

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Výskyt motýlů a čmeláků v městském prostředí:
dětská hřiště jako možný významný prvek urbánní
zeleně**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Knapp, Ph.D.

Bakalant: Klára Zimová

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Klára Zimová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Výskyt motýlů a čmeláků v městském prostředí: dětská hřiště jako možný významný prvek urbánní zeleně

Název anglicky

Distribution of butterflies and bumblebees in the urbanized areas: playgrounds as a possible important component of urban greenery

Cíle práce

Hlavním cílem práce bude vypracovat shrnutí existujících poznatků (založených na literární rešerši) o hlavních faktorech ovlivňujících společenstva motýlů a čmeláků v urbanizovaných oblastech. Cílem navazující praktické části bude sběr a zpracování dat o početnosti a diverzitě motýlů a čmeláků na dětských hřištích umístěných v různých částech Prahy. Konkrétně se práce pokusí odpovědět na následující otázky:

- 1) Je na dětských hřištích více či méně jedinců/druhů motýlů a čmeláků než v běžné městské zeleni?
- 2) Jaké vlastnosti hřiště ovlivňují kolik jedinců/druhů motýlů a čmeláků se na dětském hřišti vyskytuje?

Metodika

Rešeršní část práce bude čerpat především z vědeckých článků dohledaných v databázi Web of Knowledge. Zdrojem informací se ovšem mohou stát i česky psané popularizační články či kapitoly v knihách.

Sběr dat o motýlech a čmelácích proběhne v rámci cca 30ti dětských hřišť v různých částech Prahy (cílem bude podchycení gradientu centrum-periferie). Cílová hřiště budou mít různé vlastnosti (např. velikost, podíl nezpevněné plochy, množství kvetoucích rostlin), které budou zaznamenány. Společně s hřišti budou sebrána data i pro kontrolní plochy (běžná zeleň v blízkém okolí hřiště).

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran textu + přílohy dle potřeby

Klíčová slova

biodiverzita, hmyz, městské prostředí, opylovači, zeleň

Doporučené zdroje informací

- Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W. (2019). Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecological Entomology*, 44(5), 678–689.
- Haaland, C. (2023). Bumblebees and butterflies in green structure elements in Malmö, Sweden. *Urban Ecosystems* 26: 1559-1572.
- Mody, K., Lerch, D., Müller, A.-K., Simons, N. K., Blüthgen, N., & Harnisch, M. (2020). Flower power in the city: Replacing roadside shrubs by wildflower meadows increases insect numbers and reduces maintenance costs. *PLOS ONE*, 15(6), e0234327.
- Öckinger, E., Dannestam, Å., Smith, H.G. (2009). The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity. *Landscape and Urban Planning* 93: 31-37.
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V., & Tschardtke, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Michal Knapp, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Výskyt motýlů a čmeláků v městském prostředí: dětská hřiště jako možný významný prvek urbánní zeleně“ vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. Ing. Michala Knappa, Ph.D. a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze, dne 26.03.2024

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Knappovi, Ph.D. za vstřícnost a cenné rady při zpracovávání této bakalářské práce. Ne menší poděkování patří Ing. Michalu Řeřichovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a odborné rady při zpracování analýzy dat. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu při studiu.

Abstrakt

Rešeršní část této práce se zabývá výskytem motýlů a čmeláků v městském prostředí. Přesněji se soustředí na hlavní parametry prostředí, které ovlivňují jejich výskyt ve městech. Názorně je ilustrován celkový pokles biodiverzity nejen těchto volně žijících opylovačů, ale celkově hmyzu, v důsledku antropogenní činnosti a potřeba tuto problematiku řešit.

Dopady urbanizace jsou často smíšené, kdy rostoucí míra urbanizace přeměňuje přirozená stanoviště na zpevněné či intenzivně využívané plochy. Nicméně městské prostředí dokáže ve spojení se správným managementem stanovišť poskytovat i různorodé a kvalitní zdroje pylu a nektaru, které mohou podpořit výskyt opylovačů.

Praktická část této práce zkoumá, jaký vliv mají plochy dětských hřišť na motýly a čmeláky. Tyto doposud neprobádané plochy městské zeleně totiž mají také potenciál zmírnit dopady urbanizace. Výsledky ukazují, že dětská hřiště momentálně neposkytují příliš vhodné podmínky pro motýly a čmeláky a jejich počty a diverzita jsou nižší, než na párových plochách představujících běžnou městskou zeleň v okolí (kontrolní plochy). Nicméně početnost a diverzita čmeláků a motýlů na dětských hřištích byla pozitivně ovlivňována pokryvností vegetace a množstvím nektaru. Soustředěním se na zlepšení těchto faktorů by mohlo dojít k výrazné podpoře opylovačů v městské krajině.

Důležitým bodem v ochraně opylovačů je také edukace a osvěta. Práce navrhuje možnost využití dětských hřišť pro edukaci dětí i dospělých. Tento krok by mohl přispět k většímu povědomí o těchto klíčových organismech a napomoci jejich podpoře nejen v městském prostředí.

Klíčová slova

biodiverzita, hmyz, městské prostředí, opylovači, zeleň

Abstract

The theoretical part of this thesis examines the occurrence of butterflies and bumblebees in the urban environment. More precisely, it focuses on the main environmental parameters that influence their occurrence in cities. It illustrates the overall decline in biodiversity of not only these wild pollinators, but insects in general, due to anthropogenic activities and the need to address this issue.

The impacts of urbanization are often diverse, as increasing urbanization transform natural habitats into impervious or intensively managed areas. However, with proper management, urban areas can also provide heterogeneous and high quality sources of pollen and nectar that can support abundance of pollinators.

The research part of this thesis investigates the impact of playground areas on butterflies and bumblebees. These formerly unstudied areas of urban green spaces therefore have the potential to mitigate the impacts of urbanization. The results show that playgrounds currently do not provide very suitable conditions for butterflies and bumblebees and their abundance and diversity are lower than in the paired area representing normal urban green spaces in the surrounding environment (control sites). However, the abundance and diversity of bumblebees and butterflies in playgrounds was positively influenced by vegetation cover and nectar abundance. Focusing on improving these factors could significantly support pollinators in the urban landscape.

Education and awareness is also an important step in pollinator protection. The thesis proposes the possibility of using playgrounds to educate children and adults. This step could contribute to greater awareness of these key organisms and help to support them in more than just urban environment.

Keywords

biodiversity, insect, urban area, pollinators, greenery

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	12
3.1 Biodiverzita hmyzu	12
3.1.1 Pojem biodiverzita	12
3.1.2 Důležitost hmyzu	12
3.1.3 Ohrožení biodiverzity hmyzu a možné příčiny	13
3.1.4 Vliv urbanizace na biodiverzitu hmyzu	14
3.2 Opylovači	16
3.2.1 Biologie motýlů (Lepidoptera).....	17
3.2.2 Biologie čmeláků (rod <i>Bombus</i>).....	19
3.2.3 Význam motýlů a čmeláků a jimi poskytované ekosystémové služby	20
3.3 Porovnání městské oblasti s jinými typy stanovišť	21
3.3.1 Město nebo intenzivně obdělávaná zemědělská půda.....	21
3.3.2 Město nebo venkov	23
3.4 Faktory ovlivňující výskyt opylovačů.....	24
3.4.1 Zastavěnost a nepropustná plocha.....	24
3.4.2 Kvalita zeleně.....	26
3.4.3 Přítomnost nepotravních zdrojů	29
3.4.4 Heterogenita a konektivita prostředí	30
3.5 Možnosti vylepšení městského prostředí.....	31
3.6 Citizen science.....	33
4. METODIKA.....	35

4.1	Zkoumané lokality.....	35
4.1.1	Environmentální proměnné.....	36
4.2	Sběr dat.....	37
4.3	Zpracování dat.....	38
5.	ANALÝZA DAT	38
5.1	Vliv dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami v měsíci červnu a srpnu.....	38
5.2	Vliv environmentálních charakteristik a vlastností dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami.....	39
6.	VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ.....	39
6.1	Vliv dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami v měsíci červnu a srpnu.....	39
6.2	Vliv environmentálních charakteristik a vlastností dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami.....	42
6.2.1	Červen.....	42
6.2.2	Srpen.....	45
7.	DISKUSE.....	47
7.1	Dětská hřiště jako příležitost k edukaci.....	49
8.	ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE.....	51
9.	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	52
9.1	Ostatní zdroje.....	52
9.2	Internetové zdroje.....	52
9.3	Odborné publikace.....	53
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH.....	67
10.1	Seznam obrázků.....	67
10.2	Seznam tabulek.....	68

10.3	Seznam příloh.....	68
11.	PŘÍLOHY	69

1. ÚVOD

Opylovači jsou nedílnou součástí biologické rozmanitosti na Zemi. Studie popisují, že téměř 90 % planě kvetoucích rostlin závisí na opylení (Christmann, 2019). Kromě udržování zdraví a rozmanitosti přírodních ekosystémů opylovači také přispívají k celosvětové produkci více než 75 % zemědělských plodin (Vanbergen & Initiative, 2013).

V současnosti čelí opylovači mnoha hrozbám, mezi které se řadí změny klimatu, fragmentace habitatu, rozvíjející se urbanizace, změny využití půdy a intenzifikace zemědělství (Baldock, 2020).

Opylování je jednou z nejvíce postižených ekosystémových služeb v městských oblastech především z důvodu poklesu zastoupení městských zelených ploch, vysokého procenta zpevněných povrchů a dalších faktorů spojených s urbanizací (Llodrà-Llabrés & Cariñanos, 2022). Městská zeleň, která by mohla být ideální pro zajištění vysoké druhové bohatosti a dlouhého kvetení, je intenzivně sečena a z toho důvodu nenabízí dostatečné potravní a hnízdní zdroje pro opylovače (Dylewski et al., 2019). Nепropustné a zastavěné plochy snižují konektivitu městské krajiny a mění interakce mezi rostlinami a opylovači (Geslin et al., 2013).

I přes to města ve skutečnosti disponují potenciálem podporovat překvapivé množství biodiverzity, ale je nezbytné provést zlepšení městské habitatové matice. Heterogenita biotopů, která prokazatelně podporuje druhovou rozmanitost, může být ve městech vysoká a může zahrnovat mnoho vhodných biotopů pro rostliny a hmyz (Ayers & Rehan, 2021).

Jelikož více než polovina světové populace nyní žije v městských oblastech a předpokládá se, že do roku 2050 bude tento trend stoupat (Baldock, 2020), je třeba na městské prostředí nahlížet jako na možné útočiště pro opylovače.

Tato práce se zaměřovala na výskyt opylovačů na dětských hřištích v urbanizované krajině. Dětská hřiště, jako součást městské zeleně, mohou představovat zajímavé a dosud nedostatečně prozkoumané plochy pro výskyt těchto klíčových organismů. S vhodnými managementy by se tyto lokality mohly stát atraktivními pro opylovače a podpořit jejich výskyt ve městech (Daniels et al., 2020).

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo vypracovat shrnutí existujících poznatků založených na literární rešerši o hlavních faktorech ovlivňujících společenstva motýlů a čmeláků v urbanizovaných oblastech. Cílem navazující experimentální části byl sběr a zpracování dat o početnosti a diverzitě motýlů a čmeláků na dětských hřištích umístěných v různých částech Prahy. Práce se pokusila odpovědět na následující otázky:

- 1) Je na dětských hřištích více či méně jedinců/druhů motýlů a čmeláků než v běžné městské zeleni?
- 2) Jaké vlastnosti hřiště ovlivňují kolik jedinců/druhů motýlů a čmeláků se na dětském hřišti vyskytuje?

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Biodiverzita hmyzu

3.1.1 Pojem biodiverzita

„*Biologická diverzita (biodiverzita) označuje veškerou rozmanitost živé přírody od úrovně genetické až po celé ekosystémy*“ (Storch, 2019). Termín "biodiverzita" má svůj původ v oblasti ochrany přírody. V roce 1992 publikoval Edward O. Wilson knihu s názvem "The Diversity of Life" se snahou upozornit na úbytek druhů, zejména živočišných, způsobený lidskou činností. Wilson byl součástí skupiny uznávaných ekologů, kteří již od sedmdesátých let 20. století varovali před nebezpečím masivního vymírání způsobeného právě člověkem (Maclaurin & Sterelny, 2008).

3.1.2 Důležitost hmyzu

S výjimkou nejslanějších a nejchladnějších míst na Zemi převládá hmyz svou rozmanitostí ve všech ostatních suchozemských ekosystémech (Samways, 2018). Na celosvětové úrovni je v říši Animalia, kmenu Arthropoda, zaznamenáno přibližně 1 552 000 druhů, z čehož přibližně 80 % představuje hmyz. Jsou hlavní skupinou, která na Zemi tvoří až 66 % biomasy všech živočichů (Raghavendra et al., 2022).

Hmyz patří mezi klíčové složky mnoha ekosystémů, v nichž plní určité ekologické funkce (služby). Mezi tyto služby patří například provzdušňování půdy a opylování kvetoucích rostlin. Hmyz zároveň vykonává funkci predátora, parazita či parazitoida, což má vliv na hmyzí škůdce. Současně však může fungovat jako škůdce rostlin (Scudder, 2017).

Hmyzí býložravci mohou mít potencionálně velký vliv na procesy v ekosystému, například dokáží měnit kvalitu, množství a načasování přísunu rostlinného detritu. Belovsky & Slade (2000) ve své studii zjistili, že herbivorie sarančat překvapivě zvyšuje početnost některých rostlin díky větší dostupnosti dusíku.

Konzumenti, predátoři a paraziti na vyšších trofických úrovních pomáhají kontrolovat nárůst populace primárních konzumentů. Býložravý hmyz s potenciálem stát se škůdcem je pod přirozenou kontrolou hmyzích predátorů a parazitoidů. Mezi predátory

patří například vážky (Odonata), síťokřídli (Neuroptera), entomofágní slunéčka (Coccinellidae), dále zlatoočky rodu *Chrysopa*, pestřenky (Syrphidae), některé ploštice (Heteroptera) a z řádu brouků (Coleoptera) např. páteříčci, střevlíci a další (Petrželová & Ivana, 2014). V řádu blanokřídlych (Hymenoptera) se vyskytují různé parazitoidi, kteří parazitují na dospělých, larvách nebo vajíčkách jiného hmyzu (Jankielsohn, 2018).

Další nezbytnou funkcí je opylování, kterému se budu detailněji věnovat níže v textu této práce. Více než tři čtvrtiny volně rostoucích kvetoucích rostlin v oblasti mírného pásma potřebují hmyz pro opylování (Jankielsohn, 2018). Mezi nejdůležitější opylovače patří včely, pestřenky, brouci, motýli a čmeláci (Schoonhoven et al., 2005).

Spoustou funkcí zajišťuje hmyz přežití a prosperitu člověka, přesto je mu věnováno relativně málo pozornosti (Miličić et al., 2021). Tyto ekologické funkce často zůstávají nepovšimnuty, právě z důvodu vnímání hmyzu jako škůdce či potencionálního škůdce (Jankielsohn, 2018). Podobně je tomu i v případě studie o biologické rozmanitosti živočichů potvrzující nedostatečné zastoupení hmyzu v publikované literatuře (Tittley et al., 2017).

3.1.3 Ohrožení biodiverzity hmyzu a možné příčiny

Nyní se naše Země nachází uprostřed šestého masivního vymírání druhů. Studie (Wagner et al., 2021; Raghavendra et al., 2022; Amendt, 2021) poukazují na čím dál rychlejší pokles rozmanitosti hmyzu, přičemž tento úbytek byl zaznamenán po celém světě.

Poklesy u hmyzu jsou viditelné nejen na úrovni biodiverzity a početnosti, ale také na úrovni celkové biomasy. Například studie (Hallmann et al., 2017), provedená v 63 chráněných přírodních oblastech v Německu, poukazuje na dramatický pokles celkové biomasy létajícího hmyzu o 75 %, a to bez ohledu na typ stanoviště.

Mezi nejvýznamnější hrozby pro hmyz patří zemědělství, změna klimatu, znečištění, změny přírodních systémů, invazní druhy a rozvoj obytných oblastí. Ve studii Miličić et al. (2021) bylo za největší hrozbu pro hmyz vyhodnoceno zemědělství. Změny krajiny způsobené zemědělskou činností způsobují homogenizaci krajiny a ztrátu stanovišť, což následně vede ke ztrátě druhů (Dalzochio et al., 2018; Polus et al.,

2007). Raghavendra et al. (2022) označuje za hlavní faktor poklesu hmyzích populací rozsáhlé používání syntetických pesticidů. Druhou nejvýznamnější hrozbou byla zmíněna změna klimatu. S ohledem na množství a různorodost znečišťujících látek, bylo znečištění vyhodnoceno jako jedna z nejzávažnějších hrozeb. Konkrétně bylo toto ohrožení druhým nejrelevantnějším pro brouky (Coleoptera), vážky (Odonata), některá larvální stádia motýlů, chrostíků a dvoukřídlých z důvodu jejich závislosti na vodě alespoň v části jejich životního cyklu. Různá vodní znečištění tudíž představují pro tato společenstva hrozbu (Chi et al., 2017).

Více než 30 % druhů hmyzu je na ústupu a jedna třetina je ohrožena. I tak se ochraně hmyzu věnuje méně pozornosti než ochraně rostlin a jiných živočichů, důvodem může být předpoklad, že hmyz, jakožto ektotermní skupina živočichů, bude na změnu klimatu reagovat jinak než teplokrevní živočichové, jako jsou ptáci nebo savci (Raghavendra et al., 2022).

