



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra biologických disciplín

Bakalářská práce

Denní motýli českých zoologických zahrad:
Vyhodnocení kolektivního projektu

Autor(ka) práce: Karolína Sýkorová

Vedoucí práce: doc. Mgr Konvička Martin, Ph.D.

Konzultant práce: doc. RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Abstrakt

Práce se zabývá inventarizací denních motýlů 20 českých zoologických zahrad v letech 2022–2023. Fauna denních motýlů českých zoologických zahrad je pestrá a různorodá. Bylo zde zjištěno 56 denních motýlů (Papilionoidea) a 3 vřetenušky (Zygaenidae). Nálezy 14 druhů figurujících v Červeném seznamu (1 ohrožený, 3 zranitelné, 10 téměř ohrožených) zdůrazňují význam ZOO pro ochranu domácí fauny.

Regresní analýzy ukázaly, že početnost motýlích druhů v zoo určují stejné faktory jako v jiných zřetelně vymezených územích, tedy rozloha (korelovaná s nákladností a návštěvností) a rozvýšení coby proxy stanovištní diverzity. Výsledky nepřímé (DCA) a přímých (RDA) ordinací neodhalily žádné prediktory vysvětlující druhové složení jednotlivých ZOO – což je pravděpodobně dáno relativně malým N vzhledem k obrovské různorodosti zahrad jako takových.

Klíčová slova: zoologická zahrada, denní motýli, druhové bohatství, ordinační analýza

Abstract

The thesis analyses inventory of butterflies in 20 Czech Republic zoological gardens, carried out in 2022–2023. The butterfly fauna of individual ZOOS is diverse and highly variable. In total, 56 butterflies and 3 burntet moths were recorded. Records of 14 species included in the national red list (1 endangered, 3 vulnerable, 10 near threatened) emphasize the conservatoin potential of ZOOS.

Regressions of species richness revealed importance of the factors, which affect species richness of other clearly delimited land units, namely on area (correlated with annual budget and numbers of visitors in case of the ZOOS) and altitude range, as proxy for habitat diversity. Applying indirect (DCA) and direct (RDA) ordination methods failed to detect predictors of species' composition. This was probably due to relatively small sample size, compared with the diversity of individual ZOOS.

Keywords: zoological garden, butterflies, species richness, ordination analysis

Poděkování

Největší poděkování patří mému školiteli doc. Mgr Martinovi Konvičkovi, Ph. D za jeho ochotu, pomoc, čas a cenné rady, dále Dr. Michalu Holcovi a prof. Davidovi Modrému, kteří celý projekt inventarizace motýlů v ZOO pomohli zorganizovat. Také bych ráda poděkovala Mgr. Zdeňkovi Fricovi, Ph. D, který se mnou také absolvoval cesty do ZOO, a všem dvaceti lepidopterologům, kteří se podíleli na inventarizaci a dali mi důvěru ke zpracování společně získaných dat.

Obsah

Úvod.....	6
1 Literární přehled.....	8
1.1 Zoologické zahrady a motýli.....	8
1.2 Srovnávací studie společenstev denních motýlů.....	9
1.3 Městské parky jako analog zoologických zahrad.....	12
2 Metodika	14
2.1 Zoologické zahrady v ČR.....	14
2.2 Inventarizace motýlů.....	14
2.3 Vysvětlující proměnné	16
2.4 Statistická analýza.....	19
3 Výsledky	21
3.1 Přehled získaných dat.....	21
3.2 Vzájemné vztahy prediktorů	24
3.3 Prediktory počtu druhů motýlů	25
3.4 Druhové složení denních motýlů	27
4 Diskuse.....	29
Závěr	33
Seznam použité literatury.....	35
Seznam obrázků	46
Seznam tabulek	47
Seznam použitých zkratk.....	48

Úvod

Zoologické zahrady jsou rekreačně-vzdělávací instituce, které seznamují veřejnost s životem divokých zvířat. Věnují se ochraně biodiverzity, výzkumu, monitorování druhů, také vzdělávají a informují veřejnost, pro kterou jsou ZOO zábavnou volnočasovou aktivitou. V ČR máme 29 veřejných a desítky menších zoologických zařízení. V rámci edukační činnosti zoologické zahrady propagují ochranu druhů i naší fauny, především těch ohrožených a vzácných. Zoologické zahrady se zabývají také vědeckými a výzkumnými činnostmi, kdy podporují různé studie či záchranné projekty, které vedou k lepšímu pochopení potřeb konkrétních druhů a jejich zachování (Veselovský 1983, Rees 2011, Bobek 2022).

