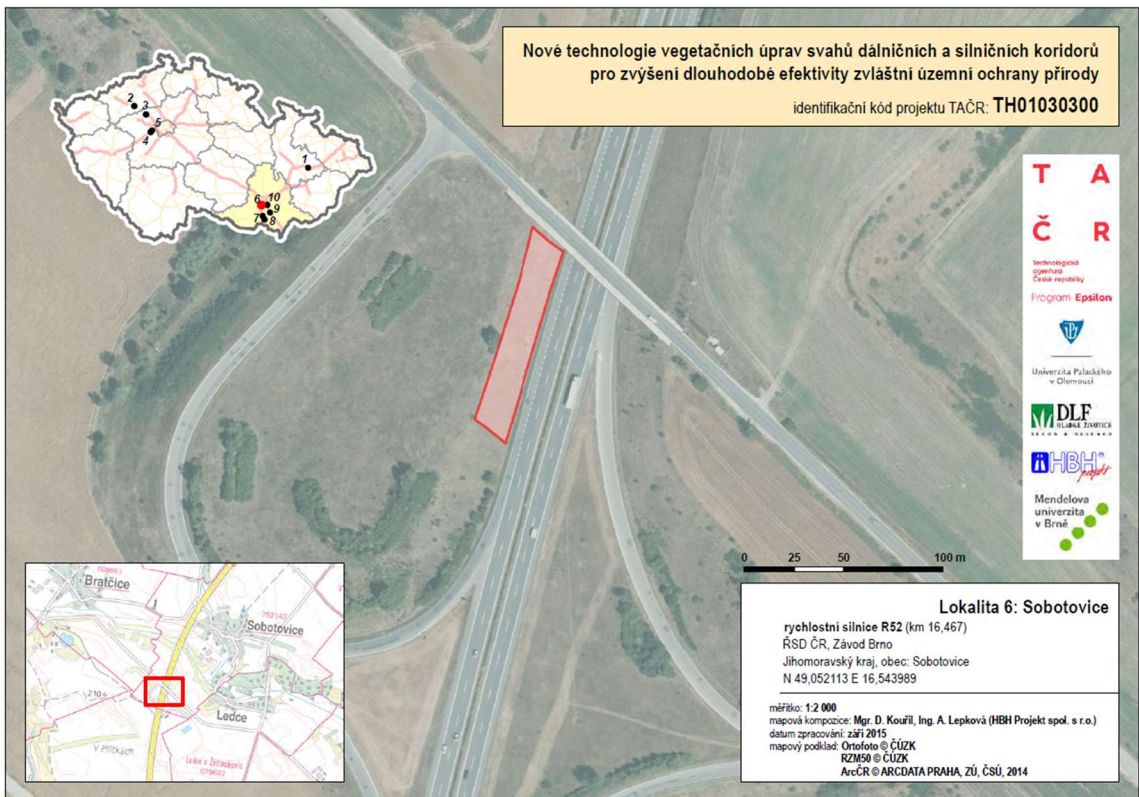
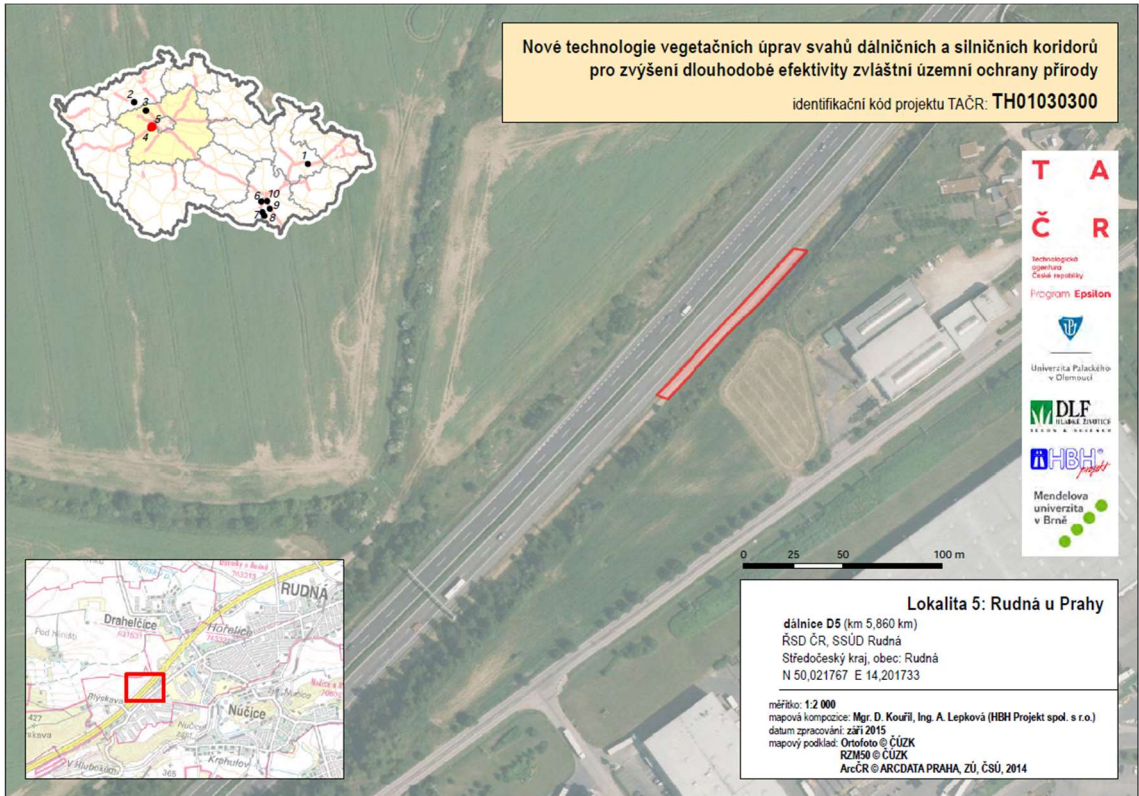
- Schultz, C., Pe'er, B., Damiani, C., Brown, L., Crone, E. & Lele, S. (2017). Does movement behaviour predict population densities? A test with 25 butterfly species [Online]. *Journal of Animal Ecology*, vol. 86(issue 2), 384-393.
- Suchomelová, J., Hejduk, S., Mládek, J., Hula, V., Kuras, T. & Šikula, T. (2016). Transformace současného ozelenění okrajů dálnic. *Silniční obzor*, 77(9), 247-252.
- Šrámková, A. & Benda, D. (2016). Druhová diverzita žahadlových (Hymenoptera: Aculeata) v nektarodárném biopásu: srovnání tří entomologických metod. In *Sborník abstraktů z konference konané ve dnech 10. až 12. června 2016 v Horce nad Moravou* (p. 22).
- ter Braak, C. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis [Online]. *Ecology*, vol. 67(issue 5), 1167-1179.
- Těšitel, J., Mládek, J., Horník, J., Těšitelová, T., Adamec, V., Tichý, L. & Souza, L. (2017). Suppressing competitive dominants and community restoration with native parasitic plants using the hemiparasitic *Rhinanthus alectorolophus* and the dominant grass *Calamagrostis epigejos*. *Journal of Applied Ecology*.
- Těšitel, J., Mládek, J., Horník, J., Těšitelová, T., Adamec, V., Tichý, L. & Souza, L. (2017). Suppressing competitive dominants and community restoration with native parasitic plants using the hemiparasitic *Rhinanthus alectorolophus* and the dominant grass *Calamagrostis epigejos*. *Journal of Applied Ecology*, vol. 54(issue 5), 1487-1495.
- Těšitel, J., Těšitelová, T., Fisher, J., Lepš, J. & Cameron, D. (2015). Integrating ecology and physiology of root-hemiparasitic interaction: interactive effects of abiotic resources shape the interplay between parasitism and autotrophy. *New Phytologist*, 350-360.
- van der Sluijs, J., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L., Bijleveld van Lexmond, M., Bonmatin, J., Chagnon, M. et al. (2014). Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning [Online]. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22(issue 1), 148-154.
- Veselovský, Z. (2001). *Obecná ornitologie*. Praha: Academia.

