

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie

Vliv péče a počasí na luční hmyz

Diplomová práce

Autor: Bc. Kristýna Nehybová
Studijní program: N0588A030001 Biologie a ekologie
Studijní obor: Biologie a ekologie - spec. biologie živočichů
Vedoucí práce: doc. Jakub Horák, Ph.D.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

Studijní program: Biologie a ekologie

Forma studia: Prezenční

Specializace/kombinace: Biologie a ekologie – spec. biologie
živočichů (NMBEBZ)

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Kristýna Nehybová**
Osobní číslo: **S21BI011NP**
Adresa: **Všechlapy 138, Všechlapy, 28802 Nymburk 2, Česká republika**
Téma práce: **Vliv péče a počasí na luční hmyz**
Téma práce anglicky: **The influence of management and weather on grassland insects**
Jazyk práce: **Čeština**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.**
Katedra biologie

Zásady pro vypracování:

1. Výběr 30 vhodných lučních lokalit (chráněná vs. nechráněná) v Polabí.
2. Sběr dat o stavu luk s ohledem na jejich péči a abiotické podmínky (vč. aktuálního počasí).
3. Sběr dat o lučním hmyzu (například denní motýli, florikolní brouci a včela medonosná) – konkrétně půjde o pozorovaný počet jedinců daných druhů. Půjde minimálně o 6 sběrů během vegetační sezóny.
4. Statistické vyhodnocení sebraných dat pomocí vhodných metod.

Seznam doporučené literatury:

- Horák, J., Rada, P., Lettenmaier, L., Andreas, M., Bogusch, P., & Jaworski, T. (2021). Importance of meteorological and land use parameters for insect diversity in agricultural landscapes. *Science of The Total Environment*, 148159.
- Bogusch, P., Bláhová, E., & Horák, J. (2020). Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. *Arthropod-Plant Interactions*, 14(6), 759-769.
- Horák, J., Rom, J., Rada, P., Šalářová, L., Koudelková, J., Zasadil, P., & Holuša, J. (2018). Renaissance of a rural artifact in a city with a million people: biodiversity responses to an agro-forestry restoration in a large urban traditional fruit orchard. *Urban ecosystems*, 21(2), 263-270.
- Horak, J., & Safarova, L. (2015). Effect of reintroduced manual mowing on biodiversity in abandoned fen meadows. *Biologia*, 70(1), 113-120.
- Horak, J. (2014). Insect taxa with similar habitat requirements may differ in response to the environment in heterogeneous patches of traditional fruit orchards. *Journal of Insect Conservation*, 18(4), 637-642.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Jméno a příjmení

Poděkování

Ráda bych poděkovala především vedoucímu mé diplomové práce doc. Jakubu Horákovi, Ph.D. za odborné vedení, lidský přístup, vstřícnost při konzultacích a pomoc s psaním textu a zpracováváním statistických dat. Velké díky za podporu patří mé rodině a přátelům, kteří mě vždy podporovali, především pak Františku Nehybovi, který mi pomáhal se sběrem veškerých terénních dat.

Děkuji projektu Excelence PŘF UHK 2213/2023-2024 za finanční podporu. Tato práce byla provedena na základě zákonných povolení KUKHK-7175/ZP/2022-4, OŽPZ/21940/2022, 022706/2022/KUSK a KUUK/031115/2022.

Anotace:

NEHYBOVÁ, K. Vliv péče a počasí na luční hmyz. Hradec Králové, 2023. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí práce Jakub Horák, 66 s.

Louky jsou přirozenou součástí krajiny České republiky. Je na nich závislých mnoho skupin živočichů, ale především luční hmyz. Populace lučního hmyzu jsou ovlivňovány mnoha faktory. Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv péče a počasí na vybrané skupiny lučního hmyzu. Na 30 lokalitách v Polabí byla v roce 2022 zaznamenávána druhová bohatost a abundance denních motýlů a florikolních brouků, dále populační hustota včely medonosné, včetně proměnných počasí a prostředí. Denní motýli byli ovlivněni teplotou, vlhkostí, rychlostí větru a květnatostí. Florikolní brouci reagovali na teplotu, vlhkost, rychlost větru, ochranu a květnatost. U včely medonosné se prokázal vliv světla a květnatosti. Ukázalo se, že počasí i péče hmyz znatelně ovlivňují. Vliv počasí by měl být brán v potaz při každém sběru dat o hmyzu, jelikož frekvence jeho výskytu je s ním silně propojena. Pozoruhodný vliv na všechny skupiny měla květnatost, která silně závisí na způsobu seče. Je tedy na místě se nad současnou péčí o luční společenstva zamyslet. Pokud by byla všude upřednostňována mozaiková seč, namísto seče celé louky v jednu chvíli, byla by dostupnost květů dostatečná po celou vegetační sezónu. To by prospělo nejen opylovačům, ale i jiným skupinám hmyzu.

Klíčová slova

travniný porost, biodiverzita, počasí, management, motýli, brouci, včela medonosná

Annotation:

NEHYBOVÁ, K. The influence of management and weather on grassland insects. Hradec Králové, 2023. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Jakub Horák, 66 p.

Grasslands are a natural part of the landscape of the Czech Republic. Many groups of animals depend on them, but especially grassland insects. Grassland insect populations are influenced by many factors. The aim of this study was to evaluate the influence of management and weather on selected groups of grassland insects. The species richness and abundance of diurnal butterflies and floricolous beetles, as well as the population density of honey bees, including weather and environmental variables, were recorded at 30 sites in the Polabí region. Diurnal butterflies were influenced by temperature, humidity, wind speed and floral density. Floricolous beetles responded to temperature, humidity wind speed, protection, and flowering. Honey bee were influenced by light and flowering. Both weather and management appeared to significantly affect the insects. The influence of weather should have been taken into account in any insect data collection, as the frequency of insect occurrence is strongly correlated with it. A notable effect on all groups was floral density, which was strongly dependent on mowing method. It is therefore worth reflecting on the current management of grassland communities. If mosaic mowing was preferred everywhere, instead of mowing the entire meadow at one time, the availability of flowers would be sufficient for the entire growing season. This would benefit not only pollinators but also other groups of insects.

Keywords

grassland, biodiversity, weather, management, butterflies, beetles, honey bee

Obsah

1. Úvod	9
1.1 Obecný úvod do problematiky	9
1.2 Cíle práce	9
2. Literární řešerše	10
2.1 Hmyz v krajině	10
2.2 Příčiny úbytku hmyzu	10
2.3 Ochrana jako perspektiva.....	11
2.4 Důležitost managementu lučních ekosystémů.....	13
2.5 Opylovači	14
2.6 Důležité skupiny opylovačů a jejich srovnání.....	16
2.6.1 Motýli.....	16
2.6.2 Brouci	17
2.6.3 Včela medonosná.....	17
2.7 Vliv počasí na hmyz.....	18
2.7.1 Teplota	19
2.7.2 Vítr	20
2.7.3 Vlhkost.....	21
2.7.4 Světlo	21
3. Metodika.....	22
3.1 Studované území.....	22
3.2 Lokality.....	22
3.3 Terénní sběr dat	23
3.4 Popis postupu na lokalitách	23
3.5 Sběr dat o hmyzu.....	24
3.6 Sběr meteorologických dat a hodnocení charakteru luk	26
3.7 Sběr dat o rostlinném společenstvu louky	28
3.8 Zpracování dat v programu R.....	28
4. Výsledky	30
4.1 Počasí	33

4.2	Klima	36
5.	Rozšířené výsledky	39
5.1	Počasí	39
5.2	Klima	42
6.	Diskuse	45
6.1	Vliv počasí a klimatu na vybrané taxony	45
6.2	Motýli	45
6.3	Brouci	49
6.4	Včela	51
7.	Závěr	53
	Seznam použité literatury	54
	Přílohy	66

1. Úvod

1.1 Obecný úvod do problematiky

Hmyz je velmi důležitou součástí všech ekosystémů a řada skupin plní nepostradatelnou funkci pro jeho správné fungování. Nejznámější skupinou jsou opylovači, na kterých závisí rozmnožení většiny krytosemenných rostlin. Bez opylovačů a jejich fungujících populací se do budoucna lidstvo neobejde, a proto jsou zprávy o jejich úbytku znepokojující. Pro jejich existenci je důležitá různorodá krajina s dostupností široké škály potravních zdrojů, místy k rozmnožování a vhodnými úkryty. V krajině tuto funkci plní travní porosty různých druhů, které se však liší kvalitou. Mezi ty nejcennější jsou řazena zákonem chráněná území, například přírodní památky nebo přírodní rezervace, ve kterých je kladen důraz na správný management pro všechny skupiny důležitých rostlin a živočichů. Právě tato místa by měla sloužit jako refugia diverzity pro hmyz. Luční hmyz samozřejmě nežije jen na těchto místech. Hlavním útočištěm mu jsou i běžně zemědělsky obhospodařované louky, sady, lidské zahrady, pole, parky nebo okraje silnic.

Vzhledem k úbytku hmyzu z důvodu fragmentace krajiny, intenzifikace zemědělství a nevhodného managementu je nutné hmyz sledovat a zjišťovat, co ho negativně ovlivňuje, abychom byli schopni tento trend omezit nebo ještě lépe, zvrátit. Pro správný sběr dat o hmyzu je podstatné brát v potaz i roli počasí. Meteorologické ukazatele jako je teplota, vlhkost, rychlost větru či intenzita světelného záření mají na hmyzí aktivitu značný vliv a pokud mají být získány kvalitní údaje o jejich stavu mělo by se s vlivem počasí počítat.

1.2 Cíle práce

1. Na základě sběru dat o třech vybraných skupinách vyhodnotit, zda je jsou více ovlivněny péčí nebo počasím.
2. Vyhodnotit konkrétně, které proměnné počasí působily na zkoumané skupiny jako pozitivní či negativní faktory.
3. Porovnat mezi sebou vliv počasí a klimatu na studované skupiny hmyzu.

2. Literární rešerše

2.1 Hmyz v krajině

Hmyz je v přírodě významnou funkční částí a jeho role v potravním řetězci téměř všech ekosystémů je nezastupitelná (Jankielsohn, 2018; Holý et al., 2020). Zástupci hmyzu plní mnoho důležitých funkcí, ať už jako opylovači, regulátoři škůdců (predátoři a parazitoidi) a plevelných rostlin (herbivoři), rozkladači, ale také slouží jako zdroj potravy pro další organismy včetně člověka (Holý et al., 2020). Jeho ubývání představuje ohrožení pro celou biosféru. Očekává se, že ztrátou rozmanitosti a hojnosti hmyzu dojde k řetězové reakci s negativním vlivem na celou potravní síť, a že tím dojde k narušení mnoha ekosystémových služeb (Hallmann et al., 2017). Na druhou stranu ke snižování množství hmyzu v prokazatelném měřítku dochází už desítky let (Hendrickx et al., 2007).

Hmyzí fauna střední Evropy je znatelně méně početná ve srovnání s teplejšími oblastmi, na je zdokumentována lépe než v jakékoli jiné srovnatelné oblasti. Díky tomuto faktu je snižování početnosti hmyzu velmi znatelné (Bourn et Thomas, 2002). Úbytek hmyzu v posledních letech se dá hodnotit jako znepokojivý. Hallmann et al. (2017) uvádějí, že na jimi studovaných místech (luční biotopy) v Německu se za 27 let biomasa hmyzu v průměru snížila o 75 %. Jedna z nejnovějších metaanalýz ukazuje úbytek suchozemského hmyzu o 9 % za 10 let. Pozitivnější trend byl zaznamenán u vodního hmyzu, kde se naopak počty o 11 % zvýšily za stejné časové období (Van Klink et al., 2020). Další studie ukazují, že dochází k úbytku napříč různými skupinami hmyzu. V krajině dlouhodobě dochází k úbytku divokých včel (*Apoidea*), střevlíkovitých brouků (*Carabidae*), pestřenek (*Syrphidae*) nebo ploštic (*Hemiptera*) (Hendrickx et al., 2007). Homburg et al. (2019) dokumentují dále snižování diverzity všech brouků. Stejný a možná nejvíce viditelný trend je vidět u denních i nočních motýlů (Ekroos et al., 2010; Warren et al., 2020). Jak uvádějí Bourn et Thomas (2002) už v roce jejich výzkumu, tedy před více než dvaceti lety, bylo 12 % motýlů ohroženo a 7 % téměř ohroženo.

2.2 Příčiny úbytku hmyzu

Jedním z největších prokazatelných rizik pro existenci hmyzu je intenzifikace zemědělství (Raven et Wagner, 2020). Intenzifikace zemědělství představuje vážnou

hrozbu pro biologickou rozmanitost kvůli zvýšené intenzitě využívání půdy, snížené heterogenitě krajiny a snížené rozmanitosti stanovišť (Hendrickx et al., 2007). Tyto faktory vedou zejména k nedostatku potravy a vhodných stanovišť včetně vhodných úkrytů, popřípadě míst pro přezimování. Pokud nejsou klíčové podmínky splněny jsou největšímu riziku vystaveni specialisté, včetně těch s kladným a nepostradatelným významem jako jsou například opylovači. (Holý et al., 2020). Specialisté se hůře přizpůsobují změně podmínek, naopak generalisté jsou více pohybliví napříč krajinou. Vystačí si s omezenými zdroji a mají proto výhodu (Börschig et al., 2013; Ekroos et al., 2010). Například u motýlů je prokázána značná homogenizace společenstev v důsledku hospodaření v krajině (Ekroos et al., 2010).

Klima planety Země je proměnlivé už miliony let, přesto jsou rychle měnící se teplotní a srážkové vzorce navíc kombinované s antropogenními stresory významnými faktory pro řadu organismů (Halsch et al., 2020; Harvey et al., 2022). Dosavadní výsledky naznačují, že změny klimatu budou značné, dokonce i ve srovnání se změnami ve využívání půdy (Halsch et al., 2020). Současné oteplování není rovnoměrně rozloženo po celé zeměkouli. V regionech ve vyšších zeměpisných šířkách a nadmořských výškách budou změny nejrychlejší (Raven et Wagner, 2020). Mezi nejvíce ovlivněné skupiny živočichů patří hmyz. Postupného zvyšování globální povrchové teploty na hmyz má vliv na jeho fyziologii, chování, fenologii, distribuci a druhové interakce (Harvey et al., 2022). Největší riziko je odhadováno pro tropický hmyz, jelikož historicky nezažíval takovou proměnlivost klimatu jako dnes, přičemž z těchto oblastí navíc chybí dlouhodobá a dostatečná data (Halsch et al., 2020). Očekává se, že všechny změny budou působit buď aditivně, nebo synergicky s dalšími hnacími silami a dopady na biologickou rozmanitost se budou stále zhoršovat (Harvey et al., 2022).

2.3 Ochrana jako perspektiva

Ochrana přírody ve formě zachování ekosystémů ve funkčním stavu by měla být prioritou pro lidstvo do budoucna (Balmford et al., 2002). Přesto se ale komplexní průzkumy biodiverzity, které by k ochraně poskytly důležitá data, z finančních důvodů provádí především v určitých zájmových oblastech (přírodní rezervace, národní parky aj.), na ostatních plochách se sledují pouze tzv. modelové skupiny – nejčastěji rostliny, ptáci, pavouci, z hmyzu motýli či střevlíci (Holý et al., 2020).

To, že hmyzu ubývá už bylo zmíněno. Pro ochranu přírody je důležité, abychom byli schopni negativní změny ve společenstvech včas zachytit a učinit potřebná opatření (Hendrickx et al., 2007). Pokud se podíváme na početnější hmyzí skupiny, tak se ukazuje, že motýli jsou dobrými indikátory, kteří odrážejí i stav ostatním taxonomických skupin hmyzu a svou přítomností či nepřítomností nebo abundancí do jisté míry reflektují stav samotné lokality (Bourn et Thomas, 2002; Braak et al., 2018). Asi nejznámějším blanokřídlým hmyzem je včela medonosná. Je sice často studovaná, snadno identifikovatelná a poměrně početná napříč různými typy biotopů, ale neposkytuje dostatečný vhled do stavu travních porostů a vlivu užívaného managementu jako motýli (Batáry et al., 2010). Brouci se vzhledem ke své nízké početnosti příliš nevyužívají, ačkoli stavy jejich populací se monitorují (Homburg et al., 2019). U dvoukřídlých je obrovským problémem jejich obtížná identifikace a mezi nejčastěji studovanou skupinu patří pestřenky.