Ikonickou skupinou, na níž lze ukázat problémy ochrany přírody a životního prostředí, jsou denní motýli. Jsou pro laickou veřejnost atraktivní hmyzí skupinou pro svůj nápadný vzhled, denní aktivitu, relativně snadnou rozpoznatelnost a v neposlední řadě přiměřeně nízký počet druhů. Motýli představují významnou složku celosvětové biologické rozmanitosti a hrají také klíčovou roli ve fungování ekosystémů, včetně opylování rostlin a koloběhu živin. V České republice je známo přibližně 160 druhů denních motýlů, oproti více než 3000 motýlů nočních (Laštůvka a Liška 2011). Z oněch 160 se přibližně 10 procent pokládá za vyhynulé a přibližně polovina zbytku za různou měrou ohrožené (Beneš a Konvička 2017). Co do ohrožení motýlí fauny tak ČR patří mezi nejhůře postižené země v Evropě (Maes et al. 2019).

Hlavními příčinami tohoto neutěšeného stavu jsou ztráta přirozeného prostředí, používání pesticidů, klimatické změny a fragmentace motýlích habitatů. (Čížek et al. 2019). Krajina změněná urbanizací, intenzivním zemědělstvím a lesnictvím nenabízí dostatek vhodných motýlích habitatů a tato přirozená prostředí se stávají čím dál více fragmentovaná, což ztěžuje motýlům schopnost nalézt potravu, partnery a vhodná místa pro vývoj (Maes et al. 2019). Situaci zhoršují klimatické změny, které mohou ovlivnit rozsah a dostupnost vhodných prostředí. Také nešetrné moderní zemědělství, které užívá velké množství škodlivých pesticidů, hubí kromě škůdců i hmyz, který není cílovým druhem, včetně motýlů.

Ohrožení motýlů varuje před srovnatelně špatnou situací hmyzu jako celku (Čížek et al. 2009, Hallmann et al. 2017, Goulson 2019, Wagner 2020). Současně lze právě na motýlech demonstrovat hrozby hmyzí fauně a představit možnosti řešení. Na tom se v rámci svých možností podílejí i zoologické zahrady. Činí tak prostřednictvím

instalace různých naučných cedulí, vysazováním larválních živných rostlin ve svých areálech, aktivní péči o stanoviště atraktivních druhů, zvyšováním nabídky nektaru (tzv. “motýlí keře”), zřizováním tzv. hmyzích hotelů, a podobně. K těmto iniciativám lze řadit i inventarizační faunistické průzkumy v areálech ZOO.

Mají-li ZOO efektivněji rozvíjet ochranu motýlů ve svých areálech, musí především vědět, jaké druhy se zde vyskytují a jaké faktory ovlivňují složení jejich motýlí fauny. Proto jsem se zapojila do celostátního projektu inventarizace denních motýlů dvaceti českých ZOO, na němž se podílel tým zkušených entomologů, a následně jsem společně získaná data analyzovala s cílem zodpovědět následující otázky:

- Jak bohatá je fauna denních motýlů českých ZOO, jak jsou zde zastoupeny druhy významné pro ochranu přírody?
- Jaké faktory prostředí ovlivňují druhové bohatství denních motýlů ZOO? Lze detekovat vliv faktorů specifických pro zoologické zahrady, jako jsou návštěvnost, rozpočet, nebo sbírky chovaných zvířat?
- Jaké faktory prostředí ovlivňují složení druhů denních motýlů ZOO?

Zodpovězením těchto otázek se snažím vyhodnotit, jaký je potenciál ZOO pro ochranu našich denních motýlů, a poskytnout rady, jak tento potenciál zlepšit.