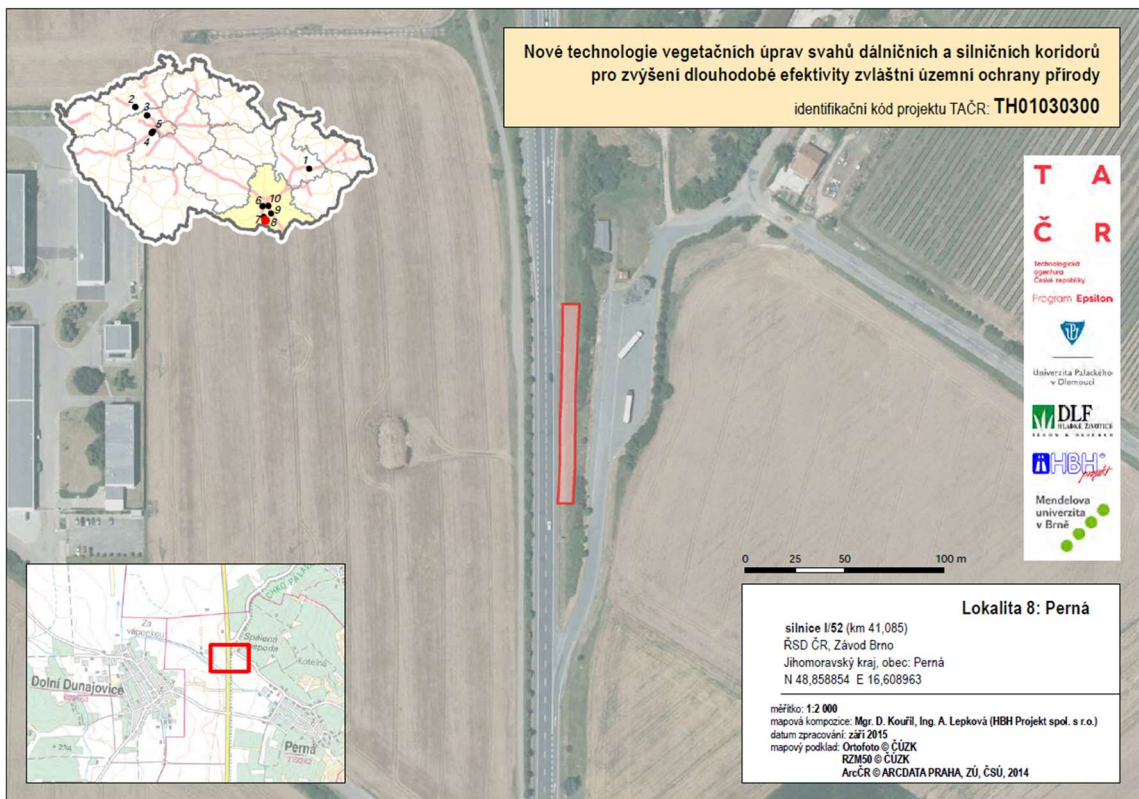
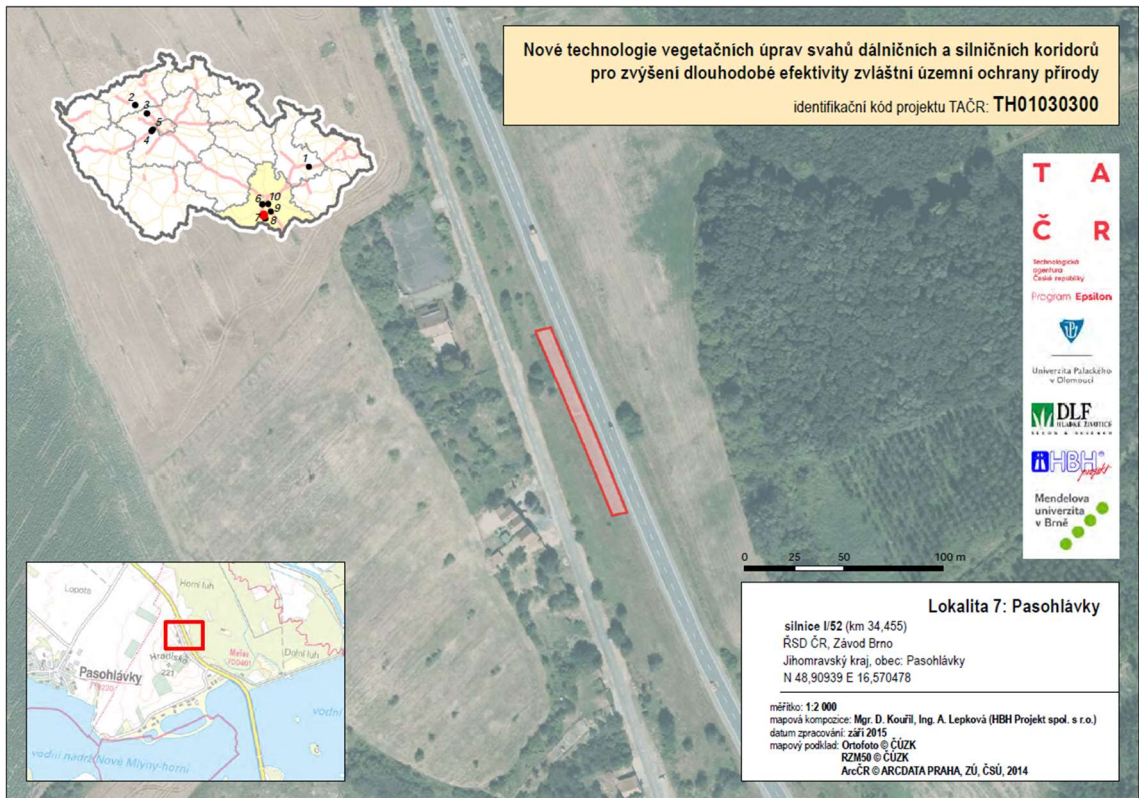
8 Přílohy