3.1.4 Vliv urbanizace na biodiverzitu hmyzu

Urbanizace představuje jednu z hlavních změn ve využívání krajiny, která stojí za celosvětovým úpadkem biodiverzity hmyzu (Fenoglio et al., 2021).

Město představuje komplexní a heterogenní prostředí se zvýšenými teplotami (efekt „městského tepelného ostrova“), znečištěním, s významným podílem nepropustných ploch, vysokou mírou fragmentace krajiny a výskytem mnoha nepůvodních druhů rostlin a živočichů. Tyto faktory ovlivňují biodiverzitu hmyzu, avšak reakce druhů závisí na jejich konkrétních vlastnostech, jak zmiňuje stále více studií (Martinson & Raupp, 2013; Buchholz & Egerer, 2020; Boyes et al., 2021). Urbanizace může působit jako prostředek ovlivňující strukturu hmyzího společenstva tím, že selektuje druhy schopné osídlit a přežít drsné podmínky centra města na základě jejich biologických vlastností (Lizée et al., 2011; Fournier et al., 2020). Mezi tyto vlastnosti citlivé na urbanizační faktory patří potravní návyky, preference stanovišť, velikost těla, reprodukční parametry a schopnost disperse (Lizée et al., 2011; Buchholz & Egerer, 2020).

Mimo to, že města slouží jako ukazatel účinků globálních změn klimatu, mají na ně také přímý vliv. Mnoho druhů, včetně hmyzu, mění svůj geografický areál a narážejí

tak na nová stanoviště, nevyjímaje urbanizované plochy. Prvky městského designu jako jsou koridory, lineární parky a zelené stezky, pomáhají usnadnit průchod urbanizovanou krajinou (Diamond et al., 2023).

Důležité je, že hmyz podléhá různým omezením, jako jsou složité životní cykly. Například někteří brouci a motýli se kuklí na zemi, přičemž města mohou být omezena v dostupnosti listového opadu či vhodného půdního substrátu, v důsledku odstraňování listového opadu a rozsáhlého zhutnění půdy v městské krajině. Dalším příkladem jsou vážky (Odonata), které potřebují ke svému vývoji nejen suchozemské, ale také sladkovodní prostředí (Diamond et al., 2023).

Nedávné články poukazují na potenciál městských biotopů čelit globální krizi úbytku biodiverzity. Existuje řada postupů, které umožňují úspěšnou ochranu, a to především snahy zachovat stávající zelené plochy, vytvářet nové či obnovovat a rehabilitovat degradované plochy (Friedman, 2020; Klaus & Kiehl, 2021). Obnovou vegetace, zejména nahrazováním keřů a trávníků divokými květinovými loukami a trávniky označovanými jako „grass-free lawns“ (trávniky bez travnaté složky, ta je nahrazena různými druhy vytrvalých bylin odolných vůči sečení), se úspěšně podařilo obnovit populace některých druhů hmyzu (Smith et al., 2015). Výběr původní vegetace je zvláště důležitý pro zachování zejména lesních druhů, které čelí největšímu ohrožení v městském prostředí (Noreika & Kotze, 2012). Zelené infrastruktury (zelené střechy, zelené stěny a komunitní zahrady) zvýhodňují hmyz tím, že nabízejí zdroje a útočiště a zároveň dokáží snižovat negativní dopady zastavěných povrchů, znečištění ovzduší a efekt tepelného ostrova (Bongaarts, 2019). Zejména u zelených střech bylo prokázáno, že značně podporují rozmanitost hmyzu, pokud mají vysokou rozmanitost rostlin a prvky jako např. mrtvé dřevo, písek a oblázky, které přispívají heterogenitě stanoviště (Knapp et al., 2019; Klaus & Kiehl, 2021).

Abundance populací a diverzita druhů samotných opylovačů je v městských oblastech dosti mizivá (Baldock et al., 2019). Tyto poklesy ale nemusí být všeobecné pro všechny skupiny opylovačů. Některé studie popisují dokonce růst diverzity blanokřídlých s urbanizací (Baldock, 2020; Theodorou et al., 2020). Abundance, na rozdíl od diverzity, klesá u všech hlavních skupin opylovačů s rostoucí intenzitou urbanizace. Nejméně výrazný je tento efekt u blanokřídlých. U motýlů je pak negativní efekt urbanizace na jejich abundanci nejvýraznější (Bates et al., 2011).

3.2 Opylovači

Mutualistický vztah mezi opylovači a rostlinami sahá až do období křídy, kdy hmyz začal získávat potravu z květů a květy dosahovaly vyšší reprodukční úspěšnosti díky přenášení pylu hmyzem (Kearns & Inouye, 1997).

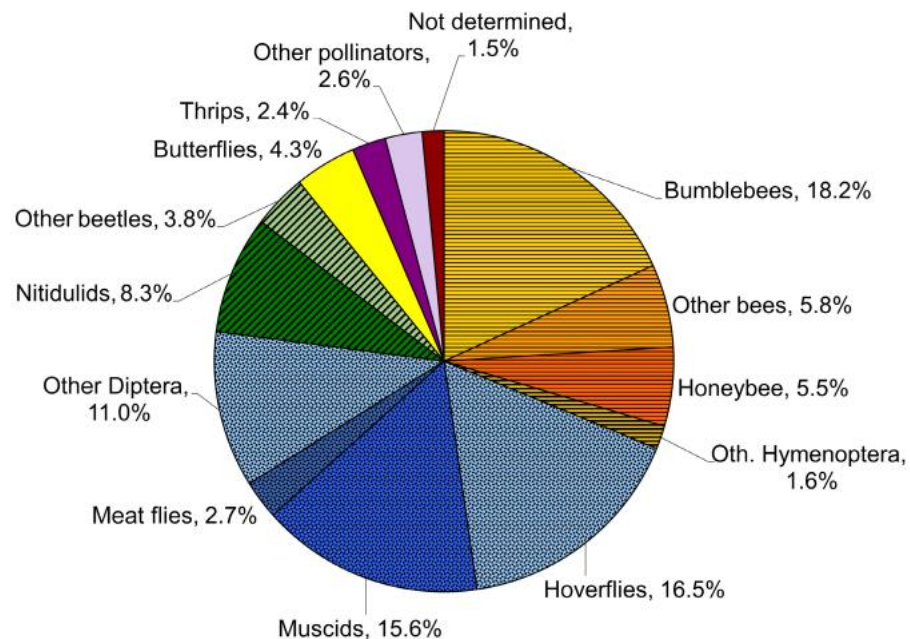
Opylení představuje zásadní krok v sexuální reprodukci rostlin. Jedná se o přenos pylu ze samčích prašníků na samičí orgán bliznu. Tento proces je nezbytným předpokladem pro vývoj semen a plodů většiny teplomilných a tropických plodin. Vzhledem k tomu, že 87 % všech kvetoucích rostlin závisí na opylovačích, jsou do určité míry základem velkého množství ekosystémových služeb (Christmann, 2019). Nejhojnějšími a nejrozmanitějšími opylovači jsou hmyzí zástupci, kteří mohou přenášet pyl uvnitř nebo mezi květy stejné rostliny, či mezi květy různých rostlin (Kevan et al., 1990).

Květní rysy hrají klíčovou roli při ovlivňování spektra opylovačů u rostlin. Mezi tyto květní charakteristiky se řadí barva, tvar, vůně a produkce nektaru. Ty mohou lákat specifické druhy opylovačů. Někteří opylovači budou přitahováni ke konkrétním barvám nebo tvarům květů, jiní budou lákáni konkrétními vůněmi nebo množstvím nektaru (Janovský & Štenc, 2023).

Rostliny se specializovanými květními rysy budou pravděpodobněji přitahovat specializované opylovače, kteří se spolu-vyvíjeli tak, aby efektivně opylovali právě tyto květy. Naopak rostliny s nespécializovanými květními rysy mohou přitahovat širší spektrum opylovačů (Janovský & Štenc, 2023).

Studie Janovský & Štenc (2023) dále zkoumala vztah mezi rostlinami a opylovači, a konkrétně se zaměřovala na to, jak faktory jako šířka ekologického území rostlin a jejich lokální dominance ovlivňují generalizaci spektra opylovačů u rostlin. Prvním poznatkem bylo zjištění, že rostliny s širšími ekologickými nikami měly tendenci mít obecnější spektra opylovačů. Převážně tyto spektra zahrnovaly čmeláky, pestřenky a mouchy, dále jiné dvoukřídlé nebo čeled' brouků Nitidulidae (Obrázek 1). Tato generalizace byla silně spojena s fylogenezí rostlin. Lokální dominance prokázala slabší vliv na spektrum mezi rostlinami a opylovači a nepřispěla ke generalizaci tohoto spektra. I přes to díky lokální dominanci rostlin došlo ke zvýšení zastoupení much ve spektru opylovačů. Podobnou pozitivní reakci projevila i včela medonosná. To poukazuje na schopnost včel soustředit se jen na hojné zdroje potravy (Seeley & Kirk

Visser, 1988) ve velkých oblastech, kde sbírají zdroje (Steffan-Dewenter & Kuhn, 2003).



Obrázek 1: Koláčový graf ilustruje vztah mezi šířkou ekologického území rostlin a spektrem opylovačů (Janovský & Štenc, 2023).

Hlavním řádem opylovačů jsou blanokřídlí (Hymenoptera), do kterého se řadí významná čeleď včelovití (Apidae), dále sem patří např. sršňovití (Vespidae) a mravencovití (Formicidae). Dalším řádem jsou dvoukřídlí (Diptera), noční a denní motýli (Lepidoptera) a brouci (Coleoptera (Saska et al., 2020)). Kromě hmyzích zástupců mohou opylovat také savci (Mammalia), ptáci (Aves), měkkýši (Mollusca) a plazi (Reptilia). Tato práce je zaměřena na motýly a čmeláky.

3.2.1 Biologie motýlů (Lepidoptera)

Motýli jsou podstatnou součástí středoevropského životního prostředí. Ve střední Evropě je známo přibližně 5000 druhů a v České republice více než 3400 druhů. Z tohoto počtu patří cca 1250 druhů do skupiny Macrolepidoptera, z čehož 161 druhů patří do skupiny denních motýlů a zbylý počet k nočním motýlům (Konvička et al., 2010).

Motýli vyhledávají stanoviště, která podmínkami vyhovují jejich životním nárokům na potravu, rozmnožování, ochranu před nepřáteli, teplotu, vlhkost atd. Pro některé motýly je často rozhodujícím faktorem přítomnost určitých druhů rostlin. Některé druhy (monofágní) mohou žít dokonce jen na jedné konkrétní živné rostlině. Ačkoli se to na první pohled může zdát nesmyslné, takto specializované druhy jsou díky svému přizpůsobení hojné (např. babočky vázané na kopřivy (Reichholf, 2015)).

Ústní ústrojí u dospělých motýlů je radikálně změněné a není vůbec přizpůsobené ke kousání či žvýkání potravy. Obvykle mají dlouhý pružný sosák, který je v klidu spirálovitě stočený, a umožňuje tedy přijímat pouze tekutou potravu, kterou tvoří především nektar. Dále patří k potravě motýlů medovice (výměšek mšic), pot savců, kvasící ovoce či šťávy vytékající z poraněné kůry stromů. Některé druhy nepřijímají žádnou potravu z důvodu zakrnělého sosáku (např. někteří přástevníci či bourovci). Při vyhledávání potravních zdrojů se orientují zrakem i čichem. Je pozoruhodné, že noční motýly jsou výkonnějšími opylovači než motýly denní (Reichholf, 2015).

Nejnápadnějším orgánem jsou křídla, blanitá, vyztužená žilkami a pokrytá šupinkami. Tyto šupinky udávají zbarvení křídel a mohou být pigmentózní (obsahují barviva) nebo interferenční (podmíněné odrazem a lomem světelných paprsků na drobných lištách šupinek (Zahradník & Severa, 2007)).

Pouze malý počet dospělých motýlů přezimuje. Před příchodem zimy vyhledávají rozmanité úkryty (štěrbiny v kůře, jeskyně, mech, drny, prostory mezi kameny atd.). Některé babočky například zalétají na půdy i do nevytápěných pokojů venkovských domků. Běžným přezimujícím stádiem jsou housenky (modrásci) či kukly (bělásci, otakárci (Zahradník & Severa, 2007)).

Hlavními příčinami snižování početnosti motýlů jsou ztráty, fragmentace a degradace stanovišť. K tomu dochází převážně intenzifikací zemědělství a lesnictví. Náhrada pařezin vysokokmennými stinnými lesy vyhubila mnohé motýly světlin. Mnohá mokřadní stanoviště byla vlivem lesnických a zemědělských meliorací zničena. Rozlehlé lány se ve 20. století rozrostly na úkor pestré krajinné mozaiky (Konvička et al., 2010). Populace se tudíž zmenšují a jsou náchylnější na vymírání. Dle mapování z roku 2002 z našich 161 druhů vyhynulo 18. Dalším 16 druhům se výrazně zmenšily areály rozšíření, a tudíž jsou ohroženi extinkcí. Mezi vyhynulé druhy u nás patří například jasoň červenooký, ohniváček rdesnový, žluťásek úzkolemý či bělopásek hrachorový. Do kriticky ohrožených druhů se řadí například žluťásek barvoměnný,

modrásek ligrusový, modrásek černoskvrný, okáč skalní a další (Beneš & Kepka, 2002).

3.2.2 Biologie čmeláků (rod *Bombus*)

Čmeláci patří do řádu blanokřídlých, kteří se vyznačují povětšinou dvěma páry blanitých křídel. Zpravidla mají nitkovitá tykadla složená z různého množství článků. Po stranách hlavy se nachází složené oči, mezi kterými leží tři jednoduchá očka. Stavba ústního ústrojí není jednotná. Kusadla (mandibuly) jsou sice vyvinuta, ale ke kousání slouží spíše primitivnějším druhům. S ohledem na zdroj potravy, kterým je především nektar a jiné sladké šťávy, je jejich ústní ústrojí lízavě savé (Zahradník J. & Severa F., 2007). Podle délky jazyka můžeme rozdělit čmeláky na dvě skupiny. První skupinu tvoří druhy s krátkým jazykem, které opylují květy s kratšími trubkami. Mezi ně patří čmelák skalní (*Bombus lapidarius*) a čmelák zemní (*B. terrestris*). Druhá skupina je tvořena druhy s delším jazykem, které opylují květy s delšími korunními trubkami. Do této skupiny se řadí čmelák zahradní (*B. hortorum*), čmelák humenní (*B. ruderatus*) a čmelák rolní (*B. pascuorum* (Dupont et al., 2011)).

Proměna blanokřídlých je dokonalá. Samičky některých blanokřídlých vnikají do hnízd jiného blanokřídlého hmyzu za účelem naklazení vajíček, např. pačmeláci (rod *Psithyrus*) do hnízd čmeláků, nebo mravenci, kteří lezou do hnízda svého vlastního nebo jiného druhu (Zahradník & Severa, 2007).

Nejdokonalejší péče o nové jedince je známa u sociálně žijících blanokřídlých, kam se řadí vosy, včely, čmeláci a mravenci. Ti vytvářejí kolonie, kterým se říká „hmyzí stát“ (Zahradník & Severa, 2007). Životní cyklus čmeláků je roční. Kolonie je královnou založena na jaře. Na podzim se pak nové mladé královny spáří a odletí z původního hnízda. Dělnice a samci ještě chvíli přežívají, ale s přicházejícím podzimem zahynou. Nové královny přežijí zimu hibernací v malé skulince či dutině a poté opět založí novou kolonii (Libbrecht & Keller, 2015).

Čmeláci se vyznačují schopností rozpoznat květy nedávno navštívené jiným opylovačem díky detekci elektrického pole (Clarke et al., 2013). Zároveň jsou schopni identifikovat květiny pomocí teploty květů (Harrap et al., 2017). Dokonce dokáží

opylovat bzučením, kdy při letu vytvářejí vibrace létacími svaly a tím dochází k uvolňování pylu z prašníků, což napomáhá většímu opylení.

Místem hnízdění jsou pro většinu čmeláků tmavé suché dutiny a nepoškozená místa, jelikož jim nevyhovuje dlouhodobé vystavení slunečnímu světlu. Hnízda tvoří například v husté trávě, opuštěných norách hlodavců, ptačích budkách, kompostu, či pod chatami (Wahengbam et al., 2019).

V současné době čmeláci čelí různým rizikům. Mezi hlavní přímé hrozby patří ztráta přirozeného prostředí, snižování mozaikovitosti krajiny, kontaminace pesticidy, nedostatek potravy a úbytek zdrojů květin nebo napadení parazity. Dalším rizikem je umělé vysazování cizích druhů čmeláků (např. poddruhů čmeláka zemního za účelem opylení zemědělské produkce), což může vést ke konkurenci s původními druhy a snížení jejich početnosti. Dále je ohrožují změny klimatu, které mohou ovlivnit jejich migraci a dostupnost potravy (Pavelka, 2003).

V České republice jsou všechny druhy čmeláka (*Bombus* sp.) podle vyhlášky 395/1992 Sb. (příloha III.) chráněny. Nejhojnějšími druhy v ČR jsou čmelák zemní, čmelák hájový (*B. lucorum*), čmelák zahradní, čmelák skalní, čmelák úhorový (*B. ruderarius*), čmelák luční (*B. pratorum*), čmelák rolní, čmelák rokytový (*B. hypnorum*) a čmelák lesní (*B. sylvarum* (Smékalová et al., 2018)).

3.2.3 Význam motýlů a čmeláků a jimi poskytované ekosystémové služby

Nejzásadnější ekosystémovou službou motýlů a čmeláků je opylování, avšak není to jediná služba, kterou poskytují.