1 Literární přehled

1.1 Zoologické zahrady a motýli

Protože hmyz fascinuje miliony lidí a motýli patří k nejpobulárnějším hmyzím skupinám, není překvapením, že i zoologické zahrady a další podobné instituce prezentují motýly a další hmyz veřejnosti (Pearce-Kelly et al. 1991; Adler et al. 2011). Saul-Gershenz (2009) popisuje, že vedle expozič s hmyzem v narůstajícím počtu ZOO najdeme na světě více než 100 specializovaných „hmyzích ZOO“, které vystavují živý hmyz a jiné členovce, a získaly si uznání pro svou širokou přitažlivost a obrovskou vzdělávací hodnotu.

Expozice s hmyzem najdeme vedle klasických zoologických zahrad i v přírodovědných muzeích, botanických zahradách, veřejných parcích, zahradnických centrech, zábavních centrech, přírodních zahradách, v rezervacích, na univerzitách či na soukromých pozemcích. Některá zařízení jsou kombinací hmyzích zoo a motýlích domů.

Zatímco „hmyzí ZOO“ prezentují hmyz v umělém prostředí terárií, skleníků či insektárií, existuje řada snah, jak hmyz představit návštěvníkům přímo v jeho biotopu. Vedle naučných stezek v rezervacích (a péče o přírodní území zacílené na hmyz: Konvička et al. 2005, 2006) patří k těmto aktivitám výsadby živných a nektaronosných rostlin (Dole 2003, Daniels et al. 2008), zřizování takzvaných „motýlích luk“ (Deschamps-Cottin et al. 2023) či specializované režimy péče o vegetaci (Garbuzov et al. 2015, Lerman et al. 2018, Dylewski et al. 2019). Například dočasně nesečené pásy v travních porostech opatřené vysvětlujícími cedulemi najdeme i v zástavbě Českých Budějovic (Edwin 2019). Taková osvětově-ochranářská opatření opět najdeme od přírodních rezervací přes veřejné parky, sportoviště a univerzitní kampusy (Bora a Maitei 2014) po zoologické zahrady.

Studií, které by sledovaly volně žijící motýly v areálech zoologických zahrad, je v literatuře překvapivě málo a zpravidla se zabývají detailním popisem fauny jediné ZOO. Mezi publikovanými studiemi nápadně převažují publikace z tropických oblastí. Příkladem jsou ZOO Pinnawala na Srí Lance (Levhan et al. 2024), ZOO Nainital v Himálajích, indickém státě Uttarakhand (Meena a Dayakrishna 2017), ZOO v Lakhnaú, hlavním městě indického státu Uttarpraděš (Sushmita, S. B. et al. 2021) nebo ZOO Parque Estadual Dois Irmãos v metropolitní oblasti Recife v Brazílii (Melo et al. 2019).

V České republice byla detailně zkoumána fauna motýlů, včetně motýlů nočních, v ZOO Praha (Hula 2022). V období mezi lety 2021–2023 zde autor zjistil 42 druhů denních motýlů, 5 druhů vřetenušek a 282 druhů velkých nočních motýlů, celkem tedy 329 druhů, a to i přes fakt, že značná část sezony 2022 propršela, což se projevilo na počtech motýlů. Také zde bylo potvrzeno několik druhů chráněných zákonem nebo druhů ohrožených, zranitelných nebo téměř ohrožených z Červené knihy bezobratlých České republiky (Hejda et al., 2017). Nejvýznamnější zjištěný noční druh, travařka Nickerlova (*Luperina nickerlii*) z čeledi můrovitých (Noctuidae), se vyskytuje v ČR jen ve třech populacích, z nichž jedna je právě v zoo.

Obecně se tedy ukazuje, že v zoologických zahradách mohou žít ochránářsky významné druhy motýlů a že badatelský zájem o tyto lokality se týká spíše tropických „rozvojových“ zemí. Pokud už se nějaký výzkum děje v Evropě, zaměřuje se vedle denních motýlů na motýly noční. V literatuře úplně chybí srovnání většího počtu zoologických zahrad například v rámci jednoho státu.