Vzhledem k tomu, že procesy vymírání ve vysoce fragmentované krajině jsou nezastavitelné, měla by být zřejmá snaha o zachování všech stávajících rozmanitých zbytků zemědělské krajiny v Evropě (Hendrickx et al., 2007). Pomohlo by vytvoření nových dobře propojených, vysoce kvalitních biotopů, které by mohly být znovu kolonizovány specializovanými a méně pohyblivými druhy (Ekroos et al., 2010). Někdy i kvalitní malé plochy polopřirozených travních porostů menší, než půl hektaru bývají významné pro druhovou bohatost (Kuussaari et al., 2007). V krajině se nachází mnoho travních porostů, které nejsou pro hmyz vhodně obhospodařovány, ale potenciálně skýtají možnost, kam by se mohl hmyz uchýlit, kdyby se správný management zavedl (Bubová et al., 2015).

Podle Warrena et al. (2020) by ochraně na úrovni krajiny pomohly následující změny, zvětšení plochy míst vhodných pro kladení vajec, maximalizace kvality stanovišť cíleným managementem, zlepšení konektivity mezi lučnými systémy. Vyšší spojitostí stanovišť ve fragmentované krajině by se zlepšila genetická variabilita hmyzu, jelikož by byl umožněn lepší tok genů mezi populacemi (Keller et Largiadér, 2003). Bylo by také třeba zajistit, aby stávající rezervace a chráněné oblasti byly spravovány způsobem, kdy by byla zachována jejich biologická rozmanitost. Dále bude třeba rozšířit síť chráněných oblastí tak, aby pokrývala základní oblasti pro všechny vysoce ohrožené druhy (Warren et al., 2020).

2.4 Důležitost managementu lučních ekosystémů

Management, který je na travinných plochách prováděn, má vliv na širokou škálu hmyzu (Di Giulio et al., 2001). Mnoho skupin hmyzu je zvláště zranitelných ke změně životního prostředí kvůli jejich krátkému životnímu cyklu, omezené schopnosti pohybu a jejich neschopnosti zůstat nečinní přes dlouhá nevhodná období (Bourn et Thomas, 2002). Zmíněné změny ve využívání půdy, intenzifikace zemědělství, úbytek přirozených stanovišť a upuštění od tradičních metod obhospodařování vedlo k poklesu diverzity hmyzích společenstev v Evropě. Právě správný management travních porostů by mohl situaci pomoci zvrátit (Bubová et al., 2015). Obecně se ukazuje, že šetrné obhospodařování na loukách je pro hmyz lepší než intenzivní management. Na šetrně obhospodařovaných loukách se ve většině případů zachovává druhově bohatší hmyzí společenstvo (Giulio et al., 2001). K podobným závěrům dochází i Bubová et al., (2015), kteří uvádějí jako velmi vhodnou extenzivní pastvu a rotační sečení, které napodobuje tradiční způsob využívání luk. Pastva i sečení by měly být optimálně s nízkou intenzitou a mozaikovým designem.



Obr. 1: Mozaikový design sečení na lokalitě Skalka u Velimi 2 – vpravo ponechána zatím neposečená plocha pro hmyz (7.7. 2022)

Nevhodně časované a intenzivní sečení může mít významný dopad na hmyz přímou úmrtností, zejména u vajíček a larev, které mohou být při seči zlikvidovány. Sečením také vzniká trávnick jednotné výšky a může zničit topografické prvky, jako jsou trsy trávy, a proto by mělo být sečení prováděno co nejšetrněji (Black et al., 2011). Van Swaay et al. (2012) kromě správného managementu taktéž kladou důraz na propojení travinných porostů, a tím i udržování funkčních metapopulací. Obzvláště citlivou skupinou na prováděný management jsou motýli (Öckinger et Smith, 2006). V rámci snahy o udržení stávajících populací je pro ohrožené motýly v rámci Natura 2000 dokonce vytvořena příručka s doporučeným managementem specifickým pro každý druh motýla (Van Swaay et al., 2012).

2.5 Opylovači

Opylování je velmi důležitým mechanismem v celé rostlinné říši (Ollerton et al., 2017). Nejméně 87 % druhů všech krytosemenných rostlin je při své reprodukci závislých na opylovačích nebo mezi nimi při rozmnožování probíhá určitá důležitá interakce (Ollerton et al., 2011). Na květinách lze najít velké množství různých druhů hmyzu, kteří se různou měrou mohou podílet na opylení květů. Mezi hlavní skupiny hmyzu, kteří květy rostlin opylují patří zástupci brouků (*Coleoptera*), dvoukřídlých (*Diptera*), motýlů (*Lepidoptera*) a blanokřídlých (*Hymenoptera*) (Kevan et Baker, 1983). Konkrétně v oblastech mírného pásu se na opylení v největší míře podílí včela medonosná (*Apis mellifera*), čmeláci (*Bombus* spp.), samotářské včely, vosy a pestřenky na rozdíl od tropických oblastí, kde opylení obstarávají hlavně motýli, můry, a navíc také ptáci a netopýři (Hanley et al., 2015). V procesu opylení opylovač přenese samčí pylové zrno na bliznu pestíku jiné rostliny, čímž dojde k následnému oplození druhé rostliny (Faegri et Pijl, 2013). V průběhu evoluce vyvíjeli opylovači selektivní tlak na rostliny a stejně tak tomu bylo i naopak, což vedlo ke koevoluci a specializaci mnoha rostlin a opylovačů na sebe navzájem. Rostliny často přizpůsobily svůj tvar květu opylovačům, kteří je opylují (Kearns et Inouye, 1997; Mayer et al., 2011).

Opylovači jsou klíčovou součástí globální biologické rozmanitosti (Wratten et al., 2012). Poskytují životně důležité ekosystémové služby plodinám a volně žijícím rostlinám. Hrají zásadní roli v celém spektru přirozených a polopřirozených travinných porostů. Pomáhají s koloběhem živin a jsou kořistí mnoha druhů ptáků. V podstatě zaujímají ústřední postavení v potravních sítích volně žijících živočichů (Black et al.,

2011). Existují jasné důkazy o recentním úpadku v biodiverzitě opylovačů, a to jak u volně žijících, tak u domestikovaných opylovačů (Klein et al., 2007; Potts et al., 2010; Black et al., 2011). Podobné paralelní poklesy jsou zaznamenány i u rostlin, pro které jsou opylovací služby životně důležité z hlediska rozmnožování (Brosi et Briggs, 2013). Na všeobecném snižování populací hmyzu se v první řadě podílí především faktory prostředí (nedostatek potravních zdrojů, různá onemocnění hmyzu nebo negativní vliv pesticidů), dále biologické interakce (šíření nových druhů a jejich interakce s druhy původními) a v neposlední řadě je prokázán i negativní vliv globální oteplování (Vanbergen et al., 2013). Znatelný úbytek či úplná ztráta některých druhů opylovačů by měla dalekosáhlé ekonomické a environmentální důsledky (Potts et al., 2010). Vzhledem k jejich už probíhajícímu celosvětovému úbytku, co se týče abundance, se mnoho politických iniciativ snaží tomuto poklesu zabránit nebo alespoň snížit tempo klesání populací (Mayer et al., 2011). Je zde snaha o vytvoření stanovišť bohatých na květiny v intenzivně obhospodařované krajině, které zvýší dostupnost pylu a nektaru pro opylovače (Wratten et al., 2012).

Faktory jako rozmach zemědělství, fragmentace původní krajiny a ústup oblastí, které podporovali přirozenou vegetaci, způsobily úbytek potravních zdrojů, míst k přirozenému setkávání a vhodných stanovišť k zahnízdění u volně žijících opylovačů (Kearns et Inouye, 1997). Obzvláště specializovanější opylovači bývají citlivější k těmto změnám a mohou je ohrozit na samotné existenci (Winfrey et al., 2009). Kromě změn v krajině má na hustoty opylovačů vliv management, který je na travnatých porostech prováděn (Bubová et al., 2015). Mezi osvědčené způsoby péče patří především pastva a sečení, výjimečně řízené vypalování. Při nejčastěji uplatňované seči dochází k přímé úmrtnosti hmyzu, který je ve vegetaci přítomen. Nezanedbatelné jsou náhlé strukturální změny porostu. Sekání může mít za následek odstranění téměř všech květinových zdrojů v jednu chvíli, a proto by nemělo být prováděno jednorázově (Black et al., 2011). S tímto faktem těsně souvisí dostupnost pylu a nektaru, která je důležitá nejen pro denní motýli (Kuussaari et al., 2007). Pro rozmanitou faunu opylovačů je důležité, aby byl pyl a nektar k dispozici celé léto v prostorově relevantních měřítcích (Johansen et al., 2019). Polopřirozené louky na seno slouží jako základ květinových zdrojů pro opylovače (Kohler et al., 2008). Tyto zdroje jsou ale silně ovlivněny načasováním sečení (Johansen et al., 2019).

2.6 Důležité skupiny opylovačů a jejich srovnání

Mezi evropsky nejvýznamnější opylovače je řazena včela medonosná, samotářské včely a čmeláci (Rotrekl et Kolařík, 2014), dále pak pestřenky, motýli a brouci (Carvalho et al., 2013). Pro stabilitu ekosystému je důležité zachování populací původních opylovačů pro danou oblast (Black et al., 2011). Včely, a to at' komerčně chovaná včela medonosná nebo druhy volně žijících samotářských včel jsou zcela závislé na květinových zdrojích pro larvální i dospělá stádia, zatímco ostatní skupiny opylovačů jsou na rostlinách závislé v určité míře. Někdy květy vyžívají pouze dospělci k získávání nektaru a ostatní životní stádia mívají ekologii značně proměnlivou (Rader et al., 2020). Často se jako indikátor efektivity opylení bere frekvence návštěv květů od potenciálních opylovačů, což ale nemusí být tím správným vypovídacím faktorem. Značně důležitější roli hraje morfologie těla a schopnost opylovače pyl zachytit a přenést ho na další květ. Z tohoto důvodu jsou včely obecně lepší opylovači než motýli (Barrios et al., 2016) a brouci (Kevan et Baker, 1983).

2.6.1 Motýli

Motýli jsou po blanokřídlých nejrozmanitější skupinou opylovačů s odhadovanými 14 000 druhy, které navštěvují květy, ačkoli větší část z nich tvoří můry, kterým není věnována taková pozornost jako denním motýlům (Ollerton et al., 2017). Většina motýlů konzumuje v dospělosti květinový nektar, ale mohou se živit i řadou dalších rostlinných tekutin. Existují i druhy motýlů konzumující přímo pyl, či pyl rozmíchaný v nektaru (Kevan et Baker, 1983). Při shánění nektaru na rostlinách jsou pylová zrna z květů k přichycena k různým částem motýlího těla, jako je sosák, části hlavy, hrudník, nohy, křídla (Reddi et Bai, 1984). Mezi nejčastěji uváděné motýlí opylovače jsou řazeny čeledi soumračníkovití (*Hesperiidae*), modráskovití (*Lycaenidae*), babočkovití (*Nymphalidae*) a běláskovití (*Pieridae*). Motýli mají obvykle specifické vztahy s rostlinou už od stádia larvy, kdy je každý druh vázán na určitý druh rostliny nebo skupinu rostlin. V důsledku intenzifikace zemědělství se v krajině zachovávají pouze motýli s obecnějšími požadavky na živnou rostlinu (Rader et al., 2020). Motýli rozpoznávají rostliny v prostoru pomocí barev. Různé čeledi mají přirozenou barevnou preferenci a vykazují věrnost určitým barevným variacím. V některých případech byl prokázán i vliv zkušenosti (Reddi et Bai, 1984).

2.6.2 Brouci

Brouci jsou považováni za vůbec nejprimitivnější opylovače z řad hmyzu (Kevan et Baker, 1983). Květy rostlin jsou navštěvovány především dospělci brouků, přičemž celá ekologická skupina brouků navštěvující květiny má širokou škálu potravních preferencí larev. Je zde tedy vysoká taxonomická diverzita brouků, kteří květy navštěvují a je známo, že několik taxonů používá rostlinné části i jako potravu nebo hnízdiště. Konkrétně například zástupcům čeledí slunéčkovití (*Coccinelidae*) a lesknáčkovití (*Nitidulidae*) je přičítán podíl na opylení řady hospodářských plodin (Rader et al., 2020). V Amazonii se v prokazatelné míře doplňují s mnoha druhy včel na opylení místních druhů ovocných stromů (Paz et al., 2021). Z historického pohledu je broukům připisována účast v evoluci krytosemenných rostlin, obzvláště u evolučně starších čeledí, například šacholanovitě (*Magnoliaceae*). Vzhledem ke svému tvaru těla jsou brouci limitováni v návštěvě určitých tvarů květů, z toho důvodu je nalezneme především na plochých či diskovitých květech (Gottsberger, 1977).

2.6.3 Včela medonosná

Včela medonosná (*Apis mellifera*) je v přírodě klíčovým druhem a významným opylovačem mnoha druhů ovoce, zeleniny a polních plodin. Včely také opylují různé divoce kvetoucí rostliny a pomáhají udržovat ekosystém jako celek (Paudel et al., 2015). Komerční chov včely medonosné (*Apis mellifera*) je důležitou součástí biohospodářství, přičemž její původní přirozený výskyt je odhadován v Eurasii a Africe (Crane, 1999). Její chov má významné výhody pro celou společnost, a to jak ekonomické, tak ekologické. Jejím největším přínosem je opylování rostlin, dále pak produkce včelích produktů (med, propolis, vosk) (Vrabcová et Hájek, 2020). Na rozdíl od většiny ostatních druhů včel je včela medonosná vysoce eusociální a má extrémně dlouhověká společenství. Jejich celosezónní aktivity je nutí používat dostupné rostliny (Westerkamp, 1991).

Včelám obecně se přičítá největší význam při opylování rostlin v našich zeměpisných podmínkách (Rotrekl et Kolařík, 2014). Od jiných opylovačů se odlišují účinností a způsobem opylení (Barrios et al., 2016). Dále se liší i ve způsobu života a mobility v krajině. Mnoho jiných hmyzích opylovačů jako jsou dvoukřídlí, motýli a brouci, je schopno letu na delší vzdálenosti narozdíl od většiny včel. Částečně je to proto, že nevčelí hmyz neposkytuje péči mlád'atům a neudrzuje hnízda jako včely. Včely jsou

připoutány ke svým hnízdům či koloniím, což omezuje svobodu jejich pohybu (Rader et al., 2020).

O opylovacích schopnostech včely medonosné a jejím vlivu na ekosystém se často diskutuje (Goulson, 2003). Včele medonosné se často připisují opylovací služby, které ve skutečnosti provádějí jiné i druhy včel (Paudel et al., 2015). Některé studie dokonce naznačují, že intenzivní včelařství snižuje rozmanitost divokých opylovačů a narušuje interakční vazby v opylovacích sítích. Zdá se, že chov včely medonosné ve vysoké hustotě v přírodních oblastech může mít trvalé, závažnější negativní dopady na biologickou rozmanitost, než se dříve předpokládalo (Valido et al., 2019). Každopádně se populace včely medonosné (Brown et Paxton, 2009) i samotářských včel stále snižují, což může být způsobeno intenzifikací zemědělství, změnou nebo fragmentací stanovišť, patogeny, nedostatkem potravy, pesticidy a ztrátou genetické rozmanitosti (Paudel et al., 2015).