Některé druhy motýlů migrují na velké vzdálenosti a díky tomu sdílejí pyl mezi rostlinami, které jsou od sebe více vzdálené. Díky tomu jsou tyto rostliny odolnější vůči chorobám a mají větší šanci na přežití (Hussain & Batool, 2016).

Motýli jsou mimo jiné dobrým indikátorem biodiverzity. Jelikož mají vysokou reprodukční schopnost a nachází se na nízké trofické úrovni, dokáží rychle reagovat na stres a drobné změny životního prostředí a poskytují tak alarmující signál pro snižování počtu jiných volně žijících živočichů (Ehrlich, 1984). Protože jsou motýli

nápadnější a také snadněji sledovatelní, dokáží nás rychleji a efektivněji informovat o stavu krajiny oproti jiným skupinám hmyzu (Jeanneret et al., 2003). Díky těmto vlastnostem byli využíváni jako bioindikátory těžkých kovů (Chowdhury et al., 2023).

Pokud je na určitém stanovišti motýl ohrožen, pak jsou rostliny, hmyz i obratlovci na tomto stanovišti také ohroženi. Ohrožení motýli tudíž slouží k měření přírodních podmínek na daném stanovišti (Tekulsky, 2015).

Motýli tvoří potravu řadě živočichů, např. ptákům, hadům nebo obojživelníkům. Housenky motýlů pak poskytují příležitostně potravu pro štíry a mravence. Populace živočichů, kteří spoléhají na motýli jako na zdroj potravy, klesají spolu s populací motýlů (Hussain & Batool, 2016).

Čmeláci jsou významným přínosem pro ekosystémy. Oproti včele medonosné mají širší výběr květín a dlouhou letovou sezónu. S ohledem na svou vyšší hmotnost a používání dlouhých sosáků se specializují na jiné květy než včela medonosná. Díky svému dlouhému jazyku zaměřují návštěvnost květín především na květy s květními trubkami, které včely neopylují (Saska et al., 2020). Zvládají navštívit větší množství květů za minutu a rychlost letu dosahuje až 64 km/h. Jelikož jsou méně agresivní než včela medonosná, doporučují se pro opylování ve skleníku. Mezi nejvhodnější plodiny pro opylení čmeláky se řadí okurky, papriky, rajčata, jahody, borůvky, melouny a dýně. Dále jsou výbornými opylovači jetelovin. Od včely medonosné se také liší tím, že jsou schopni pracovat v oblačných, mlhavých i lehce deštivých dnech, kdy je včela medonosná neaktivní (Wahengbam et al., 2019).

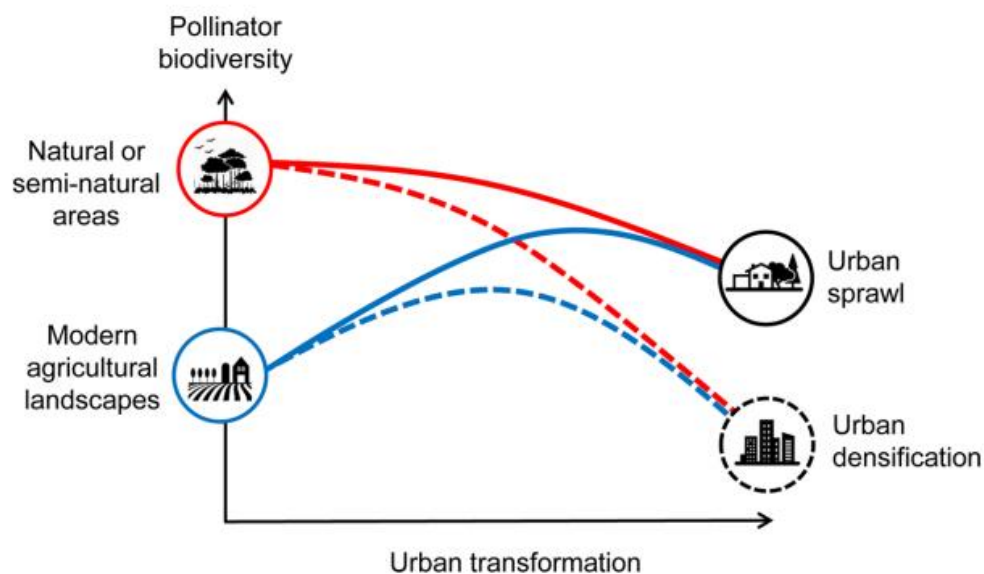
3.3 Porovnání městské oblasti s jinými typy stanovišť

3.3.1 Město nebo intenzivně obdělávaná zemědělská půda

V minulosti byla zemědělská půda obdělávána šetrně a udržitelně menšími farmáři, jejichž způsob činnosti zajišťoval krajinně ráz, ve kterém našel své místo i hmyz (Raven & Wagner, 2021). V 60. letech 20. století se však moderní zemědělství rychle intenzifikovalo a převážná většina v mnoha částech světa začala používat velké množství chemických hnojiv, pesticidů, zavlažování a jiných technologií (Tilman et al., 2002). Jedním z problémů intenzifikace zemědělství jsou vznikající monokultury,

kteře dominují jednou plodinou nebo malým množstvím plodin, což snižuje zdroje pro opylovače (Kremen & Miles, 2012). Přibližně polovina území Evropy je tvořena zemědělskou krajinou a z toho 94,4 % je využíváno těmito konvenčními postupy (Van Den Berge et al., 2018). Články pojednávají převážně o negativním dopadu intenzifikace zemědělství na motýly, jejichž přirozená stanoviště postupně zanikají v důsledku přeměny na pěstební plochy (Warren et al., 2021; Stenoien et al., 2018).

Ve studii Wenzel et al., 2020 byly shrnuty reakce opylovačů na různé typy prostředí a urbanizace. Reakce opylovačů na urbanizaci byly převážně negativní, pokud byli tito urbánní opylovači porovnáváni s těmi z přírodních či polopřírodních lokalit (Verboven et al., 2014). Naopak při porovnávání urbánních opylovačů s opylovači žijícími v zemědělských oblastech, byly reakce na urbanizaci pozitivní nebo neutrální, dokonce i při srovnání s výrazně urbanizovanými oblastmi (Ferreira et al., 2013). A to převážně kvůli již zmiňované intenzifikaci, nadměrnému používání agrochemikálií a monokulturám. Urbanizace těchto zemědělských krajin, které jsou chudé na zdroje, by mohla zvýšit dostupnost habitatů a zdrojů pro opylovače. Toto tvrzení je podpořeno dalšími studiemi, které vypožorovaly vyšší reprodukční úspěch, růst kolonií a přežití čmeláků v městském prostředí než v zemědělské krajině (Goulson et al., 2002; Samuelson et al., 2018). Alternativním přístupem by mohla být podpora heterogenity a přítomnosti polopřírodních stanovišť v zemědělské krajině, což by mohlo napomoci k udržení, nebo zvýšení populací ohrožených druhů opylovačů (Holzschuh et al., 2007).



Obrázek 2: Předpokládané biodiverzitní reakce opylovačů na urbanistickou transformaci s různými výchozími body (přírodní/polopřírodní oblasti nebo intenzivně spravované zemědělské krajiny) a výslednými body (rozšiřující se městské oblasti s 20-50% zastoupením nepropustných povrchů nebo urbanistická denzifikace se zastoupením nepropustných povrchů nad 50 % (Wenzel et al., 2020)).

3.3.2 Město nebo venkov

Městské a venkovské oblasti se převážně liší nabídkou hnízdních a potravních zdrojů. Zatímco městské lokality obvykle disponují menším množstvím habitatů a hnízdních míst pro v zemi hnízdící opylovače, venkovská krajina nabízí větší množství hnízd díky nižšímu zastoupení dlážděných a celkově zpevněných povrchů (Choate et al., 2018). Městská krajina naopak může poskytovat rozmanité druhy květin během sezóny díky komunitním zahradám a parkům (Ahrné et al., 2009). Venkovské oblasti zajišťují sice menší různorodost, ale celkově větší dostupnost květinových zdrojů, zejména v oblastech hromadného kvetení plodin (Bates et al., 2011). Díky těmto předpokladům může každé z těchto prostředí podporovat jiné komunity opylovačů (Ahrné et al., 2009). Městské oblasti s vyšší rozmanitostí potravních zdrojů by potenciálně mohli hostit vyšší počet specializovaných druhů, zatímco venkovské oblasti s nadbytkem potravních zdrojů mohou podporovat větší počet generalistů (Olsson et al., 2021).

3.4 Faktory ovlivňující výskyt opylovačů

Městské prostředí tvoří přibližně 22 % z celkové rozlohy EU. Městská zeleň pak dosahuje rozlohy až 320 000 km², což představuje 8 % z celkové plochy EU (European Commission, 2020). S ohledem na rostoucí trend urbanizace po celém světě (Wenzel et al., 2020) se stále více zdůrazňuje ochranná hodnota a ekosystémové přínosy městské zeleně.

Městská krajina představuje pro opylovače kritickou oblast. Na jedné straně urbanizace přispívá k úbytku opylovačů, a to převážně tím, že mění interakce mezi rostlinami a opylovači (Buchholz & Kowarik, 2019), vystavuje je negativním účinkům znečišťujících látek (Thimmegowda et al., 2020), přeměňuje původní přirozené biotopy na nepropustné povrchy (Geslin et al., 2013) a mění vlastnosti míst k odpočinku, hledání potravy a hnízdění (Wenzel et al., 2020). Zároveň mají města potenciál zajistit vysoké druhové bohatství rostlin, které by zaručilo hojné kvetení po celou sezónu (Wania et al., 2006). Také města představují oproti intenzivním zemědělským oblastem menší ohrožení pesticidy (Hostetler & McIntyre, 2001).

3.4.1 Zastavěnost a nepropustná plocha

Jednou z hlavních příčin úbytku opylovačů je právě ztráta přírodních stanovišť v důsledku jejich úpravy lidmi. Tento stav je ovlivněn rostoucí urbanizací, přičemž dochází ke zvyšování množství nepropustných a zastavěných ploch na úkor přírodních lokalit. Tyto faktory urbanizace pak ovlivňují síť interakcí mezi rostlinami a opylovači (Geslin et al., 2013).

Studie Deguines et al., 2012 vykazuje, že urbanizace má negativní vliv převážně na diverzitu brouků, dvoukřídlých a především motýlů. Naopak blanokřídlý hmyz, který preferuje hnízdění v dutinách, dává městu dokonce přednost před okolní krajinou.

Tzortzakaki et al., 2019 poukazují na silný vliv zastavěných oblastí na výskyt motýlů. Městské zelené plochy oddělené zastavěnými oblastmi mohou působit jako pasti, ze kterých se poté motýli nemohou rozptýlit do jiných vhodných biotopů. I přes pozitivní vliv rostlinných zdrojů na diverzitu motýlů nebyl tento faktor dostatečný v porovnání s dopadem zastavěných ploch. Zelené plochy v městských oblastech totiž bývají příliš

malé, izolované a často nízké kvality na to, aby podporovaly velké množství druhů. McKinney, 2008 vysvětluje, že různé druhy motýlů mohou reagovat jiným způsobem na urbanizaci. Druhy s potravní specializací larev mají méně pravděpodobný výskyt v městských oblastech. Na některých generalistech se negativní účinky urbanizace ani neprojeví, příkladem může být bělásek řepový (*Pieris rapae*).

Studie Geslin et al., 2013 prokázala, že menší opylovači jsou více ovlivněni rušivými vlivy a jsou citlivější na fragmentaci stanovišť z důvodu schopnosti pohybu jen na kratší vzdálenosti. Naproti tomu čmeláci nebo včela medonosná (*Apis mellifera*) byli krajinným rozložením jen slabě ovlivněni. A to pravděpodobně díky možnosti létat na delší vzdálenosti a shánět potravu mezi vhodnými biotopy. Bylo zjištěno, že čmeláci dokáží sbírat potravu i 2 km od svých hnízd. To znamená, že pokud jsou ochotni či schopni projít přes mezilehlé habitaty, mohou využívat květnaté zdroje oddělené od svého hnízda nehostinným prostředím. Pokud však krajina není dostatečně propustná, čmeláci se mohou omezit jen na místní zdroje (Kreyer et al., 2004). Bylo potvrzeno, že u populací, které se nemohou volně pohybovat mezi habitaty, dojde ke křížení, a tím pádem ke snížení kondice dané populace (Mayer et al., 2012).

Ukázalo se, že při nižší až střední urbanizaci (s přibližně 20 % až 50 % nepropustného povrchu) dokáží být tyto oblasti příznivé pro čmeláky. Dané lokality totiž poskytují dostatek potravy a hnízdních zdrojů, jako jsou zahrady a parky, a také umožňují kolonizaci z jakéhokoli okolního habitatu. Biodiverzita je v takových místech vyšší díky heterogenitě prostředí (Wenzel et al., 2020). Avšak u motýlů není důkaz, že by dosáhli vrcholu bohatosti právě při střední úrovni urbanizace. Poklesy hojnosti u nich nastaly již při pokrytí nepropustnými povrchy nad 25 % a rozmanitost klesala lineárně s rostoucí pokryvností nepropustných povrchů (Kurylo et al., 2020). Při vyšší intenzitě urbanizace (nad 50 % nepropustných povrchů) dochází k negativnímu působení na opylovače. Prospěšné habitaty se zmenšují na úkor nepropustných ploch a jsou více izolovány a fragmentovány, což znevýhodňuje rozmanitost opylovačů (Wenzel et al., 2020).

3.4.2 Kvalita zeleně

Města s vysokou diverzitou mají potenciál poskytnout vysokou úroveň bohatství rostlin, což může zajistit výskyt různých skupin opylovačů (McKinney, 2008). Většina městské zeleně je však podrobena intenzivnímu managementu, aby splňovala potřeby městských obyvatel. Do managementů zeleně ve městech patří časté sečení, kácení stromů, používání nepropustných materiálů a nahrazování nevyužívaných ploch. Tyto nevhodné managementy vedou k chudší rozmanitosti rostlin opylovaných hmyzem (Dylewski et al., 2019).

Mnoho výzkumů a studií potvrdilo, že existuje pozitivní korelace mezi množstvím květin a opylovačů (Lowenstein et al., 2014; Pardee & Philpott, 2014). Pokud by tedy došlo ke změnám v městských oblastech, které by zajistily vyšší dostupnost květinových zdrojů, mohlo by dojít ke zvýšení početnosti a rozmanitosti opylovačů (Hicks et al., 2016).

Studie Haaland (2023), která byla prováděna ve švédském městě Malmö, zjistila, že čmeláky převážně přitahuje vysoká pokryvnost kvetoucí vegetace, i když se na ní nachází menší množství druhů rostlin. Zatímco motýli byli pozitivně ovlivněni diverzitou kvetoucích druhů a velikostí zelené struktury. Tento efekt velikosti nebyl zpozorován u čmeláků.

Městské zahrady dokáží být pro opylovače velice atraktivní. Studie Correia Da Rocha-Filho et al. (2020) ukazuje, že květinami bohaté soukromé zahrady poskytují nezbytná stanoviště pro opylovače, avšak záleží na jejich struktuře, velikosti a prostředí, kde se nacházejí. Nason & Eason (2023) zjistili, že existují složité interakce mezi vlastnostmi zahrady (velikost, druhové bohatství rostlin, množství rostlin) a množstvím nepropustných povrchů okolo zahrad, které ovlivňovaly motýly. Velikost zahrady byl nejzásadnější aspekt, který ovlivňoval bohatství a hojnost druhů motýlů bez ohledu na okolí zahrady. Na větších zahradách bylo významně vyšší bohatství druhů motýlů bez ohledu na podíl nepropustných povrchů v okolí zahrady. Druhové bohatství rostlin také hrálo významnou roli. Zvyšující procento nepropustných povrchů okolo zahrad vedlo k významnému poklesu bohatství druhů motýlů, pokud byla nedostatečná diverzita druhů rostlin na dané zahradě.

V posledních letech se v městských oblastech začala zvyšovat aplikace semenných směsí, ze kterých se zakládají např. městské louky. Tyto směsi obsahují původní

i exotické druhy a převážně se v nich nachází byliny namísto travin. Vybrané druhy by měly mít dlouhou sezónu s intenzivním kvetením. Plochy založené z těchto směsí poskytují větší množství nektaru a pylu než ozdobné nebo často sečené trávníky (Hicks et al., 2016).

Studie Rollings & Goulson (2019) se zaměřila na zjištění, které druhy květin jsou pro opylovače nejvíce atraktivní a které by mohly podpořit jejich rozmanitost ve městech. Mezi vysoce navštěvované rostliny patřily např. marulka lékařská (*Calamintha nepeta*), zaplěvák podzimní (*Helenium autumnale*), dobromysl obecná (*Origanum vulgare*), pomněnka rolní (*Myosotis arvensis*) a chrpa černá (*Centaurea nigra*). Hadinec obecný (*Echium vulgare*) a šanta hroznovitá (*Nepeta racemoza*) byli vhodné pro čmeláky s dlouhým jazykem. Ve výsledku nebyl pozorován rozdíl v návštěvnosti rostlin opylovači mezi jednoletými, dvouletými druhy a trvalkami. Salisbury et al. (2015) zjistili, že opylovači dávají přednost domácím a téměř domácím druhům (druhy přirozeně se vyskytující na severní polokouli a příbuzné rostlinám domácím) před exotickými druhy. Zajímavým poznatkem bylo, že některé rostliny s velmi podobnými květními strukturami přitahovaly různé komunity opylovačů.