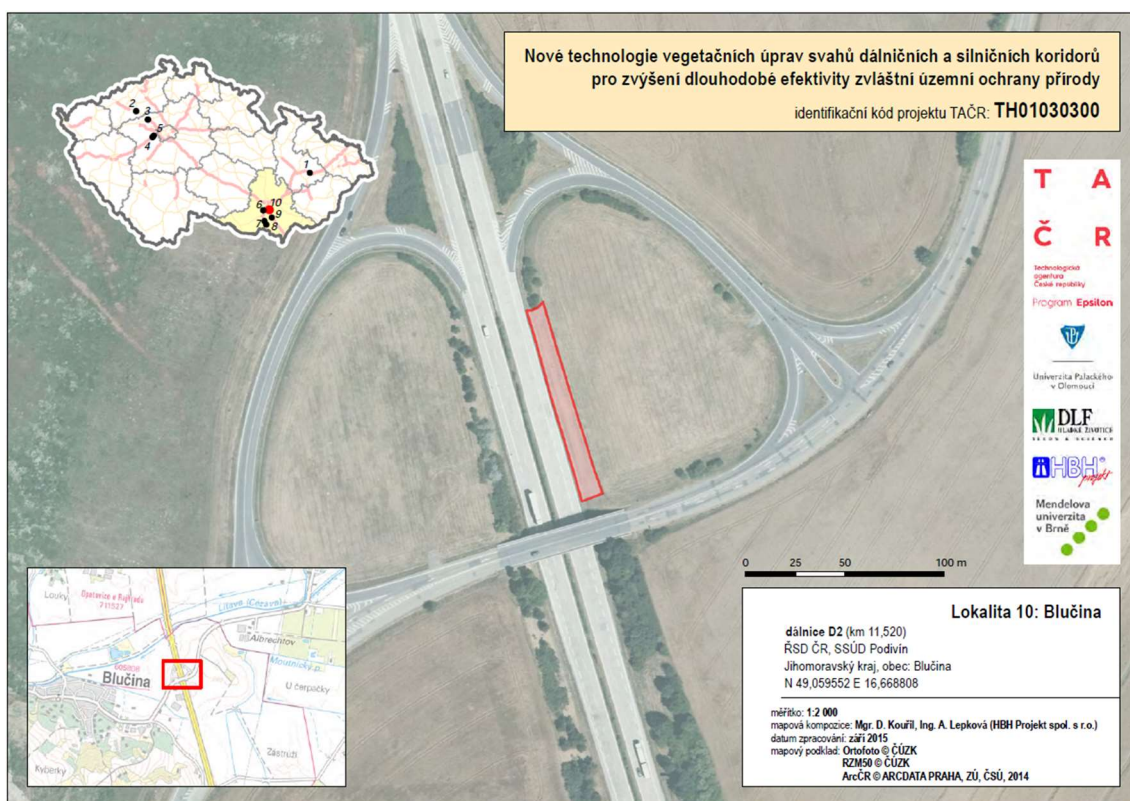