1.2 Srovnávací studie společenstev denních motýlů

Pro každé srovnání společenstev většího počtu lokalit jsou prvním předpokladem data o těchto společenstvech. Data mohou být kvalitativní, kvantitativní nebo semikvantitativní. Pro denní motýly jsou klasickým příkladem kvalitativních dat seznamy druhů, inventarizující jejich počty např. pro státy či jiné administrativní celky nebo pro velkoplošná chráněná území (Konvička et al. 2006, Pinkert et al. 2022, Das et al. 2023).

Kvantitativní data jsou získávána z monitorovacích projektů, typicky sčítáním podél fixních transektů (nejde ovšem o skutečné počty jedinců, ale o počty relativní). Typickým příkladem takových dat je Butterfly Monitoring Scheme, zavedené původně ve Velké Británii a postupně expandující do dalších evropských zemí (van Swaay et al. 2008) včetně České republiky (Konvička et al., 2019). K získání tohoto typu dat je potřebný jen funkční zrak a entomologická síť, přičemž motýli jsou po identifikaci obvykle vypuštěni. Zejména v tropických oblastech, kde mnoho druhů aktivuje v korunách stromů, doplňuje tuto metodu často použití závěsných návnadových pastí (Restrepo a Halfpeter 2013, Maicher et al. 2020). Jiné automatické pasti, které hmyz usmrcují, jsou pro denní motýly používány spíše vzácně, byť i takové studie existují

(např. barevné misky imitující květy: Čížek et al. 2003; Malaiseho pasti: Hallmann et al. 2017).

Nejčastějším typem dat ovšem jsou data semikvantitativní, kdy je během návštěvy území sledována abundance přibližná, na předem smluvené škále (Bartoňová et al. 2016, Tiitsaar et al. 2019). Pro vzájemnou porovnatelnost je ideální, jsou-li cílová území vzorkována se shodnou intenzitou – což je samozřejmostí u standardizovaných transektů. Obecně je řešením předem smluvený počet návštěv, který bývá přizpůsoben tomu, aby pokryl všechny hlavní fenologické aspekty (Bartoňová et al. 2016, Melo et al. 2019).

Společenstva motýlů lze srovnávat mezi nejrůznějšími typy území. Nejčastěji jde o srovnání společenstev motýlů v přírodních rezervacích (Öckinger et al. 2012, Šlancarová et al. 2014, Rada et al. 2019, Riwidiharso et al. 2020, Uhl et al. 2020) včetně rezervací v perimetru velkoměsta (Kadlec et al. 2008) nebo obecněji fragmentů přírodních prostředí v pozměněné krajině (Steffan-Dewenter & Tschamntke 2000, Krauss et al. 2003). Častým předmětem studií je také hospodaření v krajině. Příkladem jsou práce srovnávající dopady různého typu lesního hospodaření, ať v mírném pásu (Fartmann et al. 2013, Weiss et al. 2021, Vrba et al. 2024) nebo v tropech (Lewis 2001, Hamer et al. 2003, Montejo-Kovacevich et al. 2022). Totéž platí o dopadech zemědělského hospodaření (Rundlof a Smith 2006), péče o louky (Bruppacher 2016, Bubová et al. 2015) nebo pastvy (Pöyry et al. 2004). Podobně lze studovat výrazné prvky v krajině, například opuštěné vojenské prostory (Čížek et al. 2013), post-těžební objekty typu lomů nebo výsypek (Beneš et al. 2003, Lenda et al. 2012, Tropek et al. 2010, Tropek et al. 2013) nebo průmyslové objekty (Macgregor et al. 2022). Vzhledem k podobným rysům se zoologickými zahradami – infrastruktura pro návštěvníky, úprava zeleně atd. – jsou relevantními pracemi srovnávací studie území, jako jsou městské parky (Kumar et al. 2014, Sing et al. 2016) nebo univerzitní kampusy (Tiple et al. 2007).