Dostupnost hostitelských rostlin je klíčovým faktorem výskytu motýlů (Soga et al., 2015). Existují významné vlivy hostitelských rostlin na hojnost a distribuci motýlů ve fragmentovaných krajinách (Krämer et al., 2012). Dostatek hostitelských rostlin v zahradách udržuje populace motýlů. Když je samička připravena, hledá a lokalizuje hostitelské rostliny, které budou housenky jíst po vylíhnutí vajíček. Mnoho druhů larev se živí pouze květními částmi, jiné se živí listy a některé využívají k potravě reprodukční části květů nebo semena. Pokud není nalezena vhodná rostlina, housenky umírají. Ze 60-150 vajíček, které samička naklade, přežije pouze 5 % do dospělé fáze (Firdevs, 2013). Öckinger et al. (2009) zjistili významnost ruderalních lokalit, které svou druhovou bohatostí rostlin zajišťují vyšší diverzitu potenciálních hostitelských rostlin pro larvy motýlů ve srovnání s tradičními či polopřírodními parky. Také poskytují vysokou vegetaci díky minimálním zásahům lidské činnosti.

Významným prvkem pro larvální stádia mnoha nočních i denních motýlů jsou stromy a keře. Housenky denních motýlů budou mít především zájem o vrby a topoly (batolci, bělopásek topolový, babočka jilmová, babočka osiková), duby (ostruháček dubový) či slivoně (ostruháček březový a ostruháček švestkový). Mezi oblíbené nektaronosné dřeviny patří jíva a další druhy vrb, na kterých mohou před počátkem jara sít babočky,

žlutásci řešetlákovi a v teplejších letech i první bělásci. Dalšími nektaronosnými dřevinami jsou lípa a ovocné stromy (Řehounek et al., 2019).

Složení opylovačů v městských parcích, doprovodné zeleni v bytových oblastech a na městských loukách se výrazně liší. Městské louky jsou výrazně atraktivnější než bytové oblasti či parky, které podléhají častější seči a managementu. Louky poskytují vyšší vzrůst rostlin a větší pokryvnost zeleně. Díky těmto kvalitám slouží jako vhodný zdroj potravy a poskytují místa k hnízdění samotářských včel a úkryt pro jiné skupiny opylovačů (Dylewski et al., 2019). Parky s častým sečením a špatnou strukturou vegetace, kde se nachází příliš mnoho exotických druhů rostlin, brání vývoji larev a ohrožují přežití např. motýlů a pestřenek (Blackmore & Goulson, 2014).

Motýli ve studii Horák et al. (2022) byli ovlivněni dvěma charakteristikami území, a to velikostí trávníku a intenzitou managementu. Menší trávníky byly obsazovány pouze stanovištními generalisty, což poukazuje na důležitost udržování spíše velkých trávníků než několika malých. Zároveň druhová bohatost motýlů pozitivně korelovala se sníženou intenzitou managementu, což znamenalo sečení jednou za rok či mosaikovou seč. Mosaikovou seč lze provádět v pruzích, blocích, nebo oblastech nepravidelných tvarů.

Studie Michořap et al. (2017) porovnávala hustotu čmeláků v městských parcích, na hřbitovech a zahrádkách. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány na druhově bohatých zahrádkách. Hustota populací čmeláků se na podobných místech pohybovala až kolem 8 jedinců na 100 m² (Matteson & Langellotto, 2009). Tyto výsledky poukazují na fakt, že použití jen několika, ale vhodně vybraných druhů rostlin může zvýšit množství čmeláků.

Mezi čmeláky nejčastěji navštěvované rostliny se řadí druhy z čeledi hvězdnicovitých (Asteraceae), bobovitých (Fabaceae) a hluchavkovitých (Lamiaceae (Sikora et al., 2020)). Fabaceae a Asteraceae patřily mezi nejvíce navštěvované i v rámci vyšetřené směsi divokých rostlin ve Velké Británii (Blackmore & Goulson, 2014). Současně se preference čmeláků např. v městských zahradách posunuly směrem k čeledi Lamiaceae, díky dostupnosti těchto rostlin právě v lidmi ovlivněných habitatech (Sikora et al., 2016). Čmeláci nejvíce preferují růžovou či fialovou barvu květů, což se odráží od frekvence světelných vln, které tyto opylovači vidí (Raine & Chittka, 2007). Odlišné preference má čmelák skalní (*Bombus lapidarius*), který spíše vyhledává květy žluté.

3.4.3 Přítomnost nepotravných zdrojů

Jedním z požadavků pro přežití čmeláků jsou hnízdní místa a zdroje pro jejich tvorbu. Hnízdní preference čmeláků se u jednotlivých druhů liší. Například čmelák zemní (*Bombus terrestris*), čmelák hájový (*Bombus lucorum*) a čmelák skalní (*Bombus lapidarius*) mají tendence hnízdit v podzemních dutinách. Čmelák rolní (*Bombus pascuorum*) preferuje hnízdění na povrchu v trávě (Fussell & Corbet, 1992). V této studii vykazoval čmelák rokytový (*Bombus hypnorum*) nejvyšší preference na typ hnízda a jeho polohu. Většina kolonií tohoto druhu byla nalezena na vzdušných stanovištích v ptačích budkách. Naproti tomu čmelák luční (*Bombus pratorum*), který byl také běžně nalézán v ptačích budkách nevykazoval tak úzké preference na typ hnízda. Důležitým zjištěním v této studii bylo, že 4 z 5 nejčastěji používaných typů hnízd se nacházely ve spojitosti s lidskou činností, což poukazuje na významnost městského prostředí při poskytování hnízdních míst. Průzkum Lye et al. (2012) také poukázal na to, že hnízdní místa pro čmeláky jsou často vytvořena uměle lidmi. Právě města a okolní oblasti poskytují hojné množství hnízdních habitatů. Jako hnízda jsou využívány např. budovy, terasy, ptačí budky, komposty a živé ploty (Osborne et al., 2008).

Na tvorbu hnízd používají čmeláci např. srst hlodavců či trávu. Nory hlodavců, které se vyskytují např. v parcích, pak mohou představovat zdroj hnízdění pro čmeláky preferující hnízdění v zemi (McFrederick & LeBuhn, 2006). Výskyt hnízd čmeláků se liší na základě jejich schopnosti sběru potravy. Čmeláci s krátkými dosahy sběru potřebují hnízdit v blízkosti zahrad či přímo v zahradách, zatímco čmeláci s většími vzdálenostmi sběru mohou hnízdit ve větší vzdálenosti, a přesto využívat potravu ze stejných zahrad (Ahrné et al., 2009).

Pro motýly je důležitým faktorem sluneční světlo, jelikož mohou efektivně létat pouze, když je jejich tělesná teplota přibližně 29-38 °C. Proto se většinou během brzkého rána vyhřívají na kamenech, cihlách či oblázcích. Tyto objekty jsou ve městech poměrně hojné, ale i přes to je dobré je zahrnout do zelených ploch. Také budou motýlům vyhovovat slunné otevřené plochy, které lze zajistit navržením otevřených trávníků s jetelovinou a kameny či dlažebními kameny, na kterých budou moci odpočívat (Firdevs, 2013). Odpočinková místa jsou pro motýly a jiný hmyz velice důležitá při

pohybu mezi květinovými zónami. K tomuto účelu může sloužit jakákoli vegetace (i ta, která nekvete) rozmístěná po městě (Matteson & Langellotto, 2012).

Motýli potřebují úkryt před nepříznivým počasím, jako je vítr či déšť. Na úkryt mohou využívat keře či vzrůstem vyšší rostliny. Před silným větrem se mohou schovávat u plotů a v jejich skulinách. V teplejších a chráněných oblastech pak mají tendence klást vajíčka a vyhledávat potravní zdroje (Firdevs, 2013).

Někteří z našich motýlů přezimují v podobě dospělce, a tudíž potřebují vhodný prostor k přezimování. Babočka kopřivová (*Aglais urtica*) a babočka paví oko (*Inachis io*) patří mezi motýly, co přezimují v podobě dospělce. K přezimování vyhledávají dutiny stromů, půdy a seníky. Dalším příkladem je žlutásek řeštlákový (*Gonepteryx rhamni*), kdy dospělý motýl přezimuje v suchém listí, přímo na zemi, nebo těsně nad ní (Reichholf-Riehm H. & Wendler F., 1996). Pro různá přezimující vývojová stadia je vhodné nechat část městských luk přes zimu neposečených (Řehounek Jiří et al., 2019).

Pro páření používají samci převážně dva způsoby, a to „číhání“ nebo „hlídkování“. Pokud samec číhá na samičku, většinou sedí na nějakém objektu, který je charakteristický pro daný druh (např. půda, koruna stromů atd.). Většinou vysedává v určité výšce či na určitém místě v prostředí a čeká na samici. Přítomnost těchto objektů může být klíčová pro úspěšný reprodukční proces. Při způsobu „hlídkování“ samci aktivně létají po habitatu a hledají samičky. Zastavují se pouze krátce pro odpočinek či potravu (Scott, 1974).

3.4.4 Heterogenita a konektivita prostředí

Hall et al. (2017) představují město jako útočiště pro hmyzí opylovače, především ve srovnání s homogenní intenzivně obdělávanou krajinou. To je zajištěno hlavně heterogenitou městských stanovišť. Mezi tato stanoviště patří městské parky, soukromé zahrady, zelené střechy, botanické zahrady, městské louky, opuštěná místa a zeleň, která obklopuje lidská sídla (Benvenuti, 2014; Dylewski et al., 2019; Bonthoux et al., 2019). Tato stanoviště představují jakousi heterogenní mosaiku, jelikož jsou od sebe odděleny a fragmentovány zpevněnými či zastavěnými plochami (Sattler et al., 2010). Přírodní lokality v blízkosti centra města pak bývají často menší,

homogennější a zastavěnější (Konvicka & Kadlec, 2011). Různorodost v množství a kvalitě městských zdrojů může redukovat negativní dopady intenzity urbanizace (Kurylo et al., 2020).

Konektivita prostředí udává míru, do jaké krajina usnadňuje či brání pohybům mezi zdrojovými plochami (Taylor et al., 1993). Konektivita bývá často vyjadřována jako poměr součtu úhlů otevřených výletům a součtu úhlů s neprůchodnými prvky (např. stromy či budovy). Někdy je koncept konektivity popisován jako počet potenciálních cest mezi dvěma nebo více zelenými plochami. Studie Graffigna et al. (2023) prokázala, že více propojené zelené plochy hostí větší rozmanitost a množství opylovačů. Zároveň je naznačeno, že faktor krajinné propojenosti je potřebnější v prostředí s vyšší mírou urbanizace (Diamond, 1975). Na rozdíl od těchto studií zjistili Bates et al. (2011) negativní vliv konektivity na diversitu blanokřídlého a dvoukřídlého hmyzu. Důvodem byl způsob měření konektivity, která byla měřena úhlem otevřenosti stanoviště, což souviselo s povětrnostními podmínkami městské krajiny. Výsledkem byly negativní reakce opylovačů na prudší vítr na plochách s vyšší konektivitou.

3.5 Možnosti vylepšení městského prostředí

Jak už bylo zmíněno, města mohou být potenciálním útočištěm pro opylovače, ale je třeba dbát správných managementů. Města jsou výrazně různorodá a opylovači se budou mezi lokalitami pohybovat na základě květnatých a hnízdních zdrojů, proto musí být zohledněn rozsah a rozmanitost využití městské půdy (Baldock et al., 2019).

Studie Baldock et al. (2019) poukazuje na dvě hlavní strategie zlepšení podmínek ve městech. První strategií je zvýšení množství půdy příznivé pro opylovače přeměnou nepříznivých půd, příkladem může být přeměna parků na zahrady. Druhým způsobem je zlepšení kvality stávající půdy skrze lepší management. Zde uvádějí například zvýšení počtu a kvality květních zdrojů na veřejně spravovaných lokalitách.

Existují různá účinná opatření, která by byla nejen vysoké kvality, ale také nákladově efektivní. Příkladem může být snížení intenzivních managementů, a to zejména častého a nadměrného sečení. Díky snížení intenzity tohoto opatření zůstanou zachovány kvetoucí zdroje a zároveň dojde ke snížení nákladů na sečení, zatímco estetická

hodnota místa zůstane zachována (Ayers & Rehan, 2021). Jedna z nejjednodušších metod řízení biodiverzity je sečení městských trávníků v mosaice. Tento zásah by mohl zlepšit kvalitu ploch jak pro motýly, tak i pro čmeláky (Blackmore & Goulson, 2014). I přes účinnost a jednoduchost je tento management zřídka používán. Na zelených plochách, kde kvetou jetele (*Trifolium* sp.), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), černohlávek (*Prunella* spp.) či chrpy (*Centaurea* spp.) je důležité zohlednit výšku seče, která zajistí stálou potravní nabídku (Michořap et al., 2017). V parcích dojde snížením seče k zvýšení zastoupení pampelišky (*Taraxacum* agg.), sedmikrásky obecné (*Bellis perennis*) a jetele plazivého (*Trifolium repens*), které dokáží přilákat opylovače (Baldock et al., 2019). Dalším příkladem jednoduchého a účinného opatření může být zahrnutí vytrvalých rostlin, které snižují frekvenci, s jakou je třeba opakované zasévání (Ayers & Rehan, 2021).

Výsev divokých květin prokazatelně zvyšuje množství opylovačů a celkově hmyzu, a to by mohlo být uplatněno ve větší míře v městském prostředí (Blackmore & Goulson, 2014; Mody et al., 2020). Květinové záhony bohaté na zdroje nektaru mohou být atraktivní pro vysoce pohyblivé motýly, ale ne všichni jedinci budou moci z takových záhonů těžit, pokud v nich nebudou obsaženy původní druhy. Proto by záhony nabízející původní druhy rostlin a hostitelské rostliny pro larvální stádia motýlů mohly být jednoduchým vylepšením městských parků či ploch využívaných pro rekreaci a sport (Threlfall et al., 2017); (Michořap et al., 2017). Například druhy bobovitých (Fabaceae) jako jetel luční (*Trifolium pratense*) či tolíce vojtěška (*Medicago sativa*) jsou využívány larvami modráška jehlicového (*Polyommatus icarus*) a dalšími druhy modráškovitých (*Lycaenidae* (Eliasson et al., 2005)). Čertkus luční (*Succisa pratensis*), chrpa luční (*Centaurea jacea*) a chrastavec rolní (*Knautia arvensis*) představují cenný zdroj nektaru pro dospělé motýly (Franzén & Nilsson, 2008). Přidání keře jako je krušina olšová (*Frangula alnus*) může prospět například žluťásku řešetlákovému (*Gonepteryx rhamni* (Eliasson et al., 2005)).

Zahrady, které budou mít vysokou koncentraci okrajových prvků (např. živé ploty, ploty, zahradní stavby), mohou zajistit vhodný habitat ke hnízdění čmeláků (Osborne et al., 2008). Zahrady ve studii Osborne et al. (2008), které poskytovaly objekty jako komposty či ptačí budky obsahovaly až nečekané množství čmeláků. Plochy s keři, vysokou trávou a mrtvým dřevem by se měly nacházet v každém parku, aby mohly čmelákům poskytnout hnízdní habitat (Michořap et al., 2017).

Ve studii Lizée et al. (2012) považovali za důležité zachovávat kvalitní příměstské přírodní oblasti, zajišťovat kontinuitu mezi městskými zelenými plochami a zdrojovými oblastmi populací druhů. Také je podstatné zajišťovat propojenost mezi jednotlivými habitaty uvnitř města, což může být podpořeno např. uměle vytvořenými zelenými stěnami či střechami, které zvyšují pohyblivost motýlů.

V praxi by pak měla jednotlivá rozhodnutí o managementech být vybrána podle toho, kolik takových ploch ve městech je, jaké jsou místní plány rozvoje a co je praktické a efektivní. Například přidání zahradních parcel by mohlo být jednodušší než přidání přírodních rezervací. Zatímco zřizování nových parků je nákladné, zlepšování květinových zdrojů v parcích by mohlo být nákladově a časově efektivní (Baldock et al., 2019). Na každém stanovišti lze provést alespoň malou úpravu prospěšnou pro opylovače. Daniels et al. (2020) vysvětlují, že i dětská hřiště mohou po zavedení adekvátního režimu péče také představovat cenná stanoviště pro podporu biodiverzity. Hlavní strategie ochrany by však měly být založeny na podpoře diverzity kvetoucích druhů (Sutcliffe & Plowright, 1988).

3.6 Citizen science

Citizen science neboli „občanská věda“ představuje rychle se rozvíjející oblast, která umožňuje zapojení veřejnosti do vývoje informací, shromažďování informací a sociálních akcí. Cílem je sblížit veřejnost a vědu, zajistit aktivnější přístup občanů k vědě a jejímu rozvoji. Veřejnost se v rámci citizen science může účastnit různorodých vědeckých výzkumů, hlavně spoluprací s profesionálními vědci na shromažďování a analyzování velkého množství dat (Bonney et al., 2016). Projekty občanské vědy se mohou využívat v oblastech monitoringu biodiverzity, rozšíření invazních druhů (Pocock et al., 2017), vlivu člověka na přírodní společenstva (Stelle, 2017) nebo zjišťování kvality životního prostředí (Njue et al., 2019).

Důležitým vedlejším výsledkem je vzdělávání veřejnosti (Dickinson et al., 2012). Výsledky některých studií poukazují na zlepšení znalostí účastníků v oblasti přírodních věd či změnu jejich chování na základě získaných zkušeností (Ballard et al., 2017). Prvořadé by mělo být motivovat dobrovolníky, jelikož na nich je celá občanská věda založena. Za klíčové motivace považuje Admiraal et al. (2017) možnost

spojení s přírodou, snahu pomoci, získávání znalostí a příležitost socializovat se. Žádoucí je také školní vzdělávání a vzdělávání mládeže, a tím podpoření nové generace v zájmu o účast na vědeckých projektech (Makuch & Aczel, 2020).