2.7 Vliv počasí na hmyz

I přestože je hmyz odolný a rychle se adaptující skupina s vysokou plodností a krátkým životním cyklem, je při své existenci velmi ovlivňován prostředím, ve kterém žije (Khaliq et al., 2014). Populační hustota hmyzu je velmi dynamická a neustále se mění, a to jak v rámci sezóny, tak i napříč roky (Nicholson, 1958). Je zde častá otázka, jaké faktory hrají nejvýznamnější roli. Na hmyz mají největší dopady faktory biotické a abiotické. Biotické vlivy zahrnují dostupnost potravy, interakci s konkurenty, predátory, a také s druhy s pozitivní interakcí (Williams, 1961). Mezi faktory abiotické se dá zařadit nadmořská výška, chemické znečištění nebo klima (Khaliq et al., 2014) a v neposlední řadě i proměnné vyjadřující počasí (Williams, 1961; Taylor, 1963; Wikström et al., 2009). Počasí možná ovlivňuje život hmyzu a všechna jeho životní stádia více než všechny ostatní faktory dohromady (Hurd, 1920).

Počasí může silně ovlivňovat schopnost hmyzu pohybovat se v jeho přirozeném prostředí (Taylor, 1963), rychlost vývoje jeho životních stádií a celkovou hranici mezi existencí a neexistencí jedince a druhu ve vztahu k teplotním limitům, jako je chlad či mráz (Danks, 2006). Počasí ale nemusí působit na hmyz vždy přímo. Například v souvislosti s aktivitou opylovačů se mohou účinky počasí projevit na dostupnosti květinové odměny. V první řadě může počasí měnit rychlost sekrece a koncentraci cukru v nektaru, dále jeho uvolňování, texturu a celkovou stravitelnost.

V druhé řadě byla se změnou počasí zaznamenána i fluktuace množství a koncentrace nektaru ve květech celkově (Corbet, 1990). Počasí může zásadně ovlivnit populační hustoty různých škůdců. Náhlá zima nebo silný déšť na začátku léta dokáže způsobit oslabení populací škodlivého hmyzu (Hurd, 1920).

Hmyz je schopný zaznamenat změny počasí dopředu a včas na ně zareagovat. U včely medonosné bylo zaznamenáno, že před deštivým dnem, kdy by nemohla efektivně pracovat, navštěvuje květy usilovněji než jindy (He et al., 2016). Rozdíly v reakci na počasí se ukazují i u různých druhů včel mezi sebou. Vicens et Bosch (2000) zjistili, že v jejich studii *Apis mellifera* reagovala na teplotu, světlo i vítr, *Osmia cornuta* na druhou stranu reagovala pouze na světlo a vítr. Burrill (1981) uvádí též možný vliv atmosférického tlaku na aktivitu hmyzu, konkrétně na *Apis mellifera*.

2.7.1 Teplota

Hmyz je skupina poikilotermních organismů, kteří jsou přímo závislí na okolní teplotě (Régnière et al., 2012). Dokáží si ale částečně teplo generovat i sami vlastní činností. První schopnost vytvářet teplo svalovou činností byla popsána u čmeláků a lišajovitých motýlů. Letová teplota křídel nutná k letu je u skupin hmyzu různá. Větší skupiny hmyzu musí mít vyšší teplotu, aby byly schopni letu. Pro udržení dané teploty jsou některé skupiny vybaveny chlupy, aby nedocházelo k tak značným ztrátám tepla (Heinrich, 1974). Dostatečně vysoká teplota prostředí je pro hmyz tedy stěžejní podmínkou existence a možnosti pohybu. Základní podmínkou k aktivitě hmyzu je ideálně optimální teplota, aby byl schopný si vytvářet energii k udržení letu (Taylor, 1963). U velkých taxonomických skupin je při pozorování a zkoumání už velmi dlouho pracováno s hypotézou, že aktivita roste postupně se zvyšováním teploty až do teploty pro skupinu optimální a pokud dojde ke zvýšení teploty nad dané optimum způsobí to pokles aktivity vybrané skupiny (Williams, 1961). Jistou roli by mohl hrát i tvar těla. Například velká křídla umožňují hmyzu létat s nízkou frekvencí úderů křídel a dovolují některým motýlům zahájit let bez předchozího endotermického zahřátí a pokračovat v klouzavém letu (Heinrich, 1974). Teplota do značné míry ovlivňuje vývoj, fenologii, distribuci, populační dynamiku a schopnost hmyzu rozmnožit se. Je důležité ji brát v potaz v pochopení jejich ekologických nároků (Régnière et al., 2012).

Různé druhy motýlů preferují jiné rozmezí teplot, při kterých jsou aktivní. Záleží i na jejich geografické příslušnosti (Kingsolver, 1985). Pro motýli mírného pásu se jako

důležitá ukazuje hranice 19 °C, kdy pod touto hodnotou početnost motýlů strmě klesá (Wikström et al., 2009). McCall et Primack (1992) při svém výzkumu taktéž uvádějí, že početnost hmyzu a jejich návštěvy květů pozitivně korelují se zvyšující se teplotou. Horák et al. (2021) dokonce u motýlů nezjistili jasnou mezní hodnotu výše teploty, která by je negativně ovlivňovala. Navrhují proto optimální teplotní rozmezí pro studium motýlů mezi 25 a 35 °C, aby výsledky studia reflektovaly skutečnou druhovou bohatost, která není teplotou ovlivněna.

2.7.2 Vítr

Vliv větru na hmyz je nezanedbatelný (Hurd, 1920). Mnoho druhů motýlů je při vyšších rychlostech větru omezeno v letu a vyhledávají úkryty (Pasek, 1988). Travní porosty, které jsou v přímém kontaktu s lesním porostem, bývají pro motýly atraktivnější právě díky potenciálním úkrytům před větrem (Kuussaari et al., 2007). Létaající hmyz má přirozenou tendenci hromadit se v oblastech se sníženou rychlostí větru, kde má větší kontrolu nad letem. Taktéž je pro něj často výhodnější zůstat ve výšce, kde je rychlost větru nižší než jejich letová rychlost a čelit tak co nejnižšímu odporu (Pasek, 1988). Různé druhy hmyzu reagují na vítr odlišně. Ačkoli se to nemusí zdát, motýl dokáže svými manévry čelit horším povětrnostním podmínkám lépe než třeba těžkopádnější brouk či kobylka (Hurd, 1920). Vítr je důležitý i v migraci. Mnoho druhů hmyzu, který migruje využívá vítr k přenášení se na jiná místa a dokáže tak kolonizovat lokality, na které by se bez pomoci větru nedostal. Jedná se především o malé a slabé letce, kteří jsou zároveň přenašeči vážných chorob hospodářských plodin. Někdy se takto částečně přepravují i větší skupiny hmyzu, jako například kobylky nebo můry (Pedgley, 1990).

Velmi také záleží na rychlosti větru, která je právě aktuální. Wikström et al. (2009) nezaznamenali prokazatelný vliv větru na pozorované počty druhů motýlů a jejich celkovou abundanci pod pět na Beaufortově stupnici, kdy hodnota pět ukazuje rychlost větru do 8-10,7 m/s a je označována jako čerstvý vítr. Nad hodnotou pět však byl vliv větru znatelný a vysoká rychlost větru negativně ovlivňovala výskyt motýlů. Rozdíly jsou znatelné i mezi druhy motýlů, například babočky kopřivová (*Aglais urticae*) a bodláková (*Vanessa cardui*) patří k motýlům více odolným vůči povětrnostním podmínkám a vyskytují se i na lokalitách, kde nejsou vhodná místa k úkrytu (Kuussaari et al., 2007). V souvislosti s větrem je výhodná přítomnost větrolamů a stromořadí v blízkosti lučních

lokalit, které snižují v okolí rychlost větru a poskytují místa vhodná k úkrytu hmyzu (Pasek, 1988; Kati et al. 2012).

2.7.3 Vlhkost

Vlhkost je všudypřítomný klimatický faktor, který ovlivňuje fitness, reprodukční chování a geografické rozložení hmyzu. Hmyz dokáže používat vlhkostní podněty k navigaci v prostředí, ačkoli tato schopnost není ještě podrobně prozkoumána (Enjin, 2017). Vliv vlhkosti na hmyz se ukazuje jako méně významný než třeba teplota (McCall et Primack, 1992). Role vlhkosti se může lišit napříč geografickými oblastmi, kdy v tropických oblastech je vliv vlhkosti mnohem významnější než v oblastech mírného pásu (Gupta et al., 2019). Vlhkost může být důležitá pro některé druhy motýlů, kteří preferují typ stanoviště vlhkých pastvin (Kati et al., 2012). Hmyz je obecně aktivnější při nižších vlhkostních podmínkách, taktéž s vyšší pravděpodobností navštěvuje květy. Naopak velmi vysoká vlhkost vzduchu nad hodnotou 70 % hmyz už prokazatelně negativně ovlivňuje a snižuje se jejich abundance (McCall et Primack, 1992). Kati et al. (2012) zmiňují vlhkost v souvislosti s pozitivním vlivem na výskyt cévnatých rostlin, které jsou pro mnoho skupin hmyzu nepostradatelnou součástí života.

2.7.4 Světlo

Světlo těsně souvisí s teplotou (Burrill, 1981). Pro denní hmyz je světlo zásadním faktorem pro jejich schopnost letu, ačkoli bývá silně ovlivňován i aktuální okolní teplotou (Taylor, 1963). Pokud nebude dostatečně vysoká teplota, ani dostatek světelného záření nepřiměje hmyz k aktivitě (Burrill, 1981). Hmyz dokáže díky vysoké intenzitě slunečního záření udržovat svou tělesnou teplotu výrazně nad hodnoty okolní teploty vzduchu (Bryant et al., 2002). Světlo těsně souvisí s denní dobou. Některé druhy motýlů vykazují dobře definované denní rytmy letové aktivity, kdy nejlepší doba k jejich pozorování je mezi -4,5 a +4 h od doby, kdy slunce dosáhlo svého nejvyššího bodu (Wikström et al., 2009). Návštěvy hmyzu na květech jsou méně časté v odpoledních hodinách, kdy je světla méně, na což hmyz negativně reaguje (McCall et Primack, 1992). Horák et al., (2021) uvádějí intenzitu slunečního záření jako stejně důležitý faktor v porovnání s teplotou, pokud se jedná o motýly. Ukazuje se, že hmyz na intenzitu světelného záření velmi pozitivně reaguje, pokud je splněna teplotní podmínka (Taylor, 1963).

3. Metodika

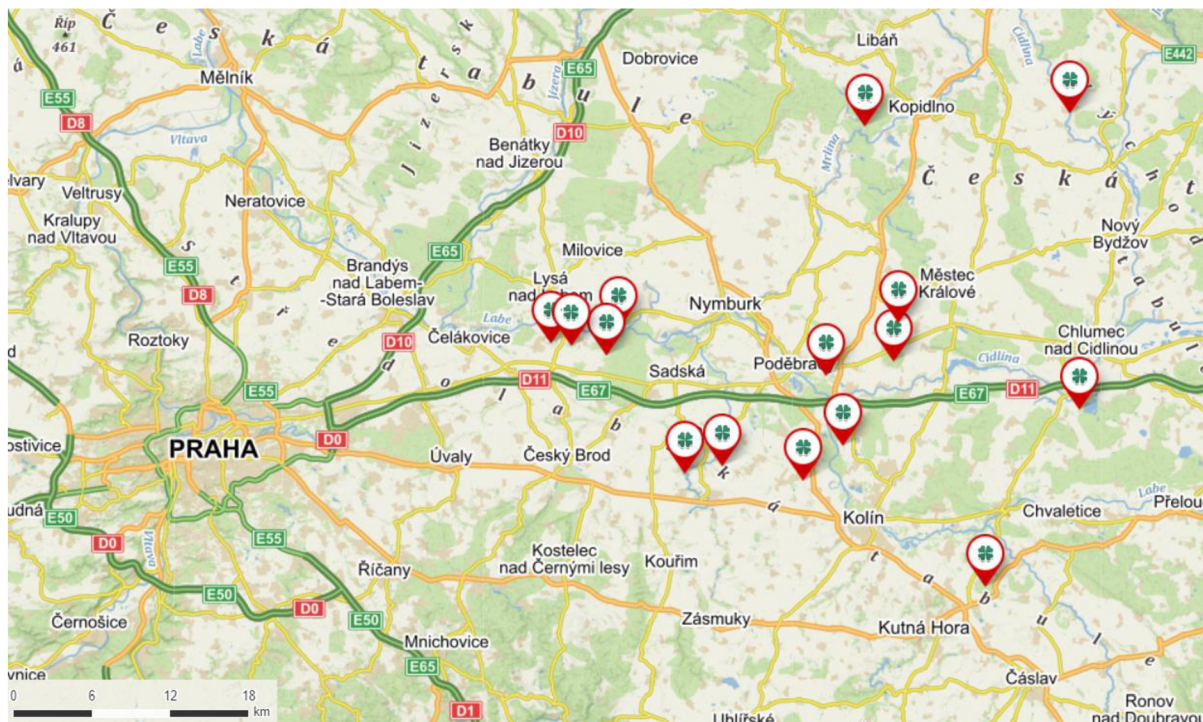
Praktická část diplomové práce zahrnovala v první řadě terénní průzkum vybraných lokalit, kdy byla shromažďována data o výskytu pro výzkum zvolených skupin hmyzu, včetně sbírání dat o počasí a dalších proměnných prostředí. Nashromážděná data byla posléze vyhodnocena pomocí statistického programu R 4.2.2.

3.1 Studované území

Všechny studované louky se nacházely v oblasti Polabí, které je formálně vymezeno v Čechách podél řeky Labe zhruba mezi městy Jaroměř a Lovosice. Území je charakteristické kvalitní úrodnou půdou (černozemě, černice, hnědozemě) a příznivými klimatickými podmínkami (termofytikum). Oba tyto faktory dělají z oblasti místo geograficky výhodné pro intenzivní zemědělství. Průměrná teplota v Polabí v roce 2022 byla 9,8 °C. Průměrný úhrn srážek činil 603 mm a počet slunečních hodin za rok byl 1521 (CHMI).

3.2 Lokality

Bylo vybráno 15 lokalit (Obr. 2). Musela být splněna podmínka, že lokalita byla zároveň maloplošně zvláště chráněným územím, jehož součástí muselo být luční společenstvo, které bylo pro výzkum klíčové. V blízkosti každé chráněné lokality byla zvolena lokalita kontrolní. Většinou se jednalo o běžně zemědělsky obhospodařovanou louku. Kontrolní louka nesměla přímo navazovat na chráněnou lokalitu, muselo zde být oddělení například v podobě pole, lesa, silnice nebo potoka. Výběr chráněných luk i luk kontrolních byl poměrně obtížný, jelikož krajina v Polabí je dosti fragmentovaná s vysokým podílem produkčních polí a nízkým podílem luk či loukám podobným porostů. Hodně luk se proto nacházelo spíše na méně příznivých územích (svahy, zamokřená místa), která nejsou pro zemědělskou činnost vhodná. Dohromady tak bylo ve vegetační sezóně navštěvováno 30 luk. Louky se nacházely v Polabí, většina ve Středočeském kraji (26), a dále pak v Královehradeckém (4).



Obr. 2: Mapa s vybranými 15 chráněnými lokalitami v Polabí

3.3 Terénní sběr dat

Data byla sbírána ve vegetační sezóně 2022 od května do srpna. Celkem byly všechny lokality navštíveny 6x. Návštěvy byly rozvrženy tak, aby byla zachycena, co možná největší druhová rozmanitost všech skupin, především motýlů, kteří mají nejvyšší aktivitu v červenci a srpnu. Lokality byly navštíveny následovně, jednou v květnu a červnu, dále dvakrát v červenci a srpnu. Vzhledem k tomu, že byla sbírána i data o počasí a posléze byl zkoumán vztah mezi počasím a aktivitou hmyzu, bylo možné navštěvovat lokality i za méně příznivých podmínek. Nesmělo ale pršet nebo být extrémní poryvy větru, kdy je aktivita hmyzu prakticky nulová.