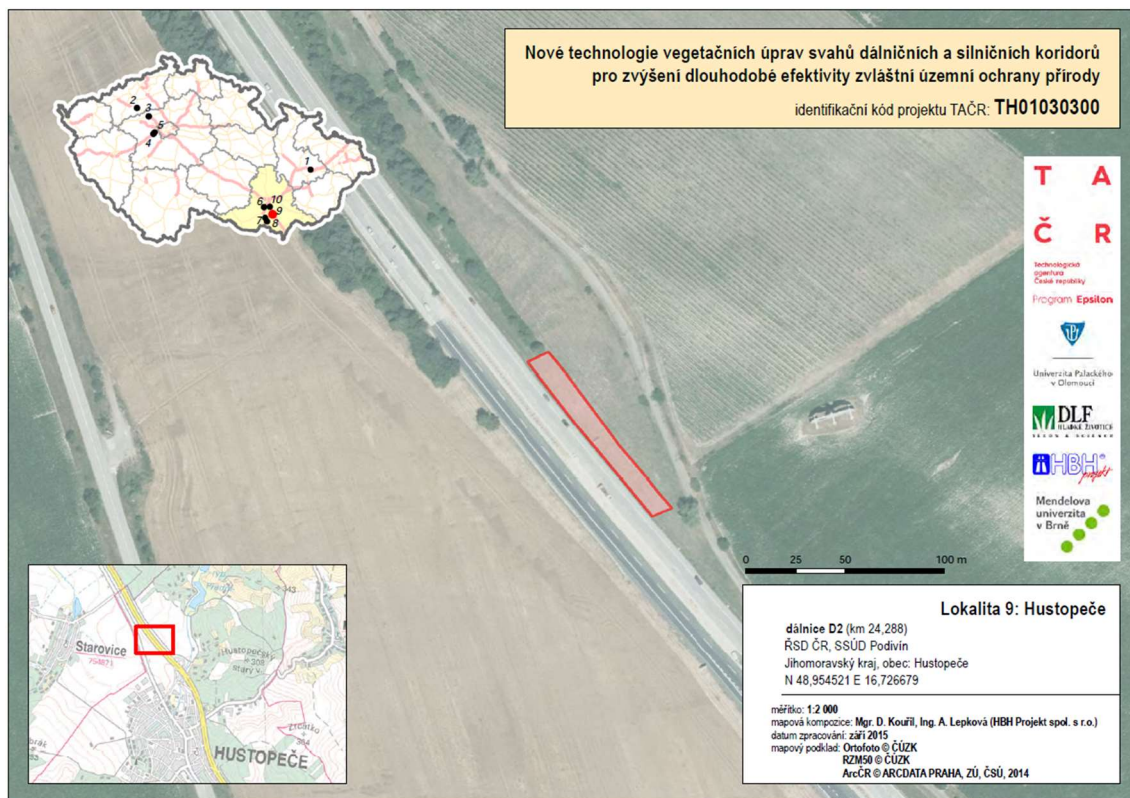
Příloha 1: Mapa lokalit