Účast veřejnosti na vědeckých výzkumech je již známa z minulosti. Například strážci majáků začali sbírat data o nárazech ptáků v roce 1880. Dalším příkladem je National Audubon Society, která zahájila v roce 1900 každoroční vánoční sčítání ptáků (LeBaron G., 2007). V průběhu 20. století se veřejnost podílela na sledování vodní kvality, dokumentování rozšíření hnízdicích ptáků či hledání nových hvězd a galaxií (Bonney et al., 2009). Za posledních 20 let začalo vznikat více a více občanských vědeckých projektů, na kterých se podílejí miliony účastníků (Bonney et al., 2016). Konkrétně se nejrychleji začal rozvíjet dobrovolný monitoring druhů v čase či prostoru (Lawrence, 2006).

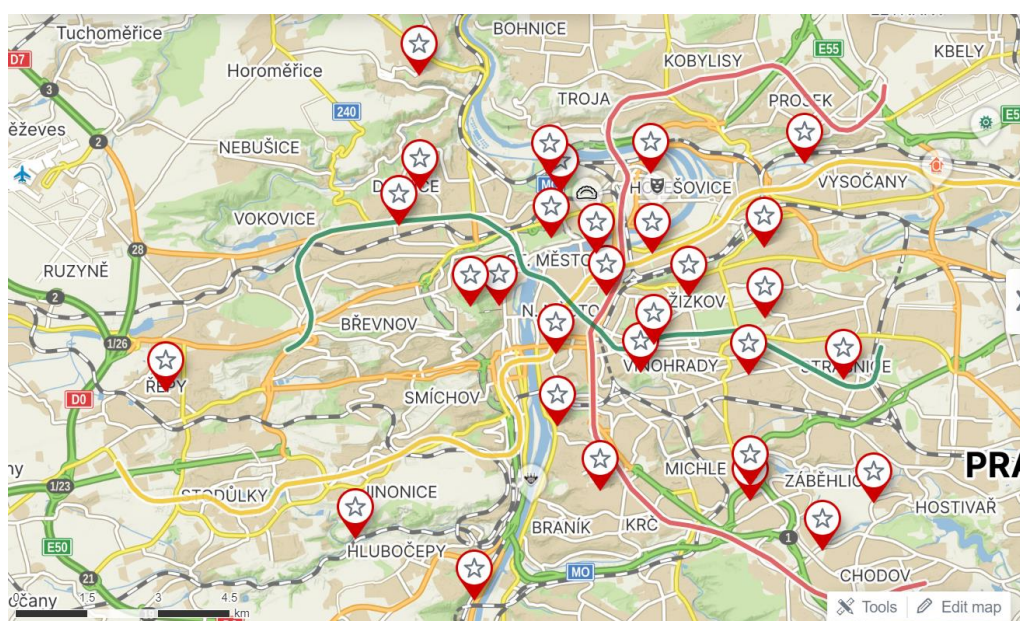
V České republice najdeme také mnoho projektů, které zapojují veřejnost, např. Praha kvete (zakládání květnatých louček pro hmyz v Praze a okolí), Motýlí klenoty (monitoring motýlů v České republice), Okáčům na stopě (sběr dat pro výzkum a ochranu kriticky ohroženého okáče metlicového v Prokopském údolí) atd. (Adam, 2020)

4. METODIKA

4.1 Zkoumané lokality

Výzkum probíhal v hlavním městě Praha, kde bylo vybráno 30 dětských hřišť, která jsou rozmístěna různě podél gradientu zastavěnosti jejich okolí. Hřiště mají odlišné environmentální charakteristiky, které byly zaznamenávány do protokolu (vegetace, poměr propustných a nepropustných povrchů, zastínění, nektar). Dále byly během sběru entomologických dat zapsány informace o datu, čase, počasí a teplotě. Ke každému hřišti byla přiřazena kontrolní plocha, u které byly zaznamenány stejné proměnné prostředí. Tato kontrola představovala zelenou plochu v blízkosti dětského hřiště, přičemž měla reprezentovat stanoviště, místo kterého bylo hřiště zřejmě vybudováno. Největší vzdálenost kontroly od hřiště byla 350 m, typicky však kontrola těsně sousedila s daným dětským hřištěm. Přesná místa kontrolních ploch byla vybírána až v terénu tak, aby co nejvíce charakterem prostředí odpovídala párovému hřišti.

Velikosti dětských hřišť byly různé. Pokud hřiště nebylo ohraničeno plotem, hranice byla určena pomocí laviček po krajích. Velikost kontrolní plochy vždy odpovídala velikosti daného dětského hřiště.



Obrázek 3: přehled dětských hřišť (zdroj Mapy.cz, 2024)



Obrázek 4: ortofoto dětského hřiště a kontrolní plochy, Suchdol (Mapy.cz, 2024)



Obrázek 5: ortofoto dětského hřiště a kontrolní plochy, Řepy (Mapy.cz, 2024)

4.1.1 Environmentální proměnné

Prvním krokem při návštěvě dané plochy byla její obchůzka a zaznamenání environmentálních proměnných, které by mohly ovlivnit výskyt motýlů a čmeláků.

Dostupný nektar byl určován na základě výskytu kvetoucích rostlin na dané ploše. Nebyla hodnocena kvalita nýbrž kvantita, tudíž záleželo jen na množství kvetoucích

rostlin. Množství nektaru bylo vyjadřováno hodnotou 0-3 (po půl bodech), kdy hodnota 0 znamenala „žádný nektar“ a hodnota 3 vyjadřovala „maximum nektaru“.

Podíl vegetace, propustné a nepropustné povrchy byl vyjádřen procentuálně. Na zkoumaných plochách byl zjišťován poměr těchto tří povrchů, tudíž dohromady tyto tři získané hodnoty dávaly 100 %. Do vegetace byla řazena veškerá přízemní zeleň, která se na zkoumané ploše nacházela. Propustnými povrchy jsou myšleny např. pískoviště či štěrkové plochy, které nejsou nijak zpevněny. Nepropustnými povrchy jsou myšleny betonové či gumové povrchy.

Zastínění bylo také vyjádřeno v procentech. Tato proměnná byla zaznamenávána jako průmět koruny stromů svisle k zemi. Při výběru kontrolních ploch byla snaha, aby zastínění bylo stejné jako u dětského hřiště.

Počasí bylo hodnoceno při návštěvě dané plochy od 1-3 (tj. 1 - jasno, 2 - polojasno, 3 - oblačno). Také byla zaznamenávána aktuální teplota vzduchu.

4.2 Sběr dat

Měření probíhala ve dvou obdobích, poprvé na konci června a podruhé v první půlce srpna roku 2023. Sběr dat trval v každém z měsíců 5 dní. Snaha byla vybrat období s nejstabilnějším a nejideálnějším počasím tak, aby nebyly velké výkyvy během sběru dat, a aby bylo převážně slunečno s teplotami v rozmezí 20-30 °C. Také bylo dbáno na to, aby nebylo větrno či deštivo.

Na každém hřišti a kontrolní ploše probíhalo čisté pozorování 10 minut. Během těchto 10 minut docházelo k procházení hřiště a aktivnímu hledání motýlů a čmeláků. Do tohoto limitu nebyl počítán zápis do protokolu či identifikace druhů.

Čmeláci byli rozděleni do 4 skupin (dále jen „barevné skupiny“) podle zbarvení (tj. zlaté zbarvení, bílý pruh na abdomenu, oranžový pruh na abdomenu, oranžový pruh na abdomenu i s dalšími pruhy na těle). Motýli byli převážně odchyťováni do sítě a poté identifikováni do druhu pomocí terénního klíče Laštůvka (2008).

4.3 Zpracování dat

Po dokončení sběru dat došlo k jejich přepisu z vytvořených protokolů do Microsoft Excelu, kde ze sebraných dat byla vytvořena tabulka. Do finální tabulky byl přidán pomocí funkce SUMA reprezentující celkový počet jedinců čmeláků a celkový počet jedinců motýlů na jednotlivých plochách. Dále pomocí funkce COUNTIF byl přidán reprezentující celkový počet barevných skupin čmeláků a celkový počet druhů motýlů na jednotlivých plochách. Ze vzniklé tabulky byla zpracována analýza dat.

5. ANALÝZA DAT

Pro analýzu dat byl použit program R verze 4.3.2 (R Core Team, 2023).

5.1 Vliv dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami v měsíci červnu a srpnu

Pro analýzu dat byly použity čtyři nezávislé zobecněné lineární modely s náhodnými efekty (GLMM) s Poissonovým rozdělením dat. Vysvětlované proměnné v jednotlivých modelech byly: počet jedinců čmeláků, počty barevných skupin čmeláků, počet jedinců motýlů a počet druhů motýlů. Stanoviště („patch“: dětské hřiště vs kontrolní plochy), termín sběru („period“: červen vs srpen) a jejich vzájemná interakce vstupovaly do modelů jako vysvětlující proměnné. Jako náhodný efekt bylo do modelu zahrnuta lokalita (pár hřiště-kontrola). Pro vizualizaci dat byl použit balíček „ggplot2“ v programu R.

*Ukázka použitého modelu pro počet jedinců čmeláků: `m1 <- glmmPQL(bumbleN~patch*period, random =~ 1|location, family=poisson, data=data)`.*

5.2 Vliv environmentálních charakteristik a vlastností dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami

Pro analýzu dat bylo použito šest nezávislých zobecněných lineárních modelů (GLMs) s Poissonovým rozdělením dat. Jako vysvětlované proměnné byly v těchto modelech použity počty jedinců čmeláků, počty barevných skupiny čmeláků, počty jedinců motýlů a počty druhů motýlů. Vysvětlujícími proměnnými byly podíl vegetačního pokryvu, zpevněných ploch a nezpevněných ploch, dále podíl zastínění a námi stanovené množství nektaru. Modely byly fitovány nezávisle pro oba sledované měsíce (červen a srpen). Pro vizualizaci dat byl použit balíček „ggplot2“ v programu R.

Ukázka použitého modelu pro počet druhů motýlů: `m5<-glm(butterS~veget+nectar+bare+solid+shade, family=poisson, data=data)`.

6. VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ

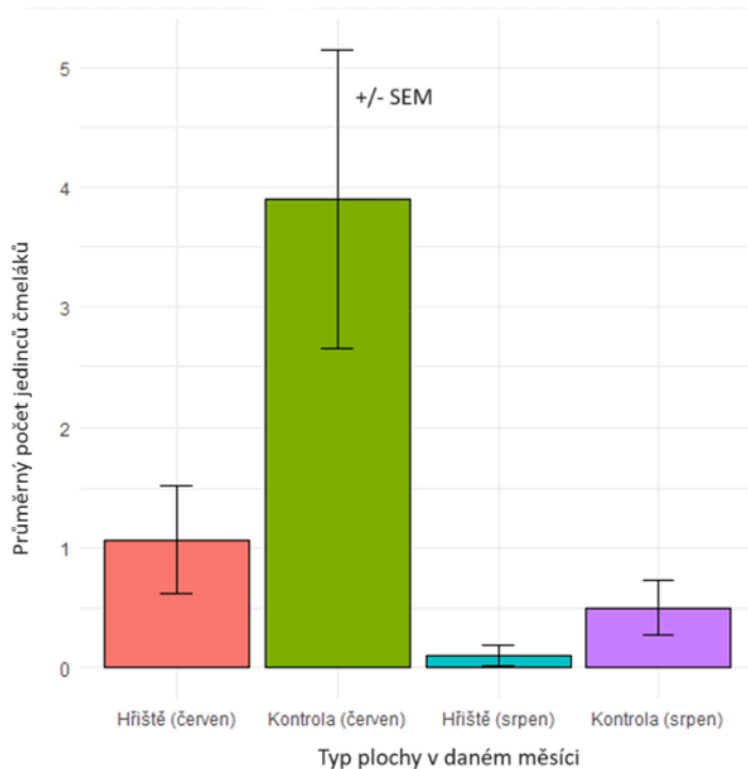
6.1 Vliv dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami v měsíci červnu a srpnu

Výsledky statistické analýzy dat (Tabulka 1) ukazují, že dětská hřiště a okolní zelené (kontrolní) plochy představují pro opylovače odlišné prostředí. Výskyt opylovačů ve sledovaných plochách se dále průkazně lišil i v čase (mezi červnem a srpnem).

Tabulka 1: Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro vysvětlující proměnné stanoviště a termín sběru.

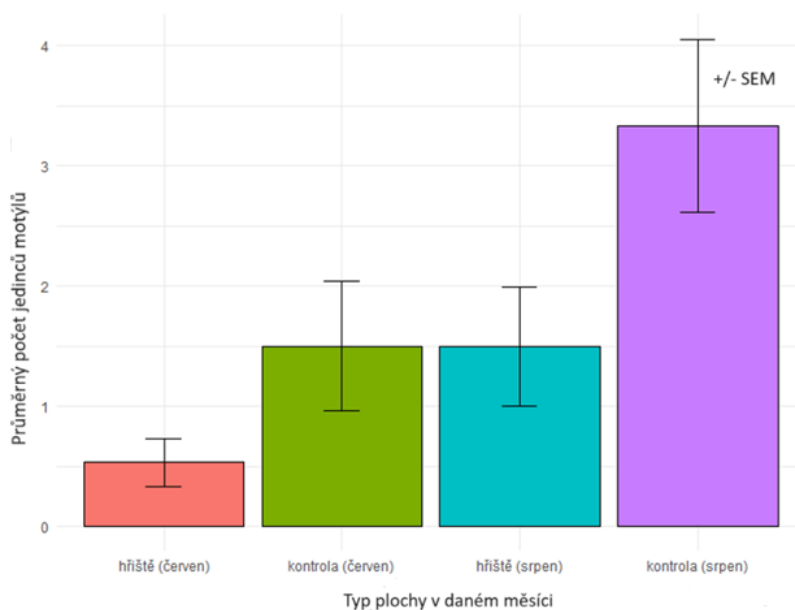
Vysvětlovaná proměnná:	Stanoviště		Termín sběru	
	P-hodnota	F-hodnota	P-hodnota	F-hodnota
Počet jedinců čmeláků	<0,001	30,242	<0,001	48,600
Počty barevných skupin	= 0,003	9,065	<0,001	31,092
Počet jedinců motýlů	<0,001	20,734	<0,001	22,827
Počet druhů motýlů	= 0,001	11,703	<0,001	18,691

Počet jedinců čmeláků v obou sledovaných měsících byl průkazně vyšší na kontrolních plochách než na dětských hřištích (Obrázek 6).



Obrázek 6: Graf zobrazující průměrný počet jedinců čmeláků na dětských hřištích a kontrolních plochách v měsících červnu a srpnu.

Stejně tak i počet jedinců motýlů byl v obou sledovaných měsících průkazně vyšší na kontrolních plochách než na dětských hřištích (Obrázek 7).



Obrázek 7: Graf zobrazující průměrný počet jedinců motýlů na dětských hřištích a kontrolních plochách v měsících červnu a srpnu.

6.2 Vliv environmentálních charakteristik a vlastností dětských hřišť na početnosti/druhy motýlů a čmeláků v porovnání s kontrolními plochami

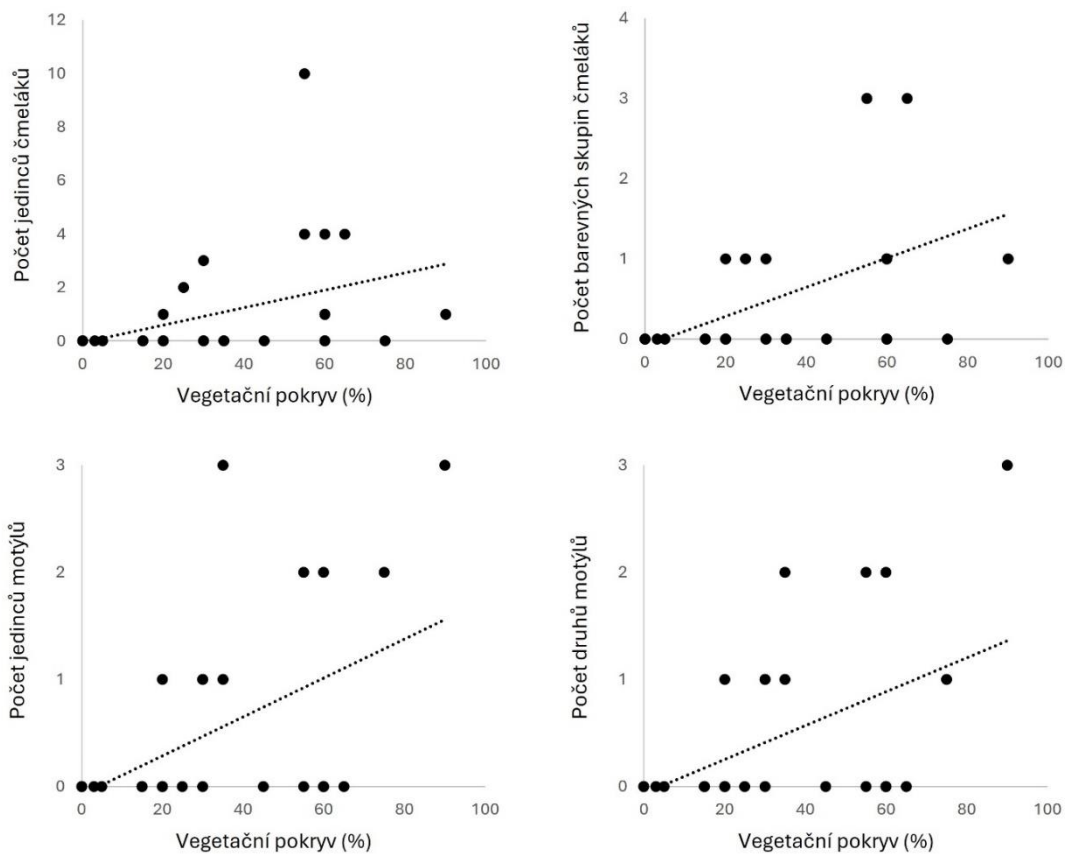
6.2.1 Červen

Počet jedinců čmeláků byl pro měsíc červen statisticky průkazně ovlivněn zastoupením vegetace a množstvím nektaru na jednotlivých dětských hřištích. Počty barevných skupin čmeláků byly pro měsíc červen statisticky průkazně ovlivněny zastoupením vegetace. Počet jedinců motýlů byl pro měsíc červen statisticky průkazně ovlivněn zastoupením vegetace a množstvím nektaru. Počet druhů motýlů byl pro měsíc červen také statisticky průkazně ovlivněn zastoupením vegetace a hodnotě nektaru (viz Tabulka 2).