3.4 Popis postupu na lokalitách

Při návštěvě každé lokality byl zvolen předem připravený standardizovaný postup, který byl rozdělen na dvě části:

(i) V první části, která měla rozsah 5 minut, byl do záznamového archu zaznamenán název lokality, sběratel dat, datum, čas, souřadnice lokality, kosení a květnatost. Dále byla sbírána data o počasí (teplota, vlhkost, vítr a osvětlení).

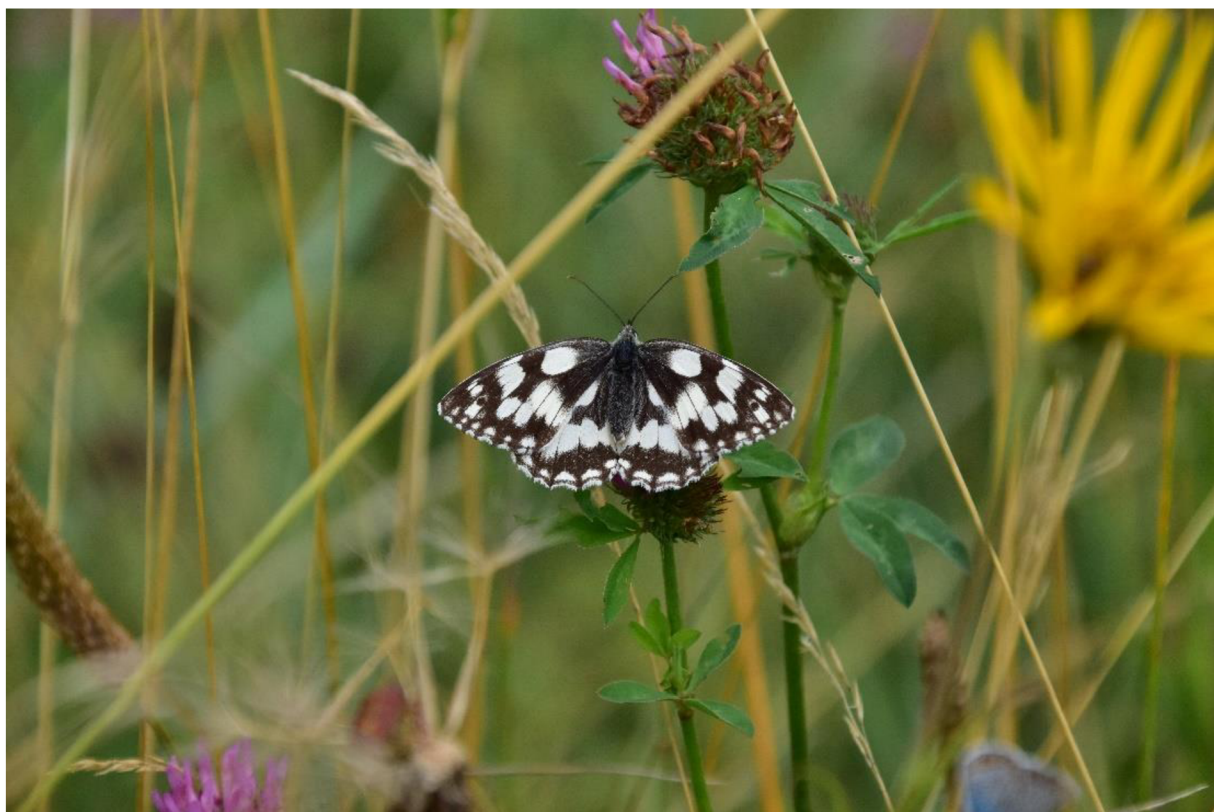
(ii) Po zapsání těchto parametrů přišla druhá část, časově vymezená obchůzka po louce časově vymezená na 10 minut, kdy byla sbírána data o vybraných skupinách hmyzu a stejně jako v první části byly nalezené druhy hmyzu zaznamenávány do archu. Do archu byla sbírána jak data o druhovém bohatství hmyzu, tak i jeho početnost.

3.5 Sběr dat o hmyzu

Pro diplomovou práci byly vybrány 3 skupiny hmyzu:

- (i) luční motýli jako zástupci řádu motýli (*Lepidoptera*),
- (ii) brouci na květech jako zástupci řádu brouci (*Coleoptera*)
- (iii) včela medonosná (*Apis mellifera*) jako zástupce blanokřídlého hmyzu (*Hymenoptera*).

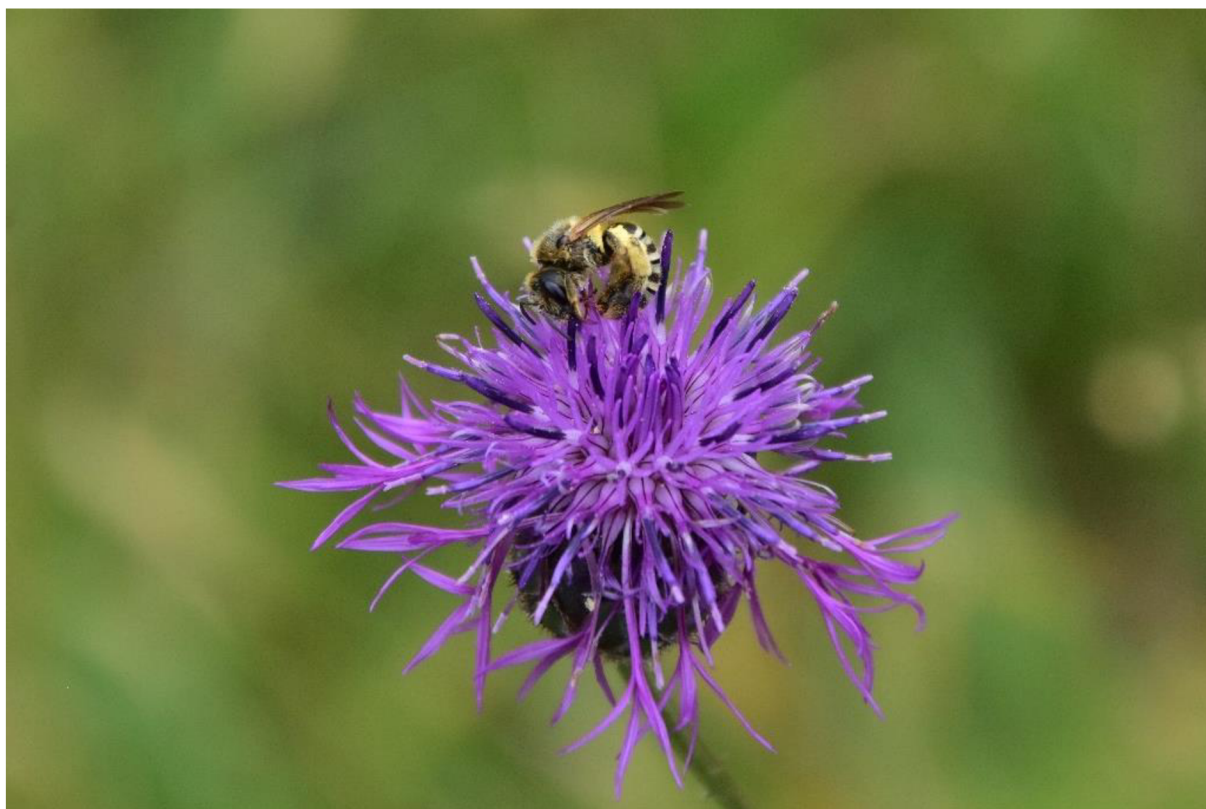
Všechny tři zvolené skupiny plní v přírodě funkci cenných opylovačů a řadí se i mezi ty nepočetnější a nejviditelnější, což je dělá vhodnými pro výzkum. Na druhou stranu je každá skupina funkčně odlišná. Motýli (obr. 3) jsou velmi aktivní letci, nároční na kvalitní biotop a omezení teplotními podmínkami. Brouci na květech (obr. 4) jsou skupina znatelně méně aktivních letců, kteří většinu času tráví na rostlinných květech. Včela medonosná (obr. 5) je stejně jako motýli značně aktivní letec, poměrně mobilní napříč krajinou, ale vázána ke konkrétní kolonii, což ji částečně omezuje v mobilitě. Právě jejich ekologická rozdílnost poskytne komplexní data o vybraných lokalitách.



Obr. 3: Zástupce motýlů – *Melanargia galathea* (7.7.2022).



Obr. 4: Zástupce brouků na květech – *Tomoxia bucephala* (7.7.2022).



Obr. 5: Zástupce blanokřídlých – *Apis mellifera* (7.7.2022).

Motýli byly identifikováni v terénu a případně následně ověřováni pomocí aplikace Atlas denních motýlů České republiky (Beneš et al., 2019), jejíž součástí je obecná charakteristika druhů, výskyt, ekologie a obrázková příloha s rozlišovacími znaky mezi druhy. Pokud se jednalo o snadno poznatelné druhy, byly jedinci identifikováni pouze pozorováním. V případě, že druh nebyl poznatelný na první pohled, byla použita entomologická síťka k bližšímu prozkoumání a přesnému určení. Pro určování brouků na květech byl připraven seznam typicky se vyskytujících zástupců. Brouci byly určování přímo na květech. Včela byla stejně jako brouci pozorována a určována přímo na květech.

3.6 Sběr meteorologických dat a hodnocení charakteru luk

Pro sběr meteorologických dat byly využity přístroje na jejich měření. K měření teploty a vlhkosti byl použit přístroj UNI-T, typ UT333. Přístroj byl při měření držen v ruce v prostoru na délku paže a bylo vždy vyčkáno, než se hodnoty ustálí.

K měření rychlosti větru byl užit anemometr UNI-T, typ UT363S. Při měření byl přístroj držen v jedné ruce a druhá jeho část s lopatkami byla dána nad hlavu, posléze se

přístroj zapnul a zaznamenavatel se s ním otočil pomalu kolem své osy. Poté se stisklo tlačítko mode, které vypočítalo průměrnou rychlost větru za celé měření.

Na měření osvětlení byl použit luxmetr UNI-T, typ UT383. Přístroj byl dán do vodorovné polohy, zapnut a namířen ke slunci a zobrazená hodnota byla zapsána.

U každé louky byla vždy posouzena květnatost, tedy kategorické hodnocení počtu kvetoucích rostlin. Kategorie byly od nejnižších hodnot po nejvyšší. Škála květnatosti: nic, ¼ málo, ¼ hodně, ½ málo, ½ hodně, ¾ málo, ¾ hodně, celá málo a celá hodně (Horák et al., 2021).

Dále bylo zaznamenáváno kosení. Pokud louka nebyla ještě ani jednou posečena byla zaznamenáno ne, pokud byla čerstvě pokosena, bylo zaškrtnuto ano, pokud byla louka už opětovně vzrostlá po předchozím kosení v průběhu sezóny, bylo zaznamenáno dávno, aby z dat později mohlo být zjištěno kolikrát za vegetační sezónu byla louka posečena.

V přibližně polovině terénních návštěv bylo na všech loukách změřeno pH místní půdy přístrojem HI99121 Waterproof pH & Temperature Meter for Direct Measurement in Soil. Stupnice pH posuzuje kyselost či zásaditost na stupnici 0-14.

Pro vyhodnocení dat byla potřebná i plocha každé jednotlivé louky, která byla získána z programu QGIS 3.26.3.

Tab. 1: Hodnoty kontinuálních proměnných na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	Průměr	Min	Max	Hodnota
Rozloha louky	74978	818	327646	m ²
Teplota vzduchu	26,8	17,1	36,7	°C
Vlhkost vzduchu	45,5	21,2	78,2	%
Rychlost větru	1,8	0,3	6,5	m/s
Osvětlení	75029	10140	177100	lux
Půdní pH	6,8	5	7,7	stupnice
Nektarodárné rostliny	19	5	30	druh
Květnatost	4	1	8	stupnice
Vzdálenost mezi chráněnou a kontrolní lokalitou	1,1	0,1	3,4	km

3.7 Sběr dat o rostlinném společenstvu louky

Pro každou louku byl zhotoven i soupis pozorovaných druhů rostlin. Rostliny byly podrobně zaznamenávány při dvou návštěvách, nejprve na první návštěvě v květnu, aby byly zachyceny i rostliny z jarního aspektu a druhé pozorování bylo provedeno v červnu. Při každé další návštěvě byl seznam už zaznamenaných rostlin obohacen o rostliny, které objevily až později v sezóně nebo nebyly při prvních dvou návštěvách ještě poznatelné nebo viditelné. Nebyl prováděn klasický fytoecologický snímek, nýbrž byla provedena podobně jako hmyzu časová občůzka po louce, kdy se zaznamenávaly druhy pozorovaných rostlin. Obchůzka trvala 10 minut. Rostliny, které nebyly identifikovány na místě byly zdokumentovány a určeny později podle knihy Klíč ke květeně České republiky (Kaplan et al., 2019).

3.8 Zpracování dat v programu R

Tab. 2: Rozdělení závislých a nezávislých proměnných

Závislé proměnné	druhov \acute{a} diverzita brouk \acute{u} a mot \acute{y} l \acute{u} , početnost mot \acute{y} l \acute{u} , brouk \acute{u} a v \acute{c} ely
Nezávislé proměnné	ochrana, teplota, vlhkost, sv \acute{e} tlo, v \acute{i} tr, kv \acute{e} t \acute{n} atost, kosen \acute{i} , nektarod \acute{a} rn \acute{e} rostliny, pH, rozloha, den, minuta

Pro statistické vyhodnocení dat byly vytvořeny dva základní modely, kdy v každém byla data zpracována odlišně. V prvním modelu bylo pracováno s každou návštěvou lokality zvlášť a model byl zaměřen na aktuální stav počasí a jak tyto podmínky ovlivňovaly konkrétní skupiny hmyzu. Ve výsledcích nazváno jako počasí.

V druhém modelu byly všechny zaznamenané hodnoty počasí ze všech šesti návštěv zprůměrovány a v modelu bylo zkoumáno, jaký měly statistický vliv na závislé proměnné. Zprůměrované hodnoty počasí byly ve výsledcích nazvány jako hodnoty klimatu. Nasbírané hodnoty nejsou dlouhodobým průměrem, který se normálně sbírá na meteorologických stanicích každý den v roce v určených hodinách. Přesto zprůměrované hodnoty počasí ze všech návštěv reflektují zkoumanou vegetační sezónu.

U obou základních modelů byla vždy zahrnuta i data o ochraně a květnatosti. Dále byly vytvořeny dva rozšířené modely. První rozšířený model zahrnoval data o klimatu,

ochraně, kosení, květnatosti, počtu nektarodárných rostlin, pH a rozloze. Druhý rozšířený model počítal s daty o počasí, ochranou, vegetační fází, květnatostí, dnem v roce a minutou ve dne. U všech modelů byl zkoumán vliv na všechny závislé proměnné, tedy jak na druhovou diverzitu brouků a motýlů, tak na početnost motýlů brouků a včel.

Všechna získaná data byla zapsána do přehledných tabulek v programu Excel, tak aby je mohl program R správně zpracovat. Po splnění těchto podmínek byla vložena data ve formátu CSV (textový soubor s oddělovači) (*.csv). Jeden soubor s daty o počasí a druhý s daty o klimatu, plus vybrané proměnné prostředí. Na začátku bylo nutné vizualizovat histogramy pro závislé proměnné. Jednalo se o test závislé proměnné. Jelikož histogramy neměly normální rozdělení, bylo nutné nainstalovat knihovnu DHARMA. Ta pomohla s výběrem správného rozdělení dat závislých proměnných pomocí analýzy reziduálních modelů. U všech závislých proměnných bylo postupně vyzkoušeno Gaussovo rozdělení, negativně binomiální, Poissonovo rozdělení. Pokud se ani u jednoho se nenašlo ideální rozdělení, bylo v konečném důsledku použito quasi-Poissonovo rozdělení. Hodnoty z, t a P ukazují trend, které nezávislé proměnné mají statisticky průkazný vliv na vybrané skupiny hmyzu, jejich diverzitu a početnost. Jako statisticky průkazné se ukázaly hodnoty, pokud $P < 0,05$. V modelech byl za všemi proměnnými zapsán fixovaný faktor. U počasí se jím ošetřovalo, že nedojde u dat k pseudoreplikaci.