Pozn.: Převzato z podkladů pro průběžné zprávy projektu TAČR TH01030300 a upraveno.

Příloha 2: Souhrnný přehled počtu čmeláků odchycených individuálním sběrem a metodou žlutých misek

Druh	Odchycených jedinců			Celkem	Kategorie ohrožení*
	2015	2016	2017		
Čmelák zahradní (<i>Bombus hortorum</i>)	7	27	21	55	O
Čmelák proměnlivý (<i>Bombus humilis</i>)	1	2	1	4	O
Čmelák rokytový (<i>Bombus hypnorum</i>)	1	1	5	7	O
Čmelák skalní (<i>Bombus lapidarius</i>)	43	225	47	315	O
Čmelák hájový/zemní (<i>Bombus lucorum/terrestris</i>)	69	202	48	319	O
Čmelák polní (<i>Bombus pascuorum</i>)	3	6	5	14	O
Čmelák luční (<i>Bombus pratorum</i>)	0	8	5	13	O
Čmelák úhorový (<i>Bombus ruderarius</i>)	2	5	2	9	O
Čmelák humenní (<i>Bombus ruderatus</i>)	0	1	0	1	O/CR
Pačmelák cizopasný (<i>Bombus rupestris</i>)	0	1	2	3	SO
Čmelák lesní (<i>Bombus sylvarum</i>)	1	1	3	5	O
Čmelák letní (<i>Bombus vestalis</i>)	0	1	1	2	O
Celkem	127	480	140	747	O

*Kategorie ohrožení dle: (i) vyhlášky MŽP 395/1992 Sb. *sensu* 175/2006 Sb.: ohrožené (O), silně ohrožené (SO), kriticky ohrožené (KO), (ii) Červeného seznamu ohrožených bezobratlých druhů ČR: kriticky ohrožený (CR).

Příloha 3: Souhrnný přehled denních motýlů odchycených individuálním sběrem a metodou žlutých misek

	Odchycených jedinců				Kategorie ohrožení*
	2015	2016	2017	Celkem	
Babočka kopřivová (<i>Aglais urticae</i>)	60	4	3	67	
Okáč prosíčkový (<i>Aphantopus hyperantus</i>)	1	0	0	1	
Babočka síťkovaná (<i>Araschnia levana</i>)	0	0	1	1	
Modrásek tmavohnědý (<i>Aricia agestis</i>)	0	2	7	9	
Perleťovec nejmenší (<i>Boloria dia</i>)	0	3	1	4	
Okáč voňavkový (<i>Brinthesia circe</i>)	1	0	0	1	
Soumračník slézový (<i>Carcharodus alceae</i>)	0	1	0	1	NT
Okáč strdivkový (<i>Coenonympha arcania</i>)	2	1	0	3	NT
Okáč třeslicový (<i>Coenonympha glycerion</i>)	1	16	65	82	
Okáč pohánkový (<i>Coenonympha pamphilus</i>)	73	952	377	1402	
Žluťásek jižní (<i>Colias alfacariensis</i>)	5	2	6	13	VU
Žluťásek čičorečkový (<i>Colias hyale</i>)	0	6	21	27	
Žluťásek čilimníkový (<i>Colias croceus</i>)	0	1	1	2	
Modrásek tolicový (<i>Cupido decoloratus</i>)	0	1	1	2	
Okáč rosičkový (<i>Erebia medusa</i>)	0	4	0	4	NT
Žluťásek řešetlákový (<i>Gonepteryx rhamni</i>)	0	2	0	2	
Babočka paví oko (<i>Inachis io</i>)	1	0	1	2	
Perleťovec malý (<i>Issoria lathonia</i>)	3	2	8	13	
Okáč ječmínkový (<i>Lasiommata maera</i>)	0	0	1	1	NT
Okáč zední (<i>Lasiommata megera</i>)	0	0	2	2	
Bělásek luční (<i>Leptidea juvernica</i>)	0	1	1	2	
Ohniváček černokřídlý (<i>Lycaena phlaeas</i>)	0	1	0	1	