Tabulka 2: Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro vysvětlující proměnné v měsíci červen.

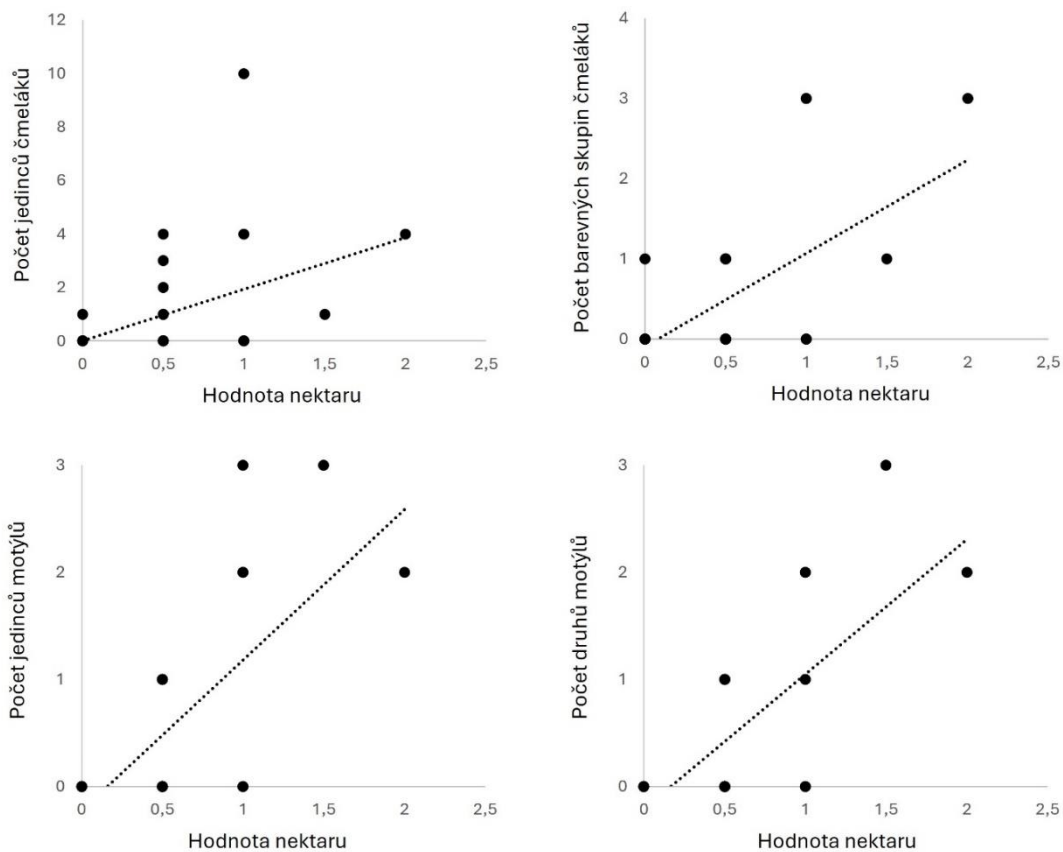
Vysvětlovaná proměnná	Vegetace		Nezpevněné povrchy		Zpevněné povrchy		Zastínění		Nektar	
	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota
GLM 1: Počet jedinců čmeláků	<0,001	67,882	0,617	63,615	0,169	61,724	0,870	61,697	0,045	63,865
GLM 2: Počet barevných skupin čmeláků	0,002	28,756	0,600	25,082	0,343	24,183	0,256	22,893	0,065	25,357
GLM 3: Počet jedinců motýlů	0,002	30,482	0,546	23,030	0,408	22,345	0,293	21,240	0,008	23,395
GLM 4: Počet druhů motýlů	0,003	26,586	0,623	19,552	0,442	18,96	0,578	18,650	0,009	19,794

Počet jedinců čmeláků, počet jedinců motýlů, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů v měsíci červnu stoupal se zvyšujícím se procentuálním zastoupením vegetačního pokryvu (Obrázek 8).



Obrázek 8: Vliv vegetačního pokryvu na počet jedinců motýlů a čmeláků, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

Počet jedinců čmeláků, počet jedinců motýlů, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů v měsíci červnu stoupal se zvyšujícím se množstvím nektaru (Obrázek 9).



Obrázek 9: Vliv množství nektaru na počet jedinců motýlů a čmeláků, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

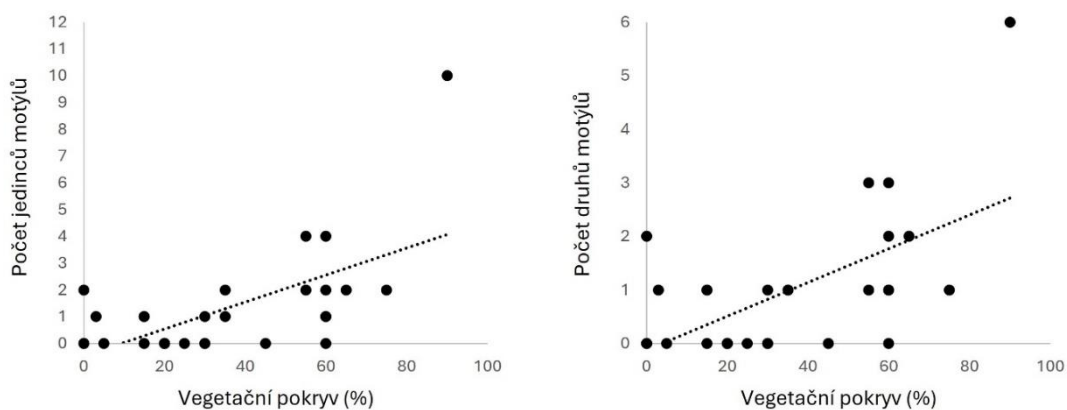
6.2.2 Srpen

Počet jedinců čmeláků a počty barevných skupin čmeláků nebyly v srpnu testovány, jelikož počet pozorování čmeláků v terénu byl téměř nulový. Počet jedinců i zaznamenaných druhů motýlů byl pro měsíc srpen statisticky průkazně ovlivněn podílem zelené plochy (vegetace) v rámci daného hřiště (Tabulka 3).

Tabulka 3 Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro měsíc srpen. Zobrazeno je p-hodnota a X² hodnota pro každou vysvětlující proměnnou.

Vysvětlovaná proměnná	Vegetace		Nezpevněné povrchy		Zpevněné povrchy		Zastínění		Nektar	
	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota
GLM 5: Počet jedinců motýlů	<0,001	30,441	0,397	28,306	0,153	26,261	0,417	25,601	0,234	29,024
GLM 6: Počet druhů motýlů	<0,001	22,868	0,380	20,471	0,213	18,919	0,814	18,864	0,202	21,243

Počet jedinců motýlů a počet druhů motýlů v měsíci srpnu stoupal se zvyšujícím se procentuálním zastoupením vegetačního pokryvu (Obrázek 10).



Obrázek 10: Vliv vegetačního pokryvu na počet jedinců motýlů a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

7. DISKUSE

Sebraná data v mnoha ohledech představují unikátní dataset, ačkoli v začátcích projekt působil dojmem, že nebude příliš úspěšný kvůli nízké početnosti motýlů. Avšak i navzdory nepříznivému počasí na přelomu května a června 2023 a ne příliš vhodnému prostředí hřišť se podařilo získat relevantní data.

Výsledky první části (viz 6.1) analýz poukazují na výrazný rozdíl ve výskytu motýlů a čmeláků mezi kontrolními plochami a plochami dětských hřišť. Jak bylo očekáváno na základě struktury prostředí dětských hřišť, tyto plochy nebyly příliš vhodným prostředím pro zkoumané skupiny opylovačů. Na kontrolních plochách početnost motýlů a čmeláků výrazně převyšovala hodnoty zaznamenané pro dětská hřiště. Hlavní příčinou může být omezené množství zeleně na dětských hřištích oproti kontrolním plochám, které byly převážně bez jakýchkoli zpevněných ploch s vysokým zastoupením vegetace.

Měsíc, kdy probíhal sběr dat, také zásadně ovlivnil čmeláky i motýly. V červnu bylo pozorováno velice málo jedinců motýlů, což mohlo být způsobeno deštivým nepříznivým počasím v předchozích týdnech. Naproti tomu čmeláci v červnu prosperovali, jelikož jsou schopni aktivity i při nepříznivém počasí (Wahengbam et al., 2019). V srpnu byl však počet pozorování čmeláků velmi nízký. Možným vysvětlením je, že většina atraktivních rostlin byla na zkoumaných plochách již odkvetlá.

Výsledky druhé části analýz (viz 6.2) poukazují na významné environmentální charakteristiky dětských hřišť, které ovlivňovaly počty zaznamenaných jedinců a druhů motýlů a čmeláků.

Důležitými faktory pro měsíc červen byly pokryv vegetace a množství nektaru. Vyšší hodnoty nektaru a podíl vegetace pozitivně ovlivňovaly výskyt jedinců a druhů motýlů a čmeláků. Vliv množství vegetace na abundanci a hojnost druhů motýlů byl již dříve pozorován ve studii Kurylo et al. (2020), která byla prováděná v Melbourne v Austrálii. Cílem této studie bylo měřit účinky nepropustných povrchů na komunity motýlů a zjistit, zda kvalita městského prostředí může tyto účinky zmírnit. Odlišný výsledek byl zaznamenán ve studii Tzortzakaki et al. (2019), která probíhala v Řecku ve městě Patras. Zde nebyl zjištěn významný vliv dostupnosti rostlinných zdrojů na rozmanitost druhů a strukturu komunit motýlů ve srovnání s vlivem nepropustných

povrchů. Toto bylo vysvětleno tím, že zelené plochy v městské krajině jsou malé a izolované a tím pádem nedokáží podpořit životaschopné populace, které by mohly těžit z vyšší lokální kvality prostředí. Dále studie Dylewski et al. (2020), která porovnávala tři typy městských ploch (městské louky, parky a sídlištní oblasti), poukázala spíše na silný vliv složení vegetace na diverzitu motýlů. U městských parků a sídlištních oblastí byla totiž zjištěna výrazně vyšší diverzita rostlinných druhů než na městských loukách, a to z důvodu intenzivního spravování těchto ploch a vysoké míry urbanizace okolního prostředí. Zároveň Dylewski et al. (2020) nenalezli žádné rozdíly v celkové pokryvnosti rostlin mezi zkoumanými stanovišti. V mém výzkumu naopak tyto rozdíly pozorovány byly. Studie Ahrné et al. (2009), která se zaměřovala na čmeláky na soukromých zahradách, naznačila, že hojnost čmeláků je více ovlivněna místními faktory, jako je právě hojnost květů, než okolní krajinou. To může souviset s dobrými disperzními schopnostmi velkých a eusociálně žijících včel, mezi které se řadí právě čmeláci.

Další zkoumané environmentální charakteristiky (nepropustné a propustné povrchy, zastínění) nevyšly průkazně pro žádnou ze zkoumaných skupin. Naproti tomu studie Ahrné et al. (2009) pozorovala negativní vliv nepropustných povrchů na diverzitu čmeláků. Dále výzkum Tzortzakaki et al. (2019) zaznamenal negativní vliv urbanizace a nepropustných povrchů na komunity motýlů. Výjimkou byli v této studii někteří generalisté (bělásek řepkový, modrásek tažný (*Leptotes pirithous*)), kteří nebyli negativně ovlivněni mírou urbanizace. Také výzkum Kurylo et al. (2020) zaznamenal snižování početnosti motýlů se zvyšujícím se podílem nepropustných povrchů. Možným vysvětlením pro neprůkazný výsledek vlivu nepropustných povrchů v mé práci může být příliš malý počet dětských hřišť či jejich malá rozloha, kvůli čemuž nebyl prokázán signifikantní vztah mezi množstvím nepropustných povrchů a výskytem opylovačů uvnitř hřišť.

V měsíci srpnu vyšla analýza průkazně pouze pro motýly a jediným důležitým faktorem bylo množství vegetace. Tento výsledek mohl být důsledkem toho, že většina rostlin na zkoumaných plochách byla již odkvetlá. I přes tento fakt počet jedinců a druhů motýlů byl pozitivně ovlivněn množstvím vegetace, což může souviset například s kladením vajíček na živné rostliny, které mohou být klidně odkvetlé.

Jedním z nedostatků této práce by mohlo být nezaznamenávání druhového složení kvetoucích rostlin, které se vyskytovaly na zkoumaných plochách. Mnohé studie totiž

naznačují silný vliv konkrétních druhů rostlin na výskyt opylovačů (Rollings & Goulson, 2019; Sikora et al., 2020). Potvrzují to i má pozorování, kdy jsem při výzkumu zaznamenala např. keř tavolník na dětském hřišti v Řepích (viz Příloha 7), který přilákal velké množství čmeláků. Druhým příkladem z mého sběru dat byla bylinková zahrádka nacházející se na kontrolní ploše v Podolí (viz Příloha 6), která také hostila několik čmeláků. Tato pozorování se shodují s tvrzením ze studie Michoľap et al. (2017), že vysázení pár, ale vhodných druhů rostlin dokáže podpořit výskyt čmeláků v městském prostředí. I přes to, že jsem nezaznamenávala jednotlivé druhy rostlin, jsem na dětských hřištích nejvíce pozorovala druhy jetele (*Trifolium* sp.), sedmikrásku chudobku (*Bellis perennis*) a v lepších případech štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*).

Souvisejícím nedostatkem tak může být způsob hodnocení množství nektaru. Studie Dylewski et al. (2020) popisuje, že různé typy květů přitahují různé druhy opylovačů. Tudíž hodnota nektaru by mohla být určována na základě kvality pro jednotlivé skupiny opylovačů, což by mohlo zajistit přesnější výsledky.

Do dalších navazujících výzkumů by mohlo být zahrnuto více dětských hřišť. Podle webové stránky <http://www.hristepraha.cz/> (Vašák et al., 2013) se v hlavním městě nachází přibližně 150 dětských hřišť. Pokud by se tedy zvýšil vzorek zkoumaných ploch, mohly by být výsledky přesnější.

Při hledání literatury pro tuto diskusi jsem se utvrdila v názoru, že dětská hřiště jsou opravdu specifickými plochami a entomologické výzkumy se na ně vůbec nezaměřují. V tomto ohledu je tato práce inovativní a představuje odrazový můstek pro další výzkumy. Pokud by došlo k dalším průzkumům, které by zohlednily zmíněné nedostatky, mohly by výsledky výrazným způsobem napomoci zlepšení těchto městských lokalit z pohledu podpory biodiverzity.

7.1 Dětská hřiště jako příležitost k edukaci

Důležitým krokem k ochraně nejen opylovačů je edukace a osvěta veřejnosti (Braman & Griffin, 2022). Studie Kim (1993) popisuje hmyz jako ideální skupinu, skrze kterou lze zapojit děti do vědeckého bádání a porozumění přírodě. Jednou z účinných cest k tomuto cíli může být využití přírodnějších dětských hřišť s kvetoucími zdroji jako prostředí, ve kterém se děti i dospělí mohou setkat s opylovači. Tato interakce může

poskytnout vynikající příležitost k tomu, aby se děti dozvěděly více o důležitosti opylovačů v ekosystémech a způsoby, jak je lze chránit.

Děti i dospělí by zde mohli získat konkrétní informace o tom, jak například vytvořit přívětivé prostředí pro opylovače zajištěním dostupnosti hnízdních zdrojů či vysázením vhodných rostlin na svých zahrádkách či balkónech (Hane & Korfmacher, 2022). Tyto informace by na hřištích mohly být zprostředkovány pomocí informačních nástěnek, které by obsahovaly ilustrace a popisy různých skupin opylovačů, informace o jejich životních cyklech, významu a ohrožení.

Dětská hřiště nejen s květinovými zdroji by tedy mohla zajišťovat jak prostředí zábavy a všemožných aktivit, tak i vynikající platformu pro nabytí vědomostí o opylovačích. Využití hřišť k edukaci a osvětě může vést k většímu povědomí a péči o tyto důležité organismy a k podpoře jejich ochrany ve prospěch biodiverzity a udržitelného životního prostředí.

Zapojení občanské vědy, kde veřejnost aktivně sbírá data a přispívá k výzkumu, může hrát klíčovou roli v dosažení těchto cílů. Děti mohou být zapojeny do pozorování a sledování opylovačů na hřištích, zaznamenávání druhů květin a jejich návštěvnosti opylovači nebo dokonce do vytváření prostředí příznivého pro opylovače. Takovéto aktivity mohou přispět nejen k rozvíjení vědomostí a dovedností dětí, ale také napomáhají budovat silné propojení mezi lidmi a přírodou, což může vést ke změně postojů a chování vůči životnímu prostředí. Proto bych v navazujícím výzkumu dětských hřišť ráda zahrnula i prvek spolupráce s veřejností a nabídla rodičům na dětských hřištích například možnost zaznamenávání vyskytujících se opylovačů pomocí projektu využívajícího aplikaci iNaturalist.

8. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

Městská krajina představuje komplexní a heterogenní prostředí, které má různorodé vlivy na opylovače. V porovnání převážně s intenzivně obdělávanou zemědělskou krajinou mají města potenciál podpořit biodiverzitu opylovačů, nebo ji při nejmenším nesnižovat. K tomu je však zapotřebí implementovat správné managementy. Vhodně navržené zelené plochy bohaté na kvetoucí a hnízdní zdroje se sníženými managementy mohou zajistit přívětivá stanoviště pro opylovače. Naopak nevhodné praktiky jako časté a intenzivní sečení či odstraňování mrtvého dřeva a jiných potenciálních hnízdních zdrojů může způsobit degradaci prostředí a snížení biodiverzity opylovačů.

Opomíjeným faktorem by neměly zůstat ani očekávání a estetické preference občanů, které jistým způsobem ovlivňují městskou biodiverzitu. Z tohoto důvodu je vzdělání a osvěta občanů důležitým krokem k ochraně, a to nejen opylovačů. Tento krok může napomoci změně podob nejen veřejných městských ploch, ale také soukromých pozemků (např. zahrádek).

Tato práce sumarizovala faktory, které ovlivňují výskyt opylovačů v městské krajině a popsala možná zlepšení těchto oblastí. Praktická část se snažila poukázat na skutečnost, že nyní dětská hřiště sice neposkytují vhodné prostředí pro opylovače, ale existují možnosti, jak tyto plochy vylepšit. Výzkum identifikoval faktory, které na těchto specifických plochách nejvíce ovlivňovaly výskyt motýlů a čmeláků. Zaměření se na zlepšení těchto charakteristik by mohlo podpořit výskyt opylovačů v urbanizované krajině.

9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

9.1 Ostatní zdroje

R Core Team, 2023: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

9.2 Internetové zdroje

Konvička M., Beneš J., Fric Z., 2010: Ochrana denních motýlů v České republice – analýza stavu a dlouhodobá strategie (online) [cit. 2024.03.16], dostupné z <https://www.lepidoptera.cz/publikace/ochrana-dennich-motylu-v-ceske-republice-analyza-stavu-a-dlouhodobá-strategie>

Mapy.cz., 2024 (online) [cit. 2024.03.20], dostupné z <https://en.mapy.cz/zakladni?x=14.4523000&y=50.0471000&z=11>

Řehounek Jiří, Hanč Zdeněk, Lipárová Jana, Řehounková Klára, Rom Jiří, & Jirků Miloslav, 2019: Ochrana motýlů v zahradě, ve městě a v krajině. (online) [cit. 2024.03.10], dostupné z https://www.calla.cz/data/hl_stranka/ostatni/brozura_motyli_web.pdf

Saska, P., Skuhrovec, J., Foffová, H., & Řezáč, M., 2020: Ekosystémové služby poskytované bezobratlými v zemědělství opylování a regulace škůdců a plevelů. (online) [cit. 2024.02.18], dostupné z https://www.ctpz.cz/media/upload/1623671752_2-ekosytemove-sluzby-9-tisk.pdf

Smékalová, K., Kaffková, K., & Votavová, A., 2018: Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře (online) [cit. 2024.03.23] dostupné z https://www.vupt.cz/storage/app/media/uploaded-files/metodiky/2019_metodika_Podporacmelaku2.pdf

Adam M., 2020: Citizen Science – občanská věda v České republice (online) [cit. 2024.03.05], dostupné z <https://www.citizen-science.cz/>

Vašák M., Kuthan J., Rajchlová A., Pekárek V., Shtiben O., & Vachkova M., 2014: Hřiště Praha. (online) [cit. 2024.03.12], dostupné z <http://www.hristepraha.cz/>

9.3 Odborné publikace

Admiraal, J. F., Van Den Born, R. J. G., Beringer, A., Bonaiuto, F., Cicero, L., Hiedanpää, J., Knights, P., Knippenberg, L. W. J., Molinario, E., Musters, C. J. M., Naukkarinen, O., Polajnar, K., Popa, F., Smrekar, A., Soininen, T., porras-Gomez, C., Soethe, N., Vivero-Pol J.-L., & De Groot, W. T., 2017: Motivations for committed nature conservation action in Europe. *Environmental Conservation*, 44, 148–157.

Ahrné, K., Bengtsson, J., & Elmqvist, T., 2009: Bumble bees (*Bombus* spp) along a gradient of increasing urbanization. *PLoS One*, 4, e5574.

Amendt, J., 2021: Insect Decline—A Forensic Issue? *Insects*, 12, 324.

Ayers, A. C., & Rehan, S. M., 2021: Supporting bees in cities: how bees are influenced by local and landscape features. *Insects*, 12, 128.

Baldock, K. C., 2020: Opportunities and threats for pollinator conservation in global towns and cities. *Current opinion in insect science*, 38, 63-71.

Baldock, K. C. R., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Morse, H., Osgathorpe, L. M., Potts, S. G., Robertson, K. M., Scott, A. V., Staniczenko, P. P. A., Stone, G. N., Vaughan, I. P., & Memmott, J., 2019: A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. *Nature Ecology and Evolution*, 3, 363–373.

Ballard, H. L., Robinson, L. D., Young, A. N., Pauly, G. B., Higgins, L. M., Johnson, R. F., & Tweddle, J. C., 2017: Contributions to conservation outcomes by natural history museum-led citizen science: Examining evidence and next steps. *Biological Conservation*, 208, 87–97.

Bates, A. J., Sadler, J. P., Fairbrass, A. J., Falk, S. J., Hale, J. D., & Matthews, T. J., 2011: Changing Bee and Hoverfly Pollinator Assemblages along an Urban-Rural Gradient. *PLoS One*, 6, e23459.

Belovsky, G. E., & Slade, J. B., 2000: Insect herbivory accelerates nutrient cycling and increases plant production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 14412–14417.

Benvenuti, S., 2014: Wildflower green roofs for urban landscaping, ecological sustainability and biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 124, 151–161.

Blackmore, L. M., & Goulson, D., 2014: Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. *Insect Conservation and Diversity*, 7, 480–484.

Bongaarts, J., 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Population and Development Review*, 45, 680–681.

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J., 2009: Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59, 977-984.

Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W., 2016: Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25, 2–16.

Bonthoux, S., Voisin, L., Bouché-Pillon, S., & Chollet, S., 2019: More than weeds: Spontaneous vegetation in streets as a neglected element of urban biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 185, 163–172.

Boyes, D. H., Evans, D. M., Fox, R., Parsons, M. S., & Pocock, M. J. O., 2021: Is light pollution driving moth population declines? A review of causal mechanisms across the life cycle. *Insect Conservation and Diversity*, 14, 167–187.

Braman, S. K., & Griffin, B., 2022: Opportunities for and impediments to pollinator conservation in urban settings: A review. *Journal of Integrated Pest Management*, 13, 6.

Buchholz, S., & Egerer, M. H., 2020: Functional ecology of wild bees in cities: towards a better understanding of trait-urbanization relationships. *Biodiversity and Conservation*, 29, 2779-2801.

Buchholz, S., & Kowarik, I., 2019: Urbanisation modulates plant-pollinator interactions in invasive vs. native plant species. *Scientific Reports*, 9, 6375.

Chi, S., Hu, J., Zheng, J., & Dong, F., 2017: Study on the effects of arsenic pollution on the communities of macro-invertebrate in Xieshui River. *Acta Ecologica Sinica*, 37, 1–9.

- Choate, B. A., Hickman, P. L., & Moretti, E. A., 2018: Wild bee species abundance and richness across an urban–rural gradient. *Journal of Insect Conservation*, 22, 391–403.
- Chowdhury, S., Dubey, V. K., Choudhury, S., Das, A., Jeengar, D., Sujatha, B., ... & Kumar, V., 2023: Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1146052.
- Christmann, S., 2019: Do we realize the full impact of pollinator loss on other ecosystem services and the challenges for any restoration in terrestrial areas? *Restoration Ecology*, 27, 720–725.
- Clarke, D., Whitney, H., Sutton, G., & Robert, D., 2013: Detection and Learning of Floral Electric Fields by Bumblebees. *Science*, 340, 66–69.
- Persson, A. S., Hederström, V., Ljungkvist, I., Nilsson, L., & Kendall, L., 2023: Citizen science initiatives increase pollinator activity in private gardens and green spaces. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 1099100.
- Dalzochio, M. S., Périco, E., Renner, S., & Sahlén, G., 2018: Effect of tree plantations on the functional composition of Odonata species in the highlands of southern Brazil. *Hydrobiologia*, 808, 283–300.
- Daniels, B., Jedamski, J., Ottermanns, R., & Ross-Nickoll, M., 2020: A “plan bee” for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces. *PLOS One*, 15, e0235492.
- Deguines, N., Julliard, R., de Flores, M., & Fontaine, C., 2012: The Whereabouts of Flower Visitors: Contrasting Land-Use Preferences Revealed by a Country-Wide Survey Based on Citizen Science. *PLoS One*, 7, e45822.
- Diamond, J. M., 1975: The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological conservation*, 7, 129-146.
- Diamond, S. E., Bellino, G., & Deme, G. G., 2023: Urban insect bioarks of the 21st century. *Current Opinion in Insect Science*, 57, 101028.
- Dickinson, J. L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R. L., Martin, J., Phillips, T., & Purcell, K., 2012: The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 291–297.

- Dupont, Y. L., Damgaard, C., & Simonsen, V., 2011: Quantitative Historical Change in Bumblebee (*Bombus* spp.) Assemblages of Red Clover Fields. *PLoS One*, 6, e25172.
- Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W., 2019: Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecological Entomology*, 44, 678–689.
- Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W., 2020: Linking pollinators and city flora: How vegetation composition and environmental features shapes pollinators composition in urban environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126795.
- Ehrlich, P. R., 1984: The structure and dynamics of butterfly populations. In: Vane-Wright, R. I., & Ackery, P. R. (eds.): *The biology of butterflies*. Academic Press, London. 25-40 s.
- Eliasson, C.U., Ryrholm, N., Holmer, M., Jilg, K. & Gärdenfors, U., 2005: Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Fjärilar: Dagfjärilar. HesperIIDae-Nymphalidae. ArtDatabanken, SLU, Uppsala. 407 s.
- European Commission., 2020: Commission Staff Working Document accompanying the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Credit Rating Agencies. Impact Assessment.
- Fenoglio, M. S., Calviño, A., González, E., Salvo, A., & Videla, M., 2021: Urbanisation drivers and underlying mechanisms of terrestrial insect diversity loss in cities. *Ecological Entomology*, 46, 757–771.
- Ferreira, R. P., Martins, C., Dutra, M. C., Mentone, C. B., & Antonini, Y., 2013: Old Fragments of Forest Inside an Urban Area Are Able to Keep Orchid Bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) Assemblages? The Case of a Brazilian Historical City. *Neotropical Entomology*, 42, 466–473.
- Yücel, G. F., 2013: Integrating ecosystem landscapes in cityscape: Birds and butterflies. In *Advances in landscape architecture*. Intech Open, London. 263-276 s.
- Fournier, B., Frey, D., & Moretti, M., 2020: The origin of urban communities: From the regional species pool to community assemblages in city. *Journal of Biogeography*, 47, 615-629.

- Franzén, M., & Nilsson, S. G., 2008: How can we preserve and restore species richness of pollinating insects on agricultural land? *Ecography*, 31, 698–708.
- Friedman, A., 2020: *Fundamentals of sustainable urban design*. Springer Nature. Berlin.
- Fussell, M., & Corbet, S. A., 1992: The nesting places of some British bumble bees. *Journal of Apicultural Research*, 31, 32–41.
- Geslin, B., Gauzens, B., Thébault, E., & Dajoz, I., 2013: Plant pollinator networks along a gradient of urbanisation. *PloS One*, 8, e63421.
- Goulson, D., Hughes, W., Derwent, L., & Stout, J., 2002: Colony growth of the bumblebee, *Bombus terrestris*, in improved and conventional agricultural and suburban habitats. *Oecologia*, 130, 267–273.
- Graffigna, S., González-Vaquero, R. A., Torretta, J. P., & Marrero, H. J., 2023: Importance of urban green areas' connectivity for the conservation of pollinators. *Urban Ecosystems*, 27, 417-426.
- Haaland, C., 2023: Bumblebees and butterflies in green structure elements in Malmö, Sweden. *Urban Ecosystems*, 26, 1559-1572.
- Hall, D. M., Camilo, G. R., Tonietto, R. K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., Ascher, J. S., Baldock, K. C. R., Fowler, R., Frankie, G., Goulson, D., Gunnarsson, B., Hanley, M. E., Jackson, J. I., Langellotto, G., Lowenstein, D., Minor, E. S., Philpott, S. M., Potts, S. G., ... Threlfall, C. G., 2017: The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31, 24–29.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & De Kroon, H., 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS One*, 12, e0185809.
- Hane, E. N., & Korfmacher, K. F., 2022: Insect “Bee&Bees” and pollinator penthouses: teaching students about pollinators and their services in an urban environment. *Urban Ecosystems*, 25, 1057–1064.
- Harrap, M. J., Rands, S. A., Hempel de Ibarra, N., & Whitney, H. M., 2017: The diversity of floral temperature patterns, and their use by pollinators. *Elife*, 6, e31262.

- Hicks, D. M., Ouvrard, P., Baldock, K. C., Baude, M., Goddard, M. A., Kunin, W. E., ... & Stone, G. N., 2016: Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. *PloS One*, 11, e0158117.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., & Tschardtke, T., 2007: Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 44, 41–49.
- Horak, J., Šafářová, L., Trombik, J., & Menendez, R., 2022: Patterns and determinants of plant, butterfly and beetle diversity reveal optimal city grassland management and green urban planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 73, 127609.
- Hostetler, N. E., & McIntyre, M. E., 2001: Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis. *Basic and Applied Ecology*, 2, 209–218.
- Batool, S., & Hussain, M., 2016: Diversity and distribution of butterflies in Pakistan: A review. *J. Entomol. Zool. Stud*, 4, 579-585.
- Jankielsohn, A., 2018: The Importance of Insects in Agricultural Ecosystems. *Advances in Entomology*, 6, 62–73.
- Janovský, Z., & Štenc, J., 2023: Pollinator community and generalisation of pollinator spectra changes with plant niche width and local dominance. *Functional Ecology*, 37, 2967–2976.
- Jeanneret, P., Schüpbach, B., & Luka, H., 2003: Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98, 311–320.
- Kim, K. C., 1993: Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter. *Biodiversity and Conservation*, 2, 191–214.
- Klaus, V. H., & Kiehl, K., 2021: A conceptual framework for urban ecological restoration and rehabilitation. *Basic and Applied Ecology*, 52, 82–94.
- Knapp, S., Schmauck, S., & Zehnsdorf, A., 2019: Biodiversity impact of green roofs and constructed wetlands as progressive eco-technologies in urban areas. *Sustainability*, 11, 5846.

- Konvicka, M., & Kadlec, T., 2011: How to increase the value of urban areas for butterfly conservation? A lesson from Prague nature reserves and parks. *European Journal of Entomology*, 108, 219–229.
- Krämer, B., Poniatowski, D., & Fartmann, T., 2012: Effects of landscape and habitat quality on butterfly communities in pre-alpine calcareous grasslands. *Biological Conservation*, 152, 253–261.
- Kremen, C., & Miles, A., 2012: Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and society*, 17, 40.
- Kreyer, D., Oed, A., Walther-Hellwig, K., & Frankl, R., 2004: Are forests potential landscape barriers for foraging bumblebees? Landscape scale experiments with *Bombus terrestris* agg. and *Bombus pascuorum* (Hymenoptera, Apidae). *Biological Conservation*, 116, 111–118.
- Kurylo, J. S., Threlfall, C. G., Parris, K. M., Ossola, A., Williams, N. S. G., & Evans, K. L., 2020: Butterfly richness and abundance along a gradient of imperviousness and the importance of matrix quality. *Ecological Applications*, 30, e02144.
- Laštůvka, Z., 2008: Denní motýli (Rhopalocera) zemědělské krajiny. Metodika hodnocení biodiverzity a zdravého prostředí. Biocont Laboratory. Brno. 52 s.
- Lawrence, A., 2006: ‘No personal motive?’ Volunteers, Biodiversity, and the false dichotomies of participation. *Ethics, Place and Environment*, 9, 279–298.
- LeBaron G., 2007: Audubon’s Christmas Bird Count: from 19th century conservation action to 21st century citizen science. In: McEver C., Bonney R., Dickinson J., Kelling S., Rosenberg K. and Shirk J., (eds): *Proceedings of the Citizen Science Toolkit Conference*, Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, 253–260.
- Libbrecht, R., & Keller, L., 2015: The making of eusociality: insights from two bumblebee genomes. *Genome Biology*, 16, 1-2.
- Lizée, M. H., Manel, S., Mauffrey, J. F., Tatoni, T., & Deschamps-Cottin, M., 2012: Matrix configuration and patch isolation influences override the species-area relationship for urban butterfly communities. *Landscape Ecology*, 27, 159–169.