4. Výsledky

Na celkem 30 lokalitách bylo za zkoumané období nalezeno dohromady 3747 jedinců hmyzu. Konkrétněji bylo zaznamenáno 48 druhů motýlů v počtu 2141 jedinců (Tab. 3), 37 druhů brouků v počtu 1197 jedinců (Tab. 4) a 409 jedinců včely medonosné (*Apis mellifera*).

Tab. 3: Výčet zaznamenaných druhů brouků a jejich početnost na loukách v Polabí

Druh	Počet jedinců	Počet lokalit
<i>Adonia variegata</i>	5	3
<i>Agriotes ustulatus</i>	42	10
<i>Anthaxia nitidula</i>	7	4
<i>Anthaxia quadripunctata</i>	3	3
<i>Byturus ochraceus</i>	31	2
<i>Byturus tomentosus</i>	3	1
<i>Cantharis pellucida</i>	34	15
<i>Cetonia aurata</i>	11	5
<i>Ceutorhynchus assimilis</i>	3	1
<i>Cidnopus pilosus</i>	22	9
<i>Clytra quadripunctata</i>	11	8
<i>Coccinella septempunctata</i>	46	17
<i>Cryptocephalus sericeus</i>	10	1
<i>Cteniopus sulphureus</i>	6	2
<i>Grammoptera ruficornis</i>	1	1
<i>Harmonia axyridis</i>	3	2
<i>Judolia erratica</i>	5	2
<i>Larinus turbinatus</i>	9	4
<i>Leptura quadrifasciata</i>	2	2
<i>Lygistorus sanguineus</i>	11	3
<i>Malachius bipustulatus</i>	5	3
<i>Melanthaxia sp.</i>	1	1
<i>Meligethes aeneus</i>	186	14
<i>Mononychus punctumalbum</i>	4	4
<i>Mordella aculeata</i>	105	17
<i>Mordellochroa abdominalis</i>	1	1
<i>Oedemera femorata</i>	27	8
<i>Oedemera podagrariae</i>	7	5
<i>Oedemera virescens</i>	9	7
<i>Oxythyrea funesta</i>	97	11
<i>Pseudovadonia livida</i>	11	7
<i>Rhagonycha fulva</i>	449	20
<i>Stenurella bifasciata</i>	2	2
<i>Stenurella melanura</i>	7	3
<i>Tomoxia bucephala</i>	19	3

<i>Trichodes apiarius</i>	1	1
<i>Tropinota hirta</i>	1	1

Tab. 4: Výčet zaznamenaných druhů motýlů a jejich početnost na loukách v Polabí

Druh	Počet jedinců	Počet lokalit
<i>Aglais urticae</i>	10	7
<i>Antocharis cardamines</i>	3	2
<i>Aphantopus hyperanthus</i>	77	9
<i>Arachnia levana</i>	2	2
<i>Argynnis adippe</i>	1	1
<i>Argynnis paphia</i>	52	9
<i>Boloria dia</i>	6	2
<i>Boloria selene</i>	5	1
<i>Carterocephalus palaemon</i>	2	2
<i>Coenonympha arcania</i>	1	1
<i>Coenonympha glycerion</i>	2	1
<i>Coenonympha pamphilus</i>	412	25
<i>Colias erate</i>	5	2
<i>Colias hyale</i>	57	7
<i>Erynnis tages</i>	2	2
<i>Gonepteryx rhamni</i>	6	3
<i>Inachis io</i>	11	8
<i>Iphiclides podalirius</i>	1	1
<i>Issoria lathonia</i>	27	10
<i>Lasiommata megera</i>	9	7
<i>Leptidea reali</i>	29	10
<i>Leptidea sinapis</i>	35	14
<i>Lycaena dispar</i>	5	4
<i>Lycaena phlaeas</i>	10	5
<i>Lycaena tityrus</i>	3	1
<i>Maniola jurtina</i>	289	24
<i>Melanargia galathea</i>	152	16
<i>Ochlodes sylvanus</i>	44	12
<i>Papilio machaon</i>	2	2
<i>Pieris brassicae</i>	173	28
<i>Pieris napi</i>	52	15
<i>Pieris rapae</i>	26	9
<i>Plebejus argus</i>	140	3
<i>Plebejus argyrognomon</i>	2	1
<i>Polyommatus bellargus</i>	4	2
<i>Polyommatus coridon</i>	24	3
<i>Polyommatus icarus</i>	255	24
<i>Pontia daplidicae</i>	4	2
<i>Pyrgus malvae</i>	1	1
<i>Scolitantides orion</i>	2	1

<i>Thecla betulae</i>	1	1
<i>Thymelicus lineola</i>	56	8
<i>Vanessa atalanta</i>	3	3
<i>Vanessa cardui</i>	20	14
<i>Zygaena carniolica</i>	47	1
<i>Zygaena ephialtes</i>	1	1
<i>Zygaena filipendulae</i>	46	7
<i>Zygaena loti</i>	24	5

4.1 Počasí

Motýli

Tab. 5: Druhová bohatost motýlů v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-0,59	0,551
Teplota	-4,02	0,001
Vlhkost	-2,09	0,038
Vítr	-1,05	0,252
Světlo	1,05	0,294
Květnatost	3,83	0,001

Jako statisticky významné se pro druhovou bohatost motýlů ukázala být teplota, vlhkost a květnatost. S klesající teplotou stoupal počet druhů motýlů. S klesající vlhkostí stoupal počet druhů motýlů. S vyšší květnatostí louky stoupal počet druhů motýlů. Jako statisticky nevýznamná se ukázala ochrana, vítr a světlo (Tab. 5).

Tab. 6: Abundance motýlů v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,68	0,093
Teplota	-6,02	0,001
Vlhkost	-2,66	0,007
Vítr	-2,14	0,032
Světlo	1,82	0,069
Květnatost	7,19	0,001

Celkový počet jedinců motýlů statisticky ovlivnila teplota, vlhkost, vítr a květnatost. S klesající teplotou stoupal počet jedinců motýlů. S klesající vlhkostí stoupala abundance motýlů. Se snižující se rychlostí větru stoupala abundance motýlů. S vyšší květnatostí stoupala abundance motýlů. Proměnné ochrana a světlo neměly statistickou průkaznost (Tab. 6).

Brouci

Tab. 7: Druhová bohatost brouků v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	4,37	0,001
Teplota	4,67	0,001
Vlhkost	3,82	0,001
Vítr	-2,77	0,005
Světlo	1,72	0,086
Květnatost	7,96	0,001

Druhová bohatost brouků byla ovlivněna ochranou, teplotou, vlhkostí, větrem a květnatostí. Pokud byla louka chráněna zákonem byl na ní vyšší počet druhů brouků. S rostoucí teplotou stoupal počet druhů brouků. S rostoucí vlhkostí stoupal počet druhů brouků. Se snižující rychlostí větru stoupal počet druhů brouků. Vyšší květnatost byla spojená se vyšším počtem druhů brouků. Světlo nemělo na počet druhů brouků statistický vliv (Tab. 7).

Tab. 8: Abundance brouků v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	2,61	0,011
Teplota	3,41	0,001
Vlhkost	3,56	0,001
Vítr	-0,61	0,541
Světlo	1,07	0,286
Květnatost	6,96	0,001

Největší statistický vliv na celkový počet jedinců brouků měla ochrana, teplota, vlhkost a květnatost. Pokud byla louka chráněna zákonem, bylo to spojeno i s vyšší abundancí brouků. S rostoucí teplotou rostla abundance brouků. Se vzrůstající vlhkostí stoupala abundance brouků. Vítr a světlo neměly na abundanci brouků prokazatelný vliv (Tab. 8).

Včela medonosná

Tab. 9: Populační hustota včely v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-0,49	0,625
Teplota	1,15	0,248
Vlhkost	1,54	0,124
Vítr	-0,96	0,338
Světlo	2,37	0,018
Květnatost	4,96	0,001

U populační hustoty včely v závislosti na počasí, ochraně a květnatosti se ukázalo jako statisticky významné světlo a květnatost. S vyšším světelným zářením vzrůstal i počet včel. S vyšší květnatostí vzrůstala i populační hustota včel. U ochrany, teploty, vlhkosti a větru nebyla prokázána statistická závislost (Tab. 9).

4.2 Klima

Motýli

Tab. 10: Druhá bohatost motýlů v závislosti na klimatu, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	3,43	0,002
Průměrná teplota	0,89	0,378
Průměrná vlhkost	1,51	0,143
Průměrná rychlost větru	-0,27	0,790
Průměrné světelné záření	1,79	0,087
Květnatost	3,56	0,002

Ve vztahu ke klimatu se ukázala být statisticky významnými proměnnými ochrana a květnatost, které ovlivňovaly druhovou bohatost. Pokud byla louka zákonem chráněna, nacházelo se na ní více druhů motýlů. S květnatostí stoupala i druhová bohatost motýlů. Teplota, vlhkost, vítr a světlo se neukázaly být statisticky významné (Tab. 10).

Tab. 11: Abundance motýlů v závislosti na klimatu, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	2,35	0,019
Průměrná teplota	0,97	0,333
Průměrná vlhkost	1,37	0,170
Průměrná rychlost větru	0,17	0,864
Průměrné světelné záření	1,46	0,144
Květnatost	4,46	0,001

Na abundanci motýlů měla statistický vliv ochrana a květnatost. Pokud byla louka chráněna zákonem, vyskytoval se na ní vyšší počet jedinců motýlů. Proměnné teplota, vlhkost, vítr a světlo neměly na počet jedinců motýlů prokazatelný vliv (Tab. 11).

Brouci

Tab. 12: Druhová bohatost brouků v závislosti na klimatu, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-0,67	0,511
Průměrná teplota	-0,04	0,963
Průměrná vlhkost	0,67	0,509
Průměrná rychlost větru	-1,37	0,183
Průměrné světelné záření	1,70	0,085
Květnatost	59	0,564

U druhové bohatosti brouků v závislosti v souvislosti s klimatem nebyla prokázána statistická závislost s žádnými nezávislými proměnnými. Ochrana, teplota, vlhkost, vítr, světlo, ani květnatost neměly na počet druhů brouků vliv (Tab. 12).

Tab. 13: Abundance brouků v závislosti klimatu, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,59	0,127
Průměrná teplota	-0,20	0,847
Průměrná vlhkost	0,48	0,634
Průměrná rychlost větru	-0,07	0,942
Průměrné světelné záření	0,44	0,667
Květnatost	2,26	0,003

Jako statisticky významná se ukázala být u abundance brouků květnatost. S vyšší květnatostí se zvyšoval počet jedinců brouků na louce. Ochrana, teplota, vlhkost, vítr a světlo neměly statistický význam (Tab. 13).

Včela medonosná

Tab. 14: Populační hustota včely v závislosti klimatu, ochraně a květnatosti na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-0,95	0,351
Průměrná teplota	-0,79	0,437
Průměrná vlhkost	0,19	0,848
Průměrná rychlost větru	-0,52	0,610
Průměrné světelné záření	0,77	0,447
Květnatost	2,43	0,023

Největší statistický vliv na celkový počet jedinců včel v závislosti na klimatu, ochraně a květnatosti, měla květnatost. S vyšší květnatostí se zvyšoval i počet včel. Zbylé proměnné ochrana, teplota, vlhkost, vítr a světlo neměly na populační hustotu včely vliv statistický vliv (Tab. 14)

5. Rozšířené výsledky

5.1 Počasí

Motýli

Tab. 15: Druhá bohatost motýlů v závislosti na počasí, ochraně, vegetační fázi, květnatosti, dnu a minutě na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,26	0,208
Teplota	-0,03	0,976
Vlhkost	-0,42	0,677
Vítr	-1,40	0,164
Světlo	0,41	0,682
Vegetační fáze	-2,20	0,029
Květnatost	2,90	0,004
Den	-2,64	0,009
Minuta	-2,49	0,014

Statisticky významnými jsou zde je vegetační fáze, květnatost, minuta a den. Druhá bohatost motýlů klesala s narůstající vegetační fází. Se zvyšující vegetační fází klesala druhová bohatost motýlů. Vyšší květnatost pozitivně korelovala s druhovou bohatostí motýlů. S postupujícím dnem během vegetační sezóny klesal počet druhů motýlů. Ochrana, teplota, vlhkost, vítr a světlo nebyly statisticky významné (Tab. 15).

Tab. 16: Abundance motýlů v závislosti na počasí, ochraně, vegetační fázi, květnatosti, dnu a minutě na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,99	0,048
Teplota	-2,37	0,014
Vlhkost	-0,15	0,882
Vítr	-0,45	0,649
Světlo	1,01	0,314
Vegetační fáze	-0,66	0,508
Květnatost	3,97	0,001
Den	-0,53	0,594
Minuta	-0,73	0,466

Na abundanci motýlů měla prokazatelný vliv ochrana, teplota a květnatost. Na nechráněných loukách byl nižší počet motýlů než na chráněných. Se snižující se teplotou

stoupal počet motýlů. Se zvyšující se květnatostí vzrůstala abundance motýlů. Vlhkost, vítr, světlo, vegetační fáze, den a minuta se neukázaly jako statisticky průkazné proměnné (Tab. 16).

Brouci

Tab. 17: Druhová bohatost brouků v závislosti na počasí, ochraně, vegetační fázi, květnatosti, dnu a minutě na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	3,67	0,001
Teplota	2,54	0,011
Vlhkost	1,87	0,061
Vítr	-2,55	0,011
Světlo	1,90	0,058
Vegetační fáze	-2,02	0,044
Květnatost	7,03	0,001
Den	2,59	0,010
Minuta	-0,38	0,704

Jako nejvíce statisticky významnými proměnnými na druhovou bohatost brouků se zde ukázala ochrana a květnatost. Dále tu byl i průkazný vliv teploty, větru, vegetační fáze a dne. Pokud byla louka chráněna bylo to spojeno s vyšším výskytem druhů brouků. Se zvyšující teplotou stoupala i druhová bohatost brouků. Čím silnější vítr vál, tím méně druhů brouků se na lokalitě nacházelo. S vyšší vegetační fází klesala i druhová bohatost brouků. Vysoká květnatost pozitivně korelovala s druhovou bohatostí brouků. S postupujícím dnem během vegetační sezóny stoupal počet druhů brouků. U vlhkosti, světla a minuty nebyl nalezen statistický význam (Tab. 17).

Tab. 18: Abundance brouků v závislosti na počasí, ochraně, vegetační fázi, květnatosti, dnu a minutě na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	2,30	0,022
Teplota	0,18	0,238
Vlhkost	0,93	0,353
Vítr	-0,22	0,828
Světlo	1,22	0,221
Vegetační fáze	-1,82	0,071
Květnatost	6,65	0,001
Den	3,83	0,001
Minuta	-1,12	0,263

Na abundanci brouků měla statisticky významný vliv ochrana, květnatost a den. Pokud byla lokalita chráněna nacházel se na ní i vyšší počet jedinců brouků. S rostoucí květnatostí rostla i abundance brouků. S postupujícím dnem ve vegetační sezóně narůstala abundance brouků. Jako statisticky neprůkazné se ukázaly proměnné teplota, vlhkost, vítr, světlo, vegetační fáze a minuta (Tab. 18).

Včela medonosná

Tab. 19: Populační hustota včely v závislosti na počasí, ochraně, vegetační fázi, květnatosti, dnu a minutě na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-0,54	0,592
Teplota	0,05	0,962
Vlhkost	-0,81	0,421
Vítr	-0,07	0,939
Světlo	1,73	0,083
Vegetační fáze	0,88	0,377
Květnatost	4,88	0,001
Den	3,33	0,001
Minuta	-2,29	0,022

Pro populační hustotu včely byla statisticky významná květnatost, pořadí dne v roce a minuta během dne. Se zvyšující se květnatostí byl vyšší výskyt včely. S narůstajícím pořadím dne ve vegetační sezóně se zvyšoval celkový počet jedinců včely. S narůstajícím časem během dne se snižovala populační hustota včely (Tab. 19).