Ohniváček černoskvřnný (<i>Lycaena tityrus</i>)	0	1	0	1	
Okáč luční (<i>Maniola jurtina</i>)	10	8	2	20	
Okáč bojínkový (<i>Melanargia galathea</i>)	3	0	13	16	
Soumračník rezavý (<i>Ochlodes sylvanus</i>)	2	0	0	2	
Bělásek řepkový (<i>Pieris napi</i>)	19	8	25	52	
Bělásek zelný (<i>Pieris brassicae</i>)	0	0	5	5	
Bělásek řepový (<i>Pieris rapae</i>)	125	287	198	610	
Modrásek černolemý (<i>Plebejus argus</i>)	4	65	98	167	NT
Modrásek podobný (<i>Plebejus argyrognomon</i>)	27	34	54	115	
Babočka bílé C (<i>Polygonia c-album</i>)	1	0	0	1	
Modrásek jetelový (<i>Polyommatus bellargus</i>)	1	25	15	41	VU
Modrásek vikvicový (<i>Polyommatus coridon</i>)	2	0	2	4	VU
Modrásek jehlicový (<i>Polyommatus icarus</i>)	11	57	40	108	
Modrásek vičencový (<i>Polyommatus thersites</i>)	3	2	0	5	VU
Bělásek rezedkový (<i>Pontia daplidice</i>)	1	10	6	17	
Soumračník jahodníkový (<i>Pyrgus malvae</i>)	1	0	0	1	
Soumračník skořicový (<i>Spialia sertorius</i>)	0	2	0	2	VU
Soumračník metlicový (<i>Thymelicus sylvestris</i>)	4	0	0	4	
Soumračník čárečkovaný (<i>Thymelicus lineola</i>)	2	2	13	17	
Babočka bodláková (<i>Vanessa cardui</i>)	1	5	1	7	
Babočka admirál (<i>Vanessa atalanta</i>)	0	1	0	1	
Pestrokřídlec podražcový (<i>Zerynthia polyxena</i>)	0	1	0	1	KO/NT
Vřetenuška komonicová (<i>Zygaena viciae</i>)	0	0	3	3	
Celkem	364	1507	971	2842	

*Kategorie ohrožení dle: (i) vyhlášky MŽP 395/1992 Sb. *sensu* 175/2006 Sb.: kriticky ohrožené (KO), (ii) Červeného seznamu ohrožených bezobratlých druhů ČR: zranitelné (VU), téměř ohrožené (NT).