- Lizée, M. H., Mauffrey, J. F., Tatoni, T., & Deschamps-Cottin, M., 2011: Monitoring urban environments on the basis of biological traits. *Ecological indicators*, 11, 353-361.
- Llodra-Llabrés, J., & Carinanos, P., 2022: Enhancing pollination ecosystem service in urban green areas: An opportunity for the conservation of pollinators. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127621.
- Lowenstein, D. M., Matteson, K. C., Xiao, I., Silva, A. M., & Minor, E. S., 2014: Humans, bees, and pollination services in the city: the case of Chicago, IL (USA). *Biodiversity and Conservation*, 23, 2857–2874.
- Lye, G. C., Osborne, J. L., Park, K. J., & Goulson, D., 2012: Using citizen science to monitor *Bombus* populations in the UK: Nesting ecology and relative abundance in the urban environment. *Journal of Insect Conservation*, 16, 697–707.
- Maclaurin, J., & Sterelny, K., 2008: *What is biodiversity?* University of Chicago Press, Chicago.
- Makuch, K. E., & Aczel, M. R., 2020: Eco-Citizen Science for Social Good: Promoting Child Well-Being, Environmental Justice, and Inclusion. *Research on Social Work Practice*, 30, 219–232.
- Martinson, H. M., & Raupp, M. J., 2013: A meta-analysis of the effects of urbanization on ground beetle communities. *Ecosphere*, 4, 1-24.
- Matteson, K. C., & Langellotto, G., 2012: Evaluating community gardens as habitat for an urban butterfly. *Cities and the Environment*, 5, 10.
- Matteson, K. C., & Langellotto, G. A., 2009: Bumble bee abundance in New York City community gardens: implications for urban agriculture. *Cities and the Environment*, 2, 1–12.
- Mayer, C., Michez, D., Chyzy, A., Brédar, E., & Jacquemart, A.-L., 2012: The Abundance and Pollen Foraging Behaviour of Bumble Bees in Relation to Population Size of Whortleberry (*Vaccinium uliginosum*). *PLoS ONE*, 7, e50353.
- McFrederick, Q. S., & LeBuhn, G., 2006: Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biological Conservation*, 129, 372–382.

- McKinney, M. L., 2008: Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11, 161–176.
- Michoław, P., Sikora, A., Kelm, M., & Sikora, M., 2017: Variability of bumblebee communities (Apidae, Bombini) in urban green areas. *Urban Ecosystems*, 20, 1339–1345.
- Miličić, M., Popov, S., Branco, V. V., & Cardoso, P., 2021: Insect threats and conservation through the lens of global experts. *Conservation Letters*, 14, e12814.
- Mody, K., Lerch, D., Müller, A.-K., Simons, N. K., Blüthgen, N., & Harnisch, M., 2020: Flower power in the city: Replacing roadside shrubs by wildflower meadows increases insect numbers and reduces maintenance costs. *PLOS ONE*, 15, e0234327.
- Nason, L. D., & Eason, P. K., 2023: Urban yards as potential conservation space: large, diverse gardens may be valuable resource patches for butterflies. *Urban Ecosystems*, 26, 1573–1588.
- Njue, N., Stenfert Kroese, J., Gräf, J., Jacobs, S. R., Weeser, B., Breuer, L., & Rufino, M. C., 2019: Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects. *Science of The Total Environment*, 693, 133531.
- Noreika, N., & Kotze, D. J., 2012: Forest edge contrasts have a predictable effect on the spatial distribution of carabid beetles in urban forests. *Journal of Insect Conservation*, 16, 867-881.
- Öckinger, E., Dannestam, Å., & Smith, H. G., 2009: The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity. *Landscape and Urban Planning*, 93, 31–37.
- Olsson, R. L., Brousil, M. R., Clark, R. E., Baine, Q., & Crowder, D. W., 2021: Interactions between plants and pollinators across urban and rural farming landscapes. *Food Webs*, 27, e00194.
- Osborne, J. L., Martin, A. P., Shortall, C. R., Todd, A. D., Goulson, D., Knight, M. E., Hale, R. J., & Sanderson, R. A., 2008: Quantifying and comparing bumblebee nest densities in gardens and countryside habitats. *Journal of Applied Ecology*, 45, 784–792.

- Pardee, G. L., & Philpott, S. M., 2014: Native plants are the bee's knees: local and landscape predictors of bee richness and abundance in backyard gardens. *Urban Ecosystems*, 17, 641–659.
- Pavelka, M., Smetana V., 2003: Čmeláci. Český svaz ochránců přírody, Valašské Meziříčí, 105 s.
- Petrželová, I., & Ivana, D., 2014: Problematika zdravotního stavu genetických zdrojů vybraných druhů zelenin při jejich regeneraci v podmínkách technické izolace. *Úroda*, 12, 49–56.
- Pocock, M. J., Tweddle, J. C., Savage, J., Robinson, L. D., & Roy, H. E., 2017: The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science. *PLoS One*, 12, e0172579.
- Polus, E., Vandewoestijne, S., Chouff, J., & Baguette, M., 2007: Tracking the effects of one century of habitat loss and fragmentation on calcareous grassland butterfly communities. *Biodiversity and Conservation*, 16, 3423–3436.
- Raghavendra, K. V., Bhoopathi, T., Gowthami, R., Keerthi, M. C., Suroshe, S. S., Ramesh, K. B., ... & Chander, S., 2022: Insects: biodiversity, threat status and conservation approaches. *Current Science*, 1374-1384.
- Raine, N. E., & Chittka, L., 2007: The adaptive significance of sensory bias in a foraging context: floral colour preferences in the bumblebee *Bombus terrestris*. *PLoS One*, 2, e556.
- Raven, P. H., & Wagner, D. L., 2021: Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2002548117.
- Reichholf J. H., 2015: Motýli. Rebo Productions CZ, s.r.o., Praha. 239 s.
- Reichholf-Riehm H., & Wendler F., 1996: Motýli. Knižní klub a Ikar, Praha. 287 s.
- Rollings, R., & Goulson, D., 2019: Quantifying the attractiveness of garden flowers for pollinators. *Journal of Insect Conservation*, 23, 803–817.
- Rosenzweig, M. L., 2001: Loss of speciation rate will impoverish future diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 5404–5410.

- Salisbury, A., Armitage, J., Bostock, H., Perry, J., Tatchell, M., & Thompson, K., 2015: Enhancing gardens as habitats for flower-visiting aerial insects (pollinators): Should we plant native or exotic species? *Journal of Applied Ecology*, 52, 1156–1164.
- Samuelson, A. E., Gill, R. J., Brown, M. J. F., & Leadbeater, E., 2018: Lower bumblebee colony reproductive success in agricultural compared with urban environments. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285, 20180807.
- Samways, M. J., 2018: Insect conservation for the twenty-first century. In: Shah M. M., Sharif U.: *Insect science-diversity, conservation and nutrition*. Intech Open, London.
- Sattler, T., Borcard, D., Arlettaz, R., Bontadina, F., Legendre, P., Obrist, M. K., & Moretti, M., 2010: Spider, bee, and bird communities in cities are shaped by environmental control and high stochasticity. *Ecology*, 91, 3343–3353.
- Schoonhoven, L. M., Van Loon, J. J., & Dicke, M., 2005: *Insect-plant biology*. Oxford university press, Oxford.
- Scott, J. A., 1974: Mate-Locating Behavior of Butterflies. In: *The American Midland Naturalist*. The University of Notre Dame, South Bend. 103–117 s.
- Scudder, G. G., 2017: The importance of insects. In: Footitt R. G., Adler P. H. (eds): *Insect biodiversity: science and society*. Wiley Blackwell, Oxford, United Kingdom. 9-43 s.
- Seeley, T. D., & Visscher, P. K., 1988): Assessing the benefits of cooperation in honeybee foraging: search costs, forage quality, and competitive ability. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 22, 229-237.
- Sikora, A., Michołałap, P., & Kelm, M., 2016: Flowering Plants Preferred by Bumblebees (*Bombus Latr.*) in the Botanical Garden of Medicinal Plants in Wrocław. *Journal of Apicultural Science*, 60, 59–68.
- Sikora, A., Michołałap, P., & Sikora, M., 2020: What kind of flowering plants are attractive for bumblebees in urban green areas? *Urban forestry & urban greening*, 48, 126546.

Smith, L. S., Broyles, M. E., Larzleer, H. K., & Fellowes, M. D., 2015: Adding ecological value to the urban lawnscapes. Insect abundance and diversity in grass-free lawns. *Biodiversity and conservation*, 24, 47-62.

Soga, M., Kawahara, T., Fukuyama, K., Sayama, K., Kato, T., Shimomura, M., Itoh, T., Yoshida, T., & Ozaki, K., 2015: Landscape versus local factors shaping butterfly communities in fragmented landscapes: Does host plant diversity matter? *Journal of Insect Conservation*, 19, 781–790.

Steffan-Dewenter, I., & Kuhn, A., 2003: Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270, 569–575.

Stelle, L. L., 2017: Using citizen science to study the impact of vessel traffic on marine mammal populations. In *Citizen Science for Coastal and Marine Conservation*, Routledge. 77-103 s.

Stenoien, C., Nail, K. R., Zalucki, J. M., Parry, H., Oberhauser, K. S., & Zalucki, M. P., 2018: Monarchs in decline: a collateral landscape-level effect of modern agriculture. *Insect Science*, 25, 528–541.

Storch D., 2019: Biodiverzita: co to je, jak ji měřit, co ji podmiňuje a k čemu je to všechno dobré. *Živa*, 5, 194 s.

Sutcliffe, G. H., & Plowright, R. C., 1988: The effects of food supply on adult size in the bumble bee *Bombus terricola* Kirby (Hymenoptera: Apidae). *The Canadian Entomologist*, 120, 1051–1058.

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G., 1993: Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, 68, 571.

Tekulsky, M., 2015: The art of butterfly gardening: How to make your backyard in to beautiful home for butterflies. Skyhorse Publishing, New York. 208 s.

Theodorou, P., Radzevičiūtė, R., Lentendu, G., Kahnt, B., Husemann, M., Bleidorn, C., Settele, J., Schweiger, O., Grosse, I., Wubet, T., Murray, T. E., & Paxton, R. J., 2020: Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications*, 11, 576.

Thimmegowda, G. G., Mullen, S., Sottolare, K., Sharma, A., Mohanta, R., Brockmann, A., Dhandapany, P. S., & Olsson, S. B., 2020: A field-based quantitative analysis of

sublethal effects of air pollution on pollinators. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 20653–20661.

Threlfall, C. G., Mata, L., Mackie, J. A., Hahs, A. K., Stork, N. E., Williams, N. S. G., & Livesley, S. J., 2017: Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54, 1874–1883.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S., 2002: Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671–677.

Titley, M. A., Snaddon, J. L., & Turner, E. C., 2017: Scientific research on animal biodiversity is systematically biased towards vertebrates and temperate regions. *PloS One*, 12, e0189577.

Tzortzakaki, O., Kati, V., Panitsa, M., Tzanatos, E., & Giokas, S., 2019: Butterfly diversity along the urbanization gradient in a densely-built Mediterranean city: Land cover is more decisive than resources in structuring communities. *Landscape and Urban Planning*, 183, 79–87.

Van Den Berge, S., Baeten, L., Vanhellefont, M., Ampoorter, E., Proesmans, W., Eraerts, M., Hermy, M., Smaghe, G., Vermeulen, I., & Verheyen, K., 2018: Species diversity, pollinator resource value and edibility potential of woody networks in the countryside in northern Belgium. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 259, 119–126.

Vanbergen, A. J., & Initiative, the I. P., 2013: Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11, 251–259.

Verboven, H. A. F., Uyttenbroeck, R., Brys, R., & Hermy, M., 2014: Different responses of bees and hoverflies to land use in an urban–rural gradient show the importance of the nature of the rural land use. *Landscape and Urban Planning*, 126, 31–41.

Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D., 2021: Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2023989118.

Wahengbam, J., Raut, A. M., Satinder Pal, S. P., & Banu, A. N., 2019: Role of bumble bee in pollination. 290-295.

Wania, A., Kühn, I., & Klotz, S., 2006: Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany—spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning*, 75, 97–110.

Warren, M. S., Maes, D., van Swaay, C. A., Goffart, P., Van Dyck, H., Bourn, N. A., ... & Ellis, S., 2021: The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2002551117.

Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V., & Tschardtke, T., 2020: How urbanization is driving pollinator diversity and pollination—A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321.

Zahradník J., & Severa F., 2007: *Hmyz. Aventinum*, Praha. 328 s.

10. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH

10.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Koláčový graf ilustruje vztah mezi šířkou ekologického území rostlin a spektrem opylovačů (Janovský & Štenc, 2023).

Obrázek 2: Předpokládané biodiverzitní reakce opylovačů na urbanistickou transformaci s různými výchozími body (přírodní/polopřírodní oblasti nebo intenzivně spravované zemědělské krajiny) a výslednými body (rozšiřující se městské oblasti s 20-50% zastoupením nepropustných povrchů nebo urbanistická denzifikace se zastoupením nepropustných povrchů nad 50 % (Wenzel et al., 2020)).

Obrázek 3: přehled dětských hřišť (zdroj Mapy.cz, 2024)

Obrázek 4: ortofoto dětského hřiště a kontrolní plochy, Suchdol (Mapy.cz, 2024)

Obrázek 5: ortofoto dětského hřiště a kontrolní plochy, Řepy (Mapy.cz, 2024)

Obrázek 6: Graf zobrazující průměrný počet jedinců čmeláků na dětských hřištích a kontrolních plochách v měsících červen a srpen.

Obrázek 7: Graf zobrazující průměrný počet jedinců motýlů na dětských hřištích a kontrolních plochách v měsících červen a srpen.

Obrázek 8: Vliv vegetačního pokryvu na počet jedinců motýlů a čmeláků, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

Obrázek 9: Vliv množství nektaru na počet jedinců motýlů a čmeláků, počet barevných skupin čmeláků a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

Obrázek 10: Vliv vegetačního pokryvu na počet jedinců motýlů a počet druhů motýlů zaznamenaných na dětských hřištích.

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro vysvětlující proměnné stanoviště a termín sběru.

Tabulka 2: Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro vysvětlující proměnné v měsíci červen.

Tabulka 3 Výsledky jednotlivých zobecněných lineárních modelů pro měsíc srpen. Zobrazeno je p-hodnota a X² hodnota pro každou vysvětlující proměnnou.

10.3 Seznam příloh

Příloha 1: dětské hřiště U Čítárny, Stromovka

Příloha 2: dětské hřiště Růžák

Příloha 3: dětské hřiště Karlovo náměstí

Příloha 4: dětské hřiště Sídlištní, Suchdol

Příloha 5: dětské hřiště Nad Slávií

Příloha 6: bylinková zahrádka na kontrolní ploše, Podolí

Příloha 7: keř tavolník (*Spiraea* sp.) na dětském hřišti, Řepy

Příloha 8: otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*), kontrolní plocha Na Balkáně

Příloha 9: modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*), Prokopské údolí

Příloha 10: okáč bojínkový (*Melanargia galathea*), kontrolní plocha Stromovka

Příloha 11: modrásek krušinový (*Celastrina argiolus*)

Příloha 12: modrásek podobný (*Plebejus argyrognomon*)

Příloha 13: okáč luční (*Maniola jurtina*), kontrolní plocha Stromovka

11. PŘÍLOHY

Fotografie byly pořízeny Klárou Zímovou v červnu a srpnu 2023.



Příloha 1: dětské hřiště U Čítárny, Stromovka



Příloha 2: dětské hřiště Růžák



Příloha 3: dětské hřiště Karlovo náměstí



Příloha 4: dětské hřiště Sídlištní, Suchdol



Příloha 5: dětské hřiště Nad Slávií



Příloha 6: bylinková zahrádka na kontrolní ploše, Podolí



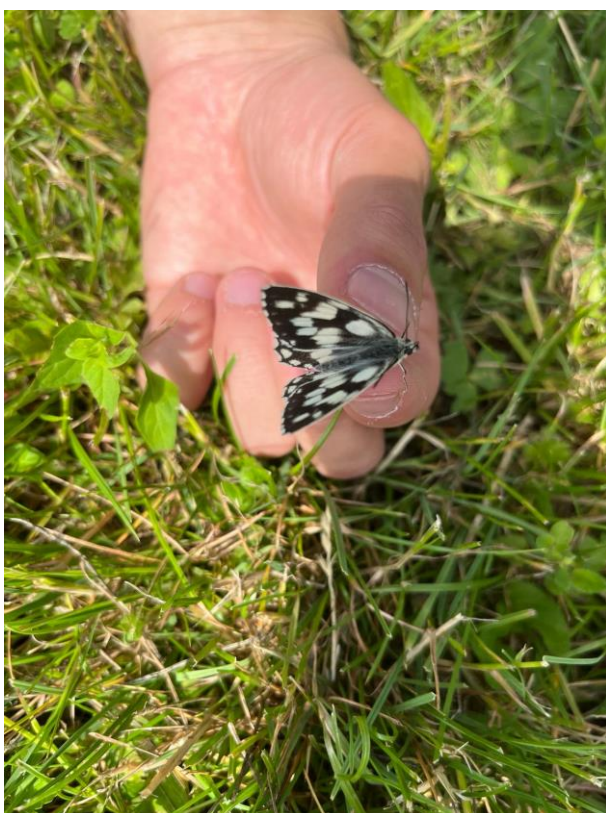
*Příloha 7: keř tavolník (*Spiraea* sp.) na dětském hřišti, Řepy*



*Příloha 8: otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*), kontrolní plocha Na Balkáně*



Příloha 9: modrásek vikvicový (Polyommatus coridon), Prokopské údolí



Příloha 10: okáč bojínkový (Melanargia galathea), kontrolní plocha Stromovka



Příloha 11: modrásek krušinový (Celastrina argiolus)



Příloha 12: modrásek podobný (Plebejus argyrognomon)



Příloha 13: okáč luční (Maniola jurtina), kontrolní plocha Stromovka