5.2 Klima

Motýli

Tab. 20: Druhová bohatost motýlů v závislosti na klimatu, ochraně, kosení, květnatosti, nektarodárných rostlinách, pH a rozloze na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	2,82	0,011
Průměrná teplota	1,59	0,128
Průměrná vlhkost	1,68	0,109
Průměrná rychlost větru	0,66	0,515
Průměrné světelné záření	0,88	0,389
Kosení	-0,86	0,340
Květnatost	2,29	0,034
Nektarodárné rostliny	2,24	0,037
pH	-0,55	0,592
Rozloha	-1,47	0,158

Nejvíce statisticky průkaznou hodnotou pro druhovou diverzitu motýlů byla ochrana. Ochrana louky byla spojena s vyšším počtem druhů motýlů. Dalšími statisticky průkaznými proměnnými byla květnatost a počet nektarodárných rostlin. S vyšší květnatostí stoupal počet druhů motýlů. S vyšším počtem nektarodárných rostlin se zvyšoval i počet druhů motýlů. Teplota, vlhkost, vítr, světlo, kosení, pH a rozloha louky neměly statistickou významnost (Tab. 20).

Tab. 21: Abundance motýlů v závislosti na klimatu, ochraně, kosení, květnatosti, nektarodárných rostlinách, pH a rozloze na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	1,48	0,138
Průměrná teplota	2,57	0,010
Průměrná vlhkost	2	0,046
Průměrná rychlost větru	0,89	0,372
Průměrné světelné záření	0,17	0,862
Kosení	-0,23	0,820
Květnatost	2,68	0,007
Nektarodárné rostliny	3,09	0,002
pH	0,81	0,418
Rozloha	-0,61	0,540

Jako statisticky významné proměnné se u abundance motýlů ukázala být teplota, vlhkost, květnatost a počet nektarodárných rostlin. Se zvyšující se teplotou stoupal počet

motýlů. Se zvyšující se vlhkostí stoupala abundance motýlů. Pokud se zvyšovala květnatost zvyšoval se s ní i počet motýlů. S vyšším počtem nektarodárných rostlin stoupala abundance motýlů. Proměnné ochrana, vítr, světlo, kosení, pH a rozloha neměly na počet motýlů statistický vliv (Tab. 21).

Brouci

Tab. 22: Druhová bohatost brouků v závislosti na klimatu, ochraně, kosení, květnatosti, nektarodárných rostlinách, pH a rozloze na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,45	0,164
Průměrná teplota	0,95	0,353
Průměrná vlhkost	0,72	0,479
Průměrná rychlost větru	-0,57	0,572
Průměrné světelné záření	0,87	0,395
Kosení	-1,10	0,284
Květnatost	-0,81	0,426
Nektarodárné rostliny	2,05	0,054
pH	-1,09	0,288
Rozloha	-0,05	0,958

U druhové bohatosti se neukázala jako významná žádná ze zkoumaných proměnných. Klima, ochrana, kosení, květnatost, nektarodárné rostliny, pH ani rozloha neměly na počet druhů motýlů vliv (Tab. 22).

Tab. 23: Abundance brouků v závislosti na klimatu, ochraně, kosení, květnatosti, nektarodárných rostlinách, pH a rozloze na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,04	0,297
Průměrná teplota	0,47	0,641
Průměrná vlhkost	0,35	0,725
Průměrná rychlost větru	0,09	0,923
Průměrné světelné záření	0,32	0,748
Kosení	-0,75	0,453
Květnatost	2,53	0,011
Nektarodárné rostliny	0,67	0,500
pH	-0,92	0,353
Rozloha	-2,02	0,044

Na abundanci brouků měla statistický vliv květnatost a rozloha. Se zvyšující se květnatostí stoupal také počet brouků. S klesající rozlohou se zvyšoval počet brouků. Ochrana, teplota, vlhkost, vítr, světlo, kosení, nektarodárné rostliny a pH neměly na prokazatelný vliv na početnost brouků (Tab. 23).

Včela medonosná

Tab. 24: Populační hustota včely v závislosti na klimatu, ochraně, kosení, květnatosti, nektarodárných rostlinách, pH a rozloze na loukách v Polabí

Proměnné prostředí	z	P
Ochrana	-1,78	0,091
Průměrná teplota	-0,17	0,868
Průměrná vlhkost	0,89	0,383
Průměrná rychlost větru	-1,34	0,197
Průměrné světelné záření	1,52	0,146
Kosení	-1,89	0,074
Květnatost	1,86	0,078
Nektarodárné rostliny	-0,87	0,397
pH	1,10	0,287
Rozloha	1,86	0,078

Žádná ze zkoumaných proměnných se neukázala jako statisticky průkazná. Klima, ochrana, kosení, květnatost, nektarodárné rostliny, pH ani rozloha neměly na populační hustotu včely vliv (Tab. 24).

6. Diskuse

6.1 Vliv počasí a klimatu na vybrané taxony

U třech vybraných taxonomických skupin byl zkoumán vliv počasí a klimatu na jejich početnost a u motýlů a brouků i ovlivnění jejich druhové bohatosti. V současné době dochází významné změně klimatu. Ta může vyústit i ve změnu vzorců běžného počasí. Z tohoto důvodu je výzkum vlivu meteorologických veličin velmi cenný pro poznání stávajících změn v biodiverzitě, včetně závěrů do budoucna (Halsch et al., 2020).

Z výsledků vyplývá, že u všech skupin se jako významnější hybatel projevilo počasí nežli klima. Každá skupina byla citlivější na jiné parametry počasí, ale našly se i shodné činitele, a to především u motýlů a brouků. Konkrétně u motýlů je ale reakce na počasí prozkoumána více než u brouků (Kuussaari et al., 2007; Wikström et al., 2009). U motýlů a brouků se jako statisticky významná ukázala být teplota, vlhkost a vítr. Konkrétně u lučních motýlů ovlivňovala teplota a vlhkost druhovou bohatost motýlů a v modelu, kde byla řešena celková abundance motýlů se k statisticky významným proměnným přidal ještě vítr. U brouků tomu bylo přesně naopak. Pokud se jednalo o druhovou bohatost byl důležitý faktor teploty, vlhkosti a větru. U abundance brouků vyplynul vliv pouze u teploty a vlhkosti. Naopak u klimatu se dlouhodobý průměr teploty, vlhkosti a větru neukázal jako průkazný ani u jedné z výše zmiňovaných skupin, a to i přesto, že je prokázáno, že populační hustota hmyzu bývá průměrnými teplotami silně ovlivněna (Estay et al., 2014). Včela v modelech nereagovala tak výrazně jako první dvě skupiny. Pokud se jednalo o klima, nebyly zde nalezeny žádné korelace mezi nezávislými proměnnými a její populační hustotou. Byl zde ale taktéž zaznamenán jistý vliv počasí, kdy se jednalo o světlo. Počty jedinců včely se zvyšovaly s vyšším slunečním zářením.

6.2 Motýli

Přeměna přírodních oblastí na zemědělskou půdu má za následek změny ve struktuře krajiny, které ovlivňují přítomnost a rozšíření opylovačů. Zemědělská krajina s více typy pokryvu, a tím i vyšší heterogenitou a se zdroji nezbytnými k přežití by měla poskytovat útočiště více druhům. Krajiny se složitějšími prostorovými vzory by měly organismům umožnit získávat zdroje efektivněji. V oblastech, kde je vysoké procento polí a nízké procento přirozených travních porostů je prokazatelně nižší abundance motýlů (Flick at

al., 2012). Právě studované území středního Polabí je na aktivně obhospodařované pole bohaté a vliv na abundanci motýlů tak není vyloučen. Celkově méně narušená nelesní stanoviště jsou pro motýly příznivější (Kati et al., 2012).

Ztráta přírodních biotopů je zřejmě celosvětově nevýznamnějším hnacím činitelem současné krize vymírání druhů a snižováním biologické rozmanitosti (Turner et al., 2007). Tento problém se ve velké míře týká i motýlů, kteří svým úbytkem druhů a populačních hustot negativně reagují na obhospodařování krajiny a ztrátu svých přirozených stanovišť (Ghazanfar et al., 2016). Prostor pro motýly se stále zmenšuje a jejich populace se stávají izolované, což je činí zranitelnými v čím dál větší míře (Öckinger et Smith, 2007). Jejich druhová ochrana a ochrana jejich zbývajících původních stanovišť se zdá být do budoucna jako jediná možnost, jak je v naší krajině, alespoň v nynější druhové bohatosti zachovat (Bubová et al., 2015). Důležitost ochrany nepopíratelně dokazují i moje data, kdy se ochrana lokality pozitivně odrazila v celkové abundanci i druhové bohatosti motýlů. Polabí má pro mnoho druhů motýlů ideální klimatické podmínky, přičemž potenciál této oblasti není uspokojivě využit. Oblast trpí nedostatkem travních porostů, které hrají v jejich existenci nejdůležitější roli, stejně tak toto území postrádá dostatek chráněných míst, kde by byl praktikován pro opylovače vhodný přístup ke kosení, přičemž právě management může rozhodovat o existenci či neexistenci určitého druhu motýla.

I přestože není vliv počasí na motýly tolik zkoumán může se jednat o velmi silný hybatel. Právě Wikström et al. (2009) přišli s překvapivým zjištěním, že dokonce více než 40 % variability v druhovém shromáždění motýlů lze vysvětlit proměnnými počasí. Dále i celková populační dynamika motýlů může být v úzkém vztahu s počasím. Přesná podoba vztahů mezi rychlostí růstu motýlí populace a počasím je velmi variabilní napříč životními stádii, a to jak v rámci druhu, tak i napříč druhy (Mills et al., 2017).

Okolní teplota a její proměnlivost jsou hlavními složkami jakéhokoli přirozeného prostředí. Teplotního režim je v úzkém vztahu spjat s fyziologickými procesy a je znám jeho vliv na rychlost vývoje motýlů (Gotthard et al, 2000), jejich pohyb v prostoru (Wassethalt, 1975) i jejich fenologii (Kharouba et al, 2014). Motýl je ektotermní organismus, který se před letem musí ohřát na letovou teplotu (Kingsolver, 1985). V procesu zahřívání hrají důležitou roli křídla, která motýl pod správným úhlem vystaví slunci a čeká až naakumuluje dostatek sluneční energie, aby mohl vzlétnout (Wasserhalt,

1975). Teplota úzce souvisí se slunečním zářením a když obě tyto proměnné rostou, motýlí komunita roste s nimi (Wikström et al., 2009). Z výše zmíněných důvodů lze očekávat, že při vyšších teplotách bude celková abundance vyšší, což se ale z našich pozorování nevyplývalo. Naopak se ukázalo, že se zvyšující teplotou klesala nejen abundance motýlů, ale i jejich druhová bohatost. Důvody tohoto zjištění nejsou příliš jasné, jelikož při velmi podobném výzkumu v Polabí byl pozorován trend úplně opačný, kdy se abundance motýlů s rostoucí teplotou zvyšovala bez jasně nalezeného teplotního maxima (Horák et al., 2021). Dalo by se to vysvětlit pseudoreplikací, tedy opakováním sběru na stejné lokalitě, která se nakonec mohla projevit, i přestože byla v modelech ošetřena.

V tropických a subtropických oblastech je relativní vlhkost vzduchu pro motýly velmi důležitá a vrcholy jejich abundancí s ní prokazatelně pozitivně korelují (Gupta et al., 2019). V naší studované oblasti temperátního klimatu se vlhkost nezdála být pro motýly jako stěžejní meteorologický ukazatel a do popředí se dostávaly především charakteristiky jako teplota, světelné záření a vítr. Z našich dat ale plyne, že vlhkost motýly taktéž ovlivňuje. V základním modelu se ukázalo, že pokud klesala vlhkost stoupala s ní jak abundance, tak druhová bohatost motýlů. Vlhkost může být pro některé druhy motýlů důležitější než pro jiné (Kati et al., 2012), na což se ale naše práce nezaměřovala.

Řada druhů motýlů preferuje spíše slabou rychlost větru a pokud jsou tyto rychlosti překročeny, jejich letová schopnost je značně ovlivněna. Na obranu proti silnému větru motýli mění obvyklé vzorce létání, například zvolí let blíže zemi, kde jsou vystaveni slabšímu větru (Pivnick et McNiel, 1987). Jsou ale zaznamenány druhy, kterým nečiní velké potíže létat i za horších povětrnostních podmínek. (Wikström et al., 2009). I přestože vliv větru na konkrétní druhy motýlů nebyl zkoumán, ukázal se vítr jako faktor, který ovlivňuje celkovou abundanci motýlů, kdy se zvyšující se rychlostí klesá jejich početnost.

Management prováděný na loukách je pro existenci motýlů velmi důležitý (Bubová et al., 2015). U lučních společenstev v Evropě dochází obecně ke dvěma nepříznivým trendům v jejich obhospodařování (Skórka et al., 2007). Prvním přístupem, který negativně ovlivňuje populace motýlů je neustála intenzifikace managementu, kdy dochází k příliš častému sečení lokalit (Marini et al., 2009; Čížek et al., 2012; Aguilera et

al., 2019). Na druhou stranu je pro motýly nebezpečná i úplná ztráta managementu. V krajině čím dál běžněji dochází k opouštění tradičně sečených míst. Místa pak mohou zarůstat invazními či expanzními rostlinami a stávají se pro motýli nevhodnými (Skórka et al., 2007). Námi navštěvované lokality byly ve většině případů pravidelně sečeny, z čehož se dá usuzovat, že v Polabí problém s opouštěním luk není na místě. Na škodu zde může být spíše intenzivní přístup k sečení a jeho nevhodné provádění, včetně načasování. Pokud byla navštívená lokalita v nedávné době posečena v celé své rozloze, byl zde výskyt motýlů minimální či dokonce nulový. Je nutno poukázat na i na jiné typy sečení, než je seč celé plochy najednou. Na šesti navštěvovaných lokalitách byla prováděna rotační mozaiková seč, která byla pro motýly očividně velmi prospěšná, jelikož i po částečné seči louky, měli motýli stále možnost v neposečené části přebývat a navštěvovat zbylé květy. Vliv intenzivní a jednotvárné seče neprospívá nejen motýlům, ale i jiným skupinám členovců. Zpestření technik sečení, například sečení v pásích, blocích či sečení louky napůl by podpořilo celkovou biodiverzitu lučních společenstev (Čížek et al., 2012; Bubová et al., 2015).

Druhová bohatost a abundance motýlů obecně ubývá se zvyšující se nadmořskou výškou, což je spojeno s nižší rozmanitostí rostlin, které jsou pro motýly velmi podstatné (Pires et al., 2020). Motýli upřednostňují zachovanou krajinu s pestrým spektrem původních rostlin (Kurylo et al., 2020). Vysoká květnatost se ukázala být důležitá pro motýly i ve všech našich modelech. Naprosto všechny modely ukázaly pozitivní vliv bohaté květnatosti na abundanci i druhovou bohatost motýlů. Dokonce by se dalo říct, že květnatost byla důležitější než ostatní faktory počasí a než průměrné meteorologické proměnné tedy klima, jelikož se jako statisticky průkazná ukázala ve všech modelech, a to dokonce s vyšší statistickou významností, než které byly zaznamenány u počasí. Pires et al. (2020) taktéž uvádějí silnější asociace motýlů s vegetací než s klimatem.

Ukazuje se tak, že vegetace a její struktura má pro mnoho živočichů zásadní význam (Davies et Asner, 2014). Obzvláště pro bezobratlé, kteří jsou na ní závislí z hlediska potravy, úkrytů nebo vhodných míst k rozmnožování, mají změny na úrovni struktury zásadní vliv. Aguirre-Gutiérrez et al. (2017) připisují přirozenosti a heterogenosti struktury vegetace spolu s průměrnou výškou vegetace podstatnou důležitost. I přestože nebyla výška vegetace měřena, v této práci by jistě měla užitečný přínos a příště by se o ní mělo uvažovat. Druhová pestrost a vysoká pokryvnost rostlinami je pro motýly

taktéž důležitá (Kurylo et al., 2020). Obzvláště napříč fragmentovanou krajinou, která se v Polabí nachází jsou druhově bohaté louky spíše vzácností, ale výsledky ukazují, že motýli si taková místa stále dokážou najít a využívat je ke svému přežití. Louky s vysokým pokryvem kvetoucích a nektarodárných rostlin byly hojněji obývány motýly. To což značí, že by se ochrana přírody měla více zaměřit nejen zachování těchto míst, ale i jejich rozšiřování.