Příloha 4: Výsledky CCA analýzy čmeláků odchycených metodou žlutých miskách v letech 2016 a 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Lokalita Loděnice	3,44	4,3	0,13118
Opad	2,75	3,4	0,39730
Lokalita Dolní Újezd	2,08	2,6	0,13118
Lokalita Pasohlávky	1,65	2,0	0,42193
Lokalita Louny	1,36	1,6	0,27286
Pokryvnost trav	1,31	1,6	0,83583
Lokalita Blučina	1,10	1,3	0,27286
Holý povrch	0,75	0,9	0,89551
Pokryvnost kokrhele	0,73	0,9	0,89551
Pokryvnost dřevin	0,73	0,9	0,27286
Lokalita Hustopeče	0,44	0,5	0,89551
Lokalita Rudná	0,36	0,4	0,91704
Lokalita Slaný	0,29	0,3	0,89551
Pokryvnost bylin	0,23	0,3	0,98151
Lokalita Perná	0,10	0,1	0,91704
Lokalita Sobotovice	0,08	<0,1	0,89551

Příloha 5: Výsledky CCA analýzy vlivu jednotlivých faktorů na čmeláky odchycených individuálními sběry v letech 2016 a 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Pokryvnost trav	5,7	2,3	0,04198
Holý povrch	3,1	1,3	0,42679
Pokryvnost kokrhele	2,7	1,1	0,43028
Pokryvnost dřevin	3,4	1,4	0,42562
Sklon svahu	2,0	0,9	0,64601
Opad	1,6	0,7	0,78061
Pokryvnost bylin	4,1	1,7	0,29210

Příloha 6: Výsledky analýzy vlivu jednotlivých faktorů (test single faktorů) na denní motýly odchycené žlutými miskami v letech 2016 a 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Opad	0,73	6,3	0,00075
Pokryvnost dřeviny	0,34	2,9	0,02699
Pokryvnost byliny	0,24	2,1	0,00075
Holý povrch	0,20	1,7	0,00075
Pokryvnost trav	0,19	1,7	0,00075
Pokryvnost kokrhele	0,16	1,4	0,01739

Příloha 7: Výsledky analýzy vlivu faktorů (conditional effects) na denní motýly odchycené žlutými miskami v letech 2016 a 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Opad	0,73	6,3	0,003
Pokryvnost dřeviny	0,34	3,0	0,05697
Holý povrch	0,17	1,5	0,01799
Pokryvnost trav	0,10	0,9	0,43853
Pokryvnost kokrhele	0,09	0,8	0,51754

Příloha 8: Výsledky CCA analýzy vlivu jednotlivých faktorů na denní motýly odchycené individuálními sběry v roce 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Lokalita Hustopeče	8,2	5,3	0,0055
Lokalita Sobotovice	4,2	2,8	0,10555
Lokalita Dolní Újezd	3,6	2,5	0,02565
Lokalita Pasohlávky	3,3	2,3	0,10555
Lokalita Blučina	1,8	1,2	0,45352
Lokalita Perná	1,8	1,2	-
Pokryvnost bylin	1,0	0,7	1
Opad	0,7	0,5	1
Pokryvnost dřevin	0,6	0,4	1
Pokryvnost kokrhele	0,7	0,5	1
Pokryvnost trav	5,0	3,6	0,02565

Příloha 9: Výsledky analýzy vlivu jednotlivých faktorů (test single faktorů) na taxony odchycené žlutými miskami v roce 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Pokryvnost bylin	1,02	3,6	0,02249
Pokryvnost trav	0,80	2,8	0,02874
Holý povrch	0,63	2,2	0,04581
Pokryvnost kokrhele	0,21	0,7	0,72114
Pokryvnost dřevin	0,21	0,7	0,72114

Příloha 10: Výsledky analýzy vlivu faktorů (conditional effects) na taxony odchycené žlutými miskami v roce 2017

Faktor	Vysvětlená variabilita (%)	pseudo-F	p (adj)
Pokryvnost bylin	1,02	3,6	0,02999
Pokryvnost trav	0,63	2,2	0,13618
Holý povrch	0,40	1,4	0,22739
Pokryvnost kokrhele	0,24	0,8	0,78148
Pokryvnost dřevin	0,14	0,5	0,87856