6.3 Brouci

Poklesy v druhové bohatosti brouků jsou dokumentovány už minimálně dvě desítky let (Homburg et al., 2019). V lesních ekosystémech chladnějších oblastí bývají úbytky brouků dokonce nejvíce přičítány změně klimatu a oteplování těchto oblastí (Harris et al., 2019). Klima bylo částečně řešeno i našim výzkumem, kdy ale nebyla nalezena souvislost mezi klimatem a druhovou bohatostí a abundancí florikolních brouků. Mnohem větší význam se ukázal ve spojitosti s počasím a ochranou.

Z hlediska významu vlivu ochrany na brouky jsou zkoumány pouze určité skupiny brouků. Nejčastěji to bývá skupina saproxylických brouků ve vztahu k hospodaření v lesích (Franc et Götmark, 2008), dále také skupiny epigeických brouků, především střevlíkovitých (*Carabidae*), kteří se zkoumají v souvislosti s negativním vlivem fragmentace krajiny (Niemelä, 2001). Byl u nich, stejně jako u motýlů, prokázán úbytek na úrovni druhů a populací právě kvůli tomuto dlouhodobému negativnímu trendu. Chráněné lokality jsou pro brouky zřejmě prospěšné, jelikož v našich modelech v souvislosti s ochranou v polovině případů pozitivně reagovali. Poměrně vysoká druhová bohatost a abundance zkoumaných druhů by mohla florikolní brouky přiřadit k taxonům sledovaných ve vztahu k hodnocení stavu chráněných lokalit.

Reakce brouků vzhledem k počasí a jeho proměnlivým není v tak širokém rozsahu, jako jsme ho dělali my příliš zkoumána, což činí z našeho výzkumu poměrně nový vhled na toto téma, obzvláště pak na skupinu florikolních brouků. Brouci jako ostatní skupiny hmyzu jsou silně závislé na okolní teplotě. Na rozdíl od motýlů, brouci reagovali na teplotu podle předpokladů a se zvyšující se teplotou vzrůstala jak druhová bohatost brouků, tak i jejich abundance. Je známo, že se vzrůstající teplotou roste i aktivita brouků. U některých druhů masožravých brouků je zaznamenána vyšší aktivita při odchytu své kořisti (Frank et Bramböck, 2016). Obdobný projev pozitivní odpovědi na

teplotu je zjištěn u pozemních brouků, kteří při vyšších teplotách sbírají více semen (Saska et al., 2010). Vliv teploty se ukázal jako důležitý i v distribuci a abundanci střívlíkovitých brouků (Crist et Ahern, 1999). Naše výsledky tak ukazují, že teplota brouky pozitivně ovlivňuje, včetně námi zkoumané ekologické skupiny florikolních brouků.

Opačný efekt byl zaznamenán u rychlosti větru. Jak je už dlouho uváděno, brouci by měli být těžkopádnější letci a čelit tak hůře vyšší rychlosti větru než třeba motýli, kteří jsou schopni lepší koordinace pohybu (Hurd, 1920). Přesto však z našich dat vyplývá, že abundance brouků nebyla větrem prokazatelně ovlivněna. Naopak tomu bylo u druhové bohatosti, u které se vítr ukázal jako negativní faktor. Tento jev by se dal vysvětlit možností, že každý druh brouka se dokáže s větrem vyrovnat jinak a pokud je větrný den, některé druhy jsou omezeny v mobilitě.

Vlhkost není v souvislosti s aktivitou brouků příliš zkoumána. Z našich výsledků vyplývá, že vlhkost negativně ovlivňuje druhovou bohatost i abundanci brouků. Vlhkostní podmínky však mohou do určité míry ovlivnit jejich schopnost přichytit se k povrchům. Tento jev byl popsán u sluněčka sedmitečného (*Coccinella septempunctata*). Byly zaznamenány mezní hodnoty, u kterých docházelo k omezení této schopnosti. Jak velmi nízká, tak velmi vysoká vlhkost přichycení sluněček negativně ovlivnila, naopak při hodnotách vlhkosti okolo 60 %, byla schopnost přichycení neúčinnější (Heepe et al., 2016). U florikolních brouků může tedy být nepřiměřenou vlhkostí negativně ovlivněna schopnost osidlovat květy. Kromě aktivity může být vlhkostí ovlivněn i vývoj a rychlost rozmnožování brouků (Al-Digail et al., 2012).

Brouci ve třech ze čtyř modelů pozitivně reagovali na květnatost, což bylo očekáváno, jelikož byla zkoumána ekologická skupina florikolních brouků, kteří se bez přítomnosti květů neobejdou. Vzhledem ke svému tvaru těla jsou brouci limitováni v návštěvě určitých tvarů květů, z toho důvodu je nalezneme především na plochých či diskovitých květech (Gottsberger, 1977). Tento trend nenajdeme pouze u brouků, ale i u jiných skupin hmyzu. Hmyz obecně dává přednost otevřeným květům díky jejich lepší přístupnosti a snazší dostupnosti nektaru, což neplatí pro silně specializované druhy opylovačů (McCall et Primack, 1992). Ve vzájemné shodě jsou i naše pozorování, kdy brouci byli povětšinou nalézáni na plochých květech, například na rodech kopretina,

pampeliška, hlaváč či chrastavec. Jejich výskyt je tedy silně vázán k typu vegetace a tvarově vhodným rostlinám.

6.4 Včela

Včela medonosná (*Apis mellifera*) plní v krajině funkci jednoho z nejdůležitějších opylovačů u většiny druhů rostlin, včetně mnoha druhů kulturních rostlin. To z ní dělá důležitou součást ekosystému (Winfree et al., 2009; Breeze et al., 2011) Podle její početnosti lze do jisté míry posuzovat stav krajiny, kdy ztráta kvetoucí vegetace může být klíčová nejen pro včelu medonosnou, ale i široké spektrum divokých včel (Torné-Noguera et al., 2014; Choate et al., 2018). Vzhledem k tomu, že je včela (*Apis mellifera*) v prostoru prokazatelně velmi mobilní, dokáže si najít květinové zdroje i v homogenní nebo silně fragmentované krajině a rozloha louky pro ni nemusí být důležitým faktorem (Torné-Noguera et al., 2014). Ukazuje se, že včela se svou střední velikostí těla a nezávislostí na přírodních hnízdech, je dobře adaptována na nynější podobu krajiny s roztroušenými potravními zdroji (Plascencia et Philpott, 2017).

Z našich pozorování plyne, že ve třech ze čtyř modelů vysoká květnatost pozitivně korelovala s populační hustotou včely medonosné. To byl rozdíl oproti Plascencia et Philpott (2017), kdy byl tento trend pozorován u různých druhů včel. Oproti tomu u včely medonosné bylo zjištěno, že vyhledává spíše rozptýlené zdroje (Wojcik et al., 2008). Kromě vlivu květnatosti byl u včely prokázán vliv množství slunečního záření, kdy s jeho zvyšováním se zvyšovala populační hustota včely (Herrera, 1995). Stejně výsledky ukazují i naše data. Vyšší světelné záření má na opylovače obecně pozitivní vliv (Clarke et Robert, 2017), kdy tento trend může zároveň souviset s květnatostí, jelikož vyšší světelné záření otevře více květů a louka se stává pro včely atraktivnější.

Teplota je obecně uváděna jako pozitivní hybatel u opylovačů (Clarke et Robert, 2017; Puškadija, 2007). U včely medonosné s vyšší teplotou stoupá její mobilita v prostoru a stejně tak aktivita při sběru nektaru (Woyke et al., 2003). Moje práce nezjistila významnou závislost mezi populační hustotou včely a vlivem teploty vzduchu (Herrera, 1995; Omoloye et al., 2006), podobně tomu bylo u vlhkosti vzduchu (Clarke et Robert, 2017). Další zkoumaná proměnná byla rychlost větru, přičemž ani zde nebyla nalezena souvislost s populační hustotou včely medonosné (Clarke et Robert, 2017), což

je v rozporu se zjištěními (Omoloye et al., 2006), kde měla rychlost větru pozitivní vliv na počet návštěv květů.

Přestože se v našich datech neukázalo, že by měla ochrana lokality na přítomné množství včel vliv, je známo, že intenzivní využívání půdy, které je v Polabí běžné, vede ke snížení biodiverzity hmyzu i k úbytkům včely medonosné (Kohler, 2007; Batáry, 2010), kdy její počty v posledních letech stále klesají (Winfrey et al., 2009). Z tohoto důvodu jsou snahy o určitý stupeň ochrany včel rozhodně perspektiva do budoucna (Brown et Paxton, 2009).

7. Závěr

Tato práce se zabývala vlivem péče a počasí na luční hmyz v Polabí, dále byl zahrnut i vliv klimatu. Zkoumány byly tři skupiny opylovačů denní motýli, florikolní brouci a včela medonosná. Všechny tyto skupiny se liší ve způsobu života, odolnosti vůči změnám v prostředí i ve schopnosti opylování a poskytují tak multitaxonový vhled do stavu lučních společenstev a jejich nynějšího stavu.

Výsledky ukázaly, že ačkoli se to nemusí na první pohled zdát, je hmyz ovlivňován počasím ve znatelné míře. U všech zkoumaných skupin se alespoň nějaký faktor ukázal jako statisticky významný. U motýlů a brouků to byla především teplota a vlhkost, dále pak i vítr. Naopak u včely medonosné vyšel pouze pozitivní vliv světelného záření. Výsledky se ve většině případů shodovaly s předpoklady a zjištěními jiných provedených studií. Teplota a světlo působí na hmyz jako pozitivní hybatel, na rozdíl od větru a vlhkosti, které působí spíše negativně. Zajímavé zjištění však bylo zaznamenáno u motýlů, kde se teplota ukázala mít negativní vliv jak na druhovou bohatost, tak na jejich abundanci. Ochrana vyšla v polovině případů u motýlů a brouků jako pozitivní faktor, kdežto u včely nebyla statisticky významná. Až překvapivě rozsáhlý vliv měla květnatost, která se ukázala jako silně pozitivní hybatel u všech zkoumaných skupin.

Z výsledků vyplývá, že všechny skupiny jsou v určité míře citlivé na péči i na počasí. Počasí však může mít vliv zásadnější, pokud jsou totiž data sbírána za nevhodných podmínek, může to znehodnotit celý výzkum, a proto by na něj měl být brán zřetel. Pokud se jedná o péči v souvislosti s ochranou, jedná se obecně o pozitivní faktor, přesto je však důležité zmínit, že může být louka sice chráněna, ale je-li na ní prováděn nevhodný management, je ochrana zbytečná a nevýznamná. Posledním důležitým faktem je, že chceme-li mít louku bohatou na hmyz, musí zde být květinové zdroje dostupné v co největší míře a nejlépe po celou vegetační sezónu, čehož se dál docílit pouze mozaikovou sečí, která je praxi stále málo využívána.

Seznam použité literatury

- Al-Digail, S. A., Assagaf, A. I., & Mahyoub, J. A. (2012). Effect of temperature and humidity on the population abundance of spotted oriental cucumber beetle *Epilachna chrysomelina* (F.)(Coccinellidae: Coleoptera) in Al-Qunfudah Western Saudi Arabia. *Current World Environment*, 7(1), 7.
- Aguilera, G., Ekroos, J., Persson, A. S., Pettersson, L. B., & Öckinger, E. (2019). Intensive management reduces butterfly diversity over time in urban green spaces. *Urban Ecosystems*, 22, 335-344.
- Aguirre-Gutiérrez, J., WallisDeVries, M. F., Marshall, L., van't Zelfde, M., Villalobos-Arámbula, A. R., Boekelo, B., Bartholomeus, H., Franzén, M. & Biesmeijer, J. C. (2017). Butterflies show different functional and species diversity in relationship to vegetation structure and land use. *Global Ecology and Biogeography*, 26(10), 1126-1137.
- Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Jenkins, M., Paul Jefferiss, Jessamy, V., Madden, J., Munro, K., Myers, N., Naeem, S., Paavola, J., Rayment, M., Rosendo, S., Roughgarden, J., Trumper, K. & Turner, R. K. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, 297(5583), 950-953.
- Barrios, B., Pena, S. R., Salas, A., & Koptur, S. (2016). Butterflies visit more frequently, but bees are better pollinators: the importance of mouthpart dimensions in effective pollen removal and deposition. *AoB Plants*, 8, 1-10.
- Batary, P., Baldi, A., Sarospataki, M., Kohler, F., Verhulst, J., Knop, E., Herzog, F. & Kleijn, D. (2010). Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 136(1-2), 35-39.
- Beneš, J., Kepka, P. & Konvička, M. (2019). Atlas denních motýlů ČR. Entomologický ústav BC AV ČR, Mobilní aplikace.
- Black, S. H., Shepherd, M., & Vaughan, M. (2011). Rangeland management for pollinators. *Rangelands*, 33(3), 9-13.

- Börschig, C., Klein, A. M., von Wehrden, H., & Krauss, J. (2013). Traits of butterfly communities change from specialist to generalist characteristics with increasing land-use intensity. *Basic and Applied Ecology*, *14*(7), 547-554.
- Bourn, N. A., & Thomas, J. A. (2002). The challenge of conserving grassland insects at the margins of their range in Europe. *Biological Conservation*, *104*(3), 285-292.
- Braak, N., Neve, R., Jones, A. K., Gibbs, M., & Breuker, C. J. (2018). The effects of insecticides on butterflies—A review. *Environmental Pollution*, *242*, 507-518.
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., & Potts, S. G. (2011). Pollination services in the UK: how important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *142*(3-4), 137-143.
- Brosi, B. J., & Briggs, H. M. (2013). Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(32), 13044-13048.
- Brown, M. J., & Paxton, R. J. (2009). The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, *40*(3), 410-416.
- Bryant, S. R., Thomas, C. D., & Bale, J. S. (2002). The influence of thermal ecology on the distribution of three nymphalid butterflies. *Journal of Applied Ecology*, *39*(1), 43-55.
- Bubová, T., Vrabec, V., Kulma, M., & Nowicki, P. (2015). Land management impacts on European butterflies of conservation concern: a review. *Journal of Insect Conservation*, *19*, 805-821.
- Burrill, R. M., & Dietz, A. (1981). The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature. *Apidologie*, *12*(4), 319-328.
- Carvalho, L. G., Kunin, W. E., Keil, P., Aguirre-Gutiérrez, J., Ellis, W. N., Fox, R., Groom, Q., Hennekens, S., Van Landuyt, W., Maes, D., Van de Meutter, F., Michez, D., Rasmont, P., Ode, B., Potts, S. G., Reemer, M., Roberts, S. P. M., Schaminée, J., WallisDeVries, M. F. & Biesmeijer, J. C. (2013). Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters*, *16*(7), 870-878.

- 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*(3), 391-403.
- Cizek, O., Zamecnik, J., Tropek, R., Kocarek, P., & Konvicka, M. (2012). Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *Journal of Insect Conservation*, *16*, 215-226.
- Clarke, D., & Robert, D. (2018). Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie*, *49*(3), 386-396.
- Corbet, S. A. (1990). Pollination and the weather. *Israel Journal of Botany*, *39*(1-2), 13-30.
- Crane, E. (1999). Recent research on the world history of beekeeping. *Bee World* *80*, 174–186.
- Crist, T. O., & Ahern, R. G. (1999). Effects of habitat patch size and temperature on the distribution and abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an old field. *Environmental Entomology*, *28*(4), 681-689.
- Danks, H. V. (2006). Insect adaptations to cold and changing environments. *The Canadian Entomologist*, *138*(1), 1-23.
- Davies, A. B., & Asner, G. P. (2014). Advances in animal ecology from 3D-LiDAR ecosystem mapping. *Trends in Ecology and Evolution*, *29*, 681–691.
- Di Giulio, M., Edwards, P. J., & Meister, E. (2001). Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure. *Journal of applied Ecology*, 310-319.
- Ekroos, J., Heliölä, J., & Kuussaari, M. (2010). Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *47*(2), 459-467.
- Enjin, A. (2017). Humidity sensing in insects—from ecology to neural processing. *Current Opinion in Insect Science*, *24*, 1-6.
- Estay, S. A., Lima, M., & Bozinovic, F. (2014). The role of temperature variability on insect performance and population dynamics in a warming world. *Oikos*, *123*(2), 131-140.

Faegri K, van der Pijl L. (1979). The principles of pollination ecology. Oxford, UK:Pergamon Press.

Flick, T., Feagan, S., & Fahrig, L. (2012). Effects of landscape structure on butterfly species richness and abundance in agricultural landscapes in eastern Ontario, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 123-133.

Franc, N., & Götmark, F. (2008). Openness in management: Hands-off vs partial cutting in conservation forests, and the response of beetles. *Biological Conservation*, 141(9), 2310-2321.

Frank, T., & Bramböck, M. (2016). Predatory beetles feed more pest beetles at rising temperature. *BMC Ecology*, 16, 1-7.

Ghazanfar, M., Malik, M. F., Hussain, M., Iqbal, R., & Younas, M. (2016). Butterflies and their contribution in ecosystem: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(2), 115-118.

Gotthard, K., Nylin, S., & Wiklund, C. (2000). Individual state controls temperature dependence in a butterfly (*Lasiommata maera*). *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1443), 589-593.

Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 1-26.

Gottsberger, G. (1977). Some aspects of beetle pollination in the evolution of flowering plants. In *Flowering Plants: Evolution and Classification of Higher Categories Symposium, Hamburg, September 8–12, 1976* (pp. 211-226). Springer Vienna.

Gupta, H., Tiwari, C., & Diwakar, S. (2019). Butterfly diversity and effect of temperature and humidity gradients on butterfly assemblages in a sub-tropical urban landscape. *Tropical Ecology*, 60, 150-158.

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D. & De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS one*, 12(10), e0185809.

- Halsch, C. A., Shapiro, A. M., Fordyce, J. A., Nice, C. C., Thorne, J. H., Waetjen, D. P., & Forister, M. L. (2021). Insects and recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(2), e2002543117.
- Hanley, N., Breeze, T. D., Ellis, C., & Goulson, D. (2015). Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Services*, *14*, 124-132.
- Harris, J. E., Rodenhouse, N. L., & Holmes, R. T. (2019). Decline in beetle abundance and diversity in an intact temperate forest linked to climate warming. *Biological Conservation*, *240*, 108219.
- Harvey, J. A. et al. (2023). Scientists' warning on climate change and insects. *Ecological Monographs*, *93*(1), e1553.
- He, X. J., Tian, L. Q., Wu, X. B., & Zeng, Z. J. (2016). RFID monitoring indicates honeybees work harder before a rainy day. *Insect Science*, *23*(1), 157-159.
- Heepe, L., Wolff, J. O., & Gorb, S. N. (2016). Influence of ambient humidity on the attachment ability of ladybird beetles (*Coccinella septempunctata*). *Beilstein Journal of Nanotechnology*, *7*(1), 1322-1329.
- Heinrich, B. (1974). Thermoregulation in Endothermic Insects: Body temperature is closely attuned to activity and energy supplies. *Science*, *185*(4153), 747-756.
- Hendrickx, F., Maeifalt, J. P., Van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., Augenstein, I., Billeter, R., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekötter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V. & Bugter, R. O. B. (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *44*(2), 340-351.
- Herrera, C. M. (1995). Microclimate and individual variation in pollinators: flowering plants are more than their flowers. *Ecology*, *76*(5), 1516-1524.
- Holý, K., Skuhrovec, J., Saska, P., & Papoušek, Z. (2020). *Pokles diverzity hmyzu v zemědělské krajině a možnosti jejího zvýšení*. Výzkumný ústav rostlinné výroby.

Homburg, K., Drees, C., Boutaud, E., Nolte, D., Schuett, W., Zumstein, P., Von Ruschkowski, E. & Assmann, T. (2019). Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. *Insect Conservation and Diversity*, 12(4), 268-277.

Horák, J., Rada, P., Lettenmaier, L., Andreas, M., Bogusch, P., & Jaworski, T. (2021). Importance of meteorological and land use parameters for insect diversity in agricultural landscapes. *Science of the Total Environment*, 791, 148159.

Hurd, W. E. (1920). Influence of the wind on the movements of insects. *Monthly Weather Review*, 48(2), 94-98.

Jankielsohn, A. (2018). The importance of insects in agricultural ecosystems. *Advances in Entomology*, 6(2), 62-73.

Johansen, L., Westin, A., Wehn, S., Iuga, A., Ivascu, C. M., Kallioniemi, E., & Lennartsson, T. (2019). Traditional semi-natural grassland management with heterogeneous mowing times enhances flower resources for pollinators in agricultural landscapes. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00619.

Kati, V., Zografou, K., Tzirkalli, E., Chitos, T., & Willemse, L. (2012). Butterfly and grasshopper diversity patterns in humid Mediterranean grasslands: the roles of disturbance and environmental factors. *Journal of Insect Conservation*, 16, 807-818.

Kearns, C. A., & Inouye, D. W. (1997). Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bioscience*, 47(5), 297-307.

Keller, I., & Lurgiader, C. R. (2003). Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1513), 417-423.

Kevan, P. G., & Baker, H. G. (1983). Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28(1), 407-453.

Khaliq, A. M., Javed, M., Sohail, M., & Sagheer, M. (2014). Environmental effects on insects and their population dynamics. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(2), 1-7.

- Kharouba, H. M., Paquette, S. R., Kerr, J. T., & Vellend, M. (2014). Predicting the sensitivity of butterfly phenology to temperature over the past century. *Global Change Biology*, 20(2), 504-514.
- Kingsolver, J. G. (1985). Butterfly thermoregulation: organismic mechanisms and population consequences. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 24(1), 1-20.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Kohler, F., Verhulst, J., Van Klink, R., & Kleijn, D. (2008). At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 753-762.
- Kohler, F., Verhulst, J., Knop, E., Herzog, F., & Kleijn, D. (2007). Indirect effects of grassland extensification schemes on pollinators in two contrasting European countries. *Biological Conservation*, 135(2), 302-307.
- Kaplan Z., Danihelka J., Chrtek J. jun., Kirschner J., Kubát K., Štech M. & Štěpánek J. (eds) (2019): Klíč ke květeně České republiky.
- 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(7), e02144.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Luoto, M., & Pöyry, J. (2007). Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(3), 366-376.
- Marini, L., Fontana, P., Battisti, A., & Gaston, K. J. (2009). Agricultural management, vegetation traits and landscape drive orthopteran and butterfly diversity in a grassland–forest mosaic: a multi-scale approach. *Insect Conservation and Diversity*, 2(3), 213-220.
- Mayer, C., Adler, L., Armbruster, W. S., Dafni, A., Eardley, C., Huang, S. Q., Kevan, P.G., Ollerton, J., Packer, L., Ssymank, A., Stout, J. C. & Potts, S. (2011). Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. *Journal of Pollination Ecology*, 3, 8-23.

- McCall, C., & Primack, R. B. (1992). Influence of flower characteristics, weather, time of day, and season on insect visitation rates in three plant communities. *American Journal of Botany*, 79(4), 434-442.
- Mills, S. C., Oliver, T. H., Bradbury, R. B., Gregory, R. D., Brereton, T., Kühn, E., Kuussaari, M., Musche, M., Roy, D.B., Schmucki, R., Stefanescu, C., Van Swaay, C., & Evans, K. L. (2017). European butterfly populations vary in sensitivity to weather across their geographical ranges. *Global Ecology and Biogeography*, 26(12), 1374-1385.
- Nicholson, A. J. (1958). Dynamics of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 3(1), 107-136.
- Niemelä, J. (2001). Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and habitat fragmentation: a review. *European Journal of Entomology*, 98(2), 127-132.
- Öckinger, E., & Smith, H. G. (2006). Landscape composition and habitat area affects butterfly species richness in semi-natural grasslands. *Oecologia*, 149, 526-534.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Ollerton, J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 353-376.
- Omoloye, A. A., & Akinsola, P. A. (2006). Foraging sources and effects of selected plant characters and weather variables on the visitation intensity of honeybee, *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) in the southwest Nigeria. *Journal of Apicultural Science*, 50(1), 39-48.
- Pasek, J. E. (1988). 30. Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22, 539-554.
- Paudel, Y. P., Mackereth, R., Hanley, R., & Qin, W. (2015). Honey bees (*Apis mellifera* L.) and pollination issues: Current status, impacts, and potential drivers of decline. *Journal of Agricultural Science*, 7(6), 93.

- Paz, F. S., Pinto, C. E., de Brito, R. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Giannini, T. C. (2021). Edible fruit plant species in the Amazon forest rely mostly on bees and beetles as pollinators. *Journal of Economic Entomology*, *114*(2), 710-722.
- Pedgley, D. E. (1990). Concentration of flying insects by the wind. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, *328*(1251), 631-653.
- Pires, A. C. V., Barbosa, M., Beiroz, W., Beirão, M. V., Marini-Filho, O. J., Duarte, M., Mielke O. H. H., Ladeira F. A., Nunes U. R. F., Negreiros, D. & Fernandes, G. W. (2020). Altitudinal variation in butterfly community associated with climate and vegetation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *92*(2), 1-13.
- Pivnick, K. A., & McNeil, J. N. (1987). Diel patterns of activity of *Thymelicus lineola* adults (Lepidoptera: Hesperiiidae) in relation to weather. *Ecological Entomology*, *12*(2), 197-207.
- Plascencia, M., & Philpott, S. M. (2017). Floral abundance, richness, and spatial distribution drive urban garden bee communities. *Bulletin of Entomological Research*, *107*(5), 658-667.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, *25*(6), 345-353.
- Puškadija, Z., Štefanić, E., Mijić, A., Zdunić, Z., Parađiković, N., Florijančić, T., & Opačak, A. (2007). Influence of weather conditions on honey bee visits (*Apis mellifera carnica*) during sunflower (*Helianthus annuus* L.) blooming period. *Poljoprivreda*, *13*(1), 230-233.
- Rader, R., Cunningham, S. A., Howlett, B. G., & Inouye, D. W. (2020). Non-bee insects as visitors and pollinators of crops: Biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, *65*, 391-407.
- 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*(2), e2002548117.

Reddi, C. S., & Bai, G. M. (1984). Butterflies and pollination biology. *Proceedings: Animal Sciences*, 93, 391-396.

Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634-647.

Rotrekl, J., & Kolařík, P. (2014). *Výskyt užitečného hmyzu v zemědělské krajině*. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin, 57.

Saska, P., Martinkova, Z., & Honek, A. (2010). Temperature and rate of seed consumption by ground beetles (Carabidae). *Biological Control*, 52(2), 91-95.

Skórka, P., Settele, J., & Woyciechowski, M. (2007). Effects of management cessation on grassland butterflies in southern Poland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(4), 319-324.

Taylor, L. R. (1963). Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology*, 99-117.

Torné-Noguera, A., Rodrigo, A., Arnan, X., Osorio, S., Barril-Graells, H., da Rocha-Filho, L. C., & Bosch, J. (2014). Determinants of spatial distribution in a bee community: nesting resources, flower resources, and body size. *PLoS One*, 9(5), e97255.

Turner, W. R., Brandon, K., Brooks, T. M., Costanza, R., Da Fonseca, G. A., & Portela, R. (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 57(10), 868-873.

Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M. C., & Jordano, P. (2019). Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks. *Scientific Reports*, 9(1), 4711.

Van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A., & Chase, J. M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368(6489), 417-420.

Van Swaay, C., Collins, S., Dušej, G., Maes, D., Munguira, M. L., Rakosy, L., Ryrholm, N., Šašić, M., Settele, J., Thomas, J. A., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M. Wiemers, M. &

Wynhoff, I. (2012). Dos and Don'ts for butterflies of the Habitats Directive of the European Union. *Nature Conservation*, 1, 73-153.

Vanbergen, A. J., & Initiative, T. I. P. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 251-259.

Vicens, N., & Bosch, J. (2000). Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29(3), 413-420.

Vrabcová, P., & Hájek, M. (2020). The economic value of the ecosystem services of beekeeping in the Czech Republic. *Sustainability*, 12(23), 10179.

Warren, M. S., Maes, D., van Swaay, C. A., Goffart, P., Van Dyck, H., Bourn, N. A., Wynhoff, I., Hoare, D. & Ellis, S. (2021). The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), e2002551117.

Wasserthal, L. T. (1975). The role of butterfly wings in regulation of body temperature. *Journal of Insect Physiology*, 21(12), 1921-1930.

Westerkamp, C. (1991). Honeybees are poor pollinators—why? *Plant Systematics and Evolution*, 177, 71-75.

Wikström, L., Milberg, P., & Bergman, K. O. (2009). Monitoring of butterflies in semi-natural grasslands: diurnal variation and weather effects. *Journal of Insect Conservation*, 13, 203-211.

Williams, C. B. (1961). Studies in the effect of weather conditions on the activity and abundance of insect populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 244, 331-78.

Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D. P., LeBuhn, G., & Aizen, M. A. (2009). A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90(8), 2068-2076.

Wojcik, V. A., Frankie, G. W., Thorp, R. W., & Hernandez, J. L. (2008). Seasonality in bees and their floral resource plants at a constructed urban bee habitat in Berkeley, California. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 81(1), 15-28.

Woyke, J., Wilde, J., & Wilde, M. (2003). Flight activity reaction to temperature changes in *Apis dorsata*, *Apis laboriosa* and *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Science*, 47(2), 73-80.

Wratten, S. D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2012). Pollinator habitat enhancement: benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 112-122.

Přílohy

Tab. 25: Tabulka studovaných lokalit v Polabí a jejich souřadnice

Název lokality	Ochrana	X	Y
Bučický mlýn	ZCHÚ	50.3192	15.1992
Bučický mlýn 2	bez ochrany	50.2923	15.2209
Javorka	ZCHÚ	50.3439	15.4258
Javorka 2	bez ochrany	50.3387	15.4478
Kačina	ZCHÚ	49.9839	15.3278
Kačina 2	bez ochrany	49.9829	15.3487
Louky u Choťánek	ZCHÚ	50.1409	15.1587
Louky u Choťánek 2	bez ochrany	50.1286	15.1774
Mydlovarský luh	ZCHÚ	50.1778	14.9246
Mydlovarský luh 2	bez ochrany	50.1788	14.925
Oškobrň	ZCHÚ	50.1454	15.2202
Oškobrň 2	bez ochrany	50.1357	15.2417
Pamětník	ZCHÚ	50.1106	15.4469
Pamětník 2	bez ochrany	50.1195	15.4448
Polabské hůry	ZCHÚ	50.1623	14.8356
Polabské hůry 2	bez ochrany	50.1652	14.8439
Semická hůra	ZCHÚ	50.1592	14.8702
Semická hůra 2	bez ochrany	50.1666	14.8783
Skalka u Velimi	ZCHÚ	50.0603	15.1305
Skalka u Velimi 2	bez ochrany	50.0563	15.1192
Sládkova stráž	ZCHÚ	50.0715	15.0368
Sládkova stráž 2	bez ochrany	50.0735	15.0267
Stráž u Chroustova	ZCHÚ	50.0657	14.9953
Stráž u Chroustova 2	bez ochrany	50.0585	14.9837
Tonice Bezedná	ZCHÚ	50.0868	15.1764
Tonice Bezedná 2	bez ochrany	50.0952	15.1802
Velenka	ZCHÚ	50.1521	14.9062
Velenka 2	bez ochrany	50.1512	14.9098
Vinný vrch	ZCHÚ	50.1759	15.2381
Vinný vrch 2	bez ochrany	50.1758	15.2419