Při studiích společenstev může být cílem srovnávat počet druhů, nebo jiné „jednorozměrné“ závislé proměnné (např. druhová diverzita, ekvitabilita, počet či relativní podíl ohrožených druhů a podobně) (Öckinger et al. 2012, Šlancarová et al. 2014). Při studiu počtu druhů je teoretickým základem vzrůst počtu druhů s velikostí plochy, vycházející z teorie ostrovní biogeografie (MacArthur and Wilson 2001). Počty druhů však vedle velikosti území a jeho geografické polohy (Konvička et al. 2006, Pinkert et al. 2022, Das et al. 2023) mohou ovlivňovat i další vlastnosti

sledovaných lokalit. Někdy je popisován kladný vztah počtu druhů k vnitřní členitosti, kterou lze popsat například rozvýšením (definované rozdílem maximální a minimální nadmořské výšky) (Kadlec et al. 2008), počtem typů habitatů (Šlancarová et al. 2014) nebo bohatostí flory a vegetace (např. Kadlec et al. 2008, Han et al. 2022, Deschamps-Cottin et al. 2023). Počet druhů může být ovlivněn i managementem stanovišť. V tradičně obhospodařované zemědělské krajině bývá vyšší než v intenzivních zemědělských režimech (Bubová et al. 2015). V lesním prostředí může platit opak, kdy najdeme více druhů v disturbovaných lesích než v lesích bez narušení (Weiss et al. 2021). Dále, protože motýli jsou mobilní zvířata, může jejich výskyt v území souviset s průchodností okolí neboli kvalitou okolního území. Tak Rundlof a Smith (2006) zjistili, že pozitivní vliv organického zemědělství je výraznější v členité krajině. Šlancarová et al. (2014) rozpoznali, že jihomoravské stepní rezervace obsahují víc motýlů, jsou-li obklopeny biotopově pestrou krajinou. K podobným výsledkům dospěli Perovič et al. (2015) srovnáním motýlů přírodních trávníků v Německu nebo Flick et al. (2012) v Kanadě.

Specifičtější odpovědi, než jednorozměrné kvantitativní charakteristiky typu počtu druhů či druhové diverzity, může poskytnout studium druhového složení společenstev. To je prováděno mnohorozměrnými (nebo též ordinačními) statistickými metodami (Ter Braak C.J.F. a Šmilauer 2018). Charakteristickou otázkou v takových studiích je, jak nějaká vlastnost prostředí (rozloha, rozvýšení, management aj.) ovlivní složení společenstev zájmové skupiny (např. Kadlec et al. 2008, Šlancarová et al. 2014, Weiss et al. 2021). Vedle statistických testů jsou výsledky prezentovány pozicemi druhů v ordinačních diagramech. Nevýhodou tohoto přístupu je špatná přenositelnost poznatků mezi taxony a biogeografickými oblastmi. Zatímco veličinám jako je počet druhů či diverzita (motýlů) bude rozumět i kolega studující australské korálové ryby, v případě zjištění, že „druhy X a Y reagují negativně na otevření stromového patra, protože jejich housenky se preferenčně vyvíjejí ve stínu“ musí takový kolega věřit autorovi, že zná svou zájmovou skupinu a dovede výsledky mnohorozměrných analýz správně interpretovat.

Řešením, jak zobecnit analýzy druhového složení, je zaměření analýz na funkční vlastnosti sledovaných druhů (McGill et al. 2006). „Funkční vlastnost“ (life history trait, functional trait) je jakákoli měřitelná vlastnost druhu (či populace) s potenciálem ovlivnit fitness jedinců i jejich ekologický potenciál. Druhové identity jsou v takovém případě překódovány do funkčních vlastností a v analýzách se pracuje s nimi. Takto

například Konvička et al. (2021) ukázali, že pastva velkých kopytníků v bývalém vojenském prostoru upřednostnila drobné motýly vyvíjející se na bylinách před většími druhy vyvíjejícími se na travách a keřích. S funkčními vlastnostmi lze pracovat samostatně (badatele zajímá, jaká funkční vlastnost reaguje na ekologický proces, například pastvu), nebo z nich lze počítat diverzitu, vyrovnanost a další kvantitativní charakteristiky, a následně testovat, zda nějaký proces snížil nebo zvýšil funkční diverzitu společenstva. Byť je populární přístup přes funkční vlastnosti někdy prezentován jako žhavá novinka, lze jej odhalit už v publikacích prvních ekologů společenstev, kteří v analýzách pracovali samostatně s „funkčními skupinami“ zájmových organismů (Stearns 1977).

1.3 Městské parky jako analog zoologických zahrad

Protože neexistují srovnávací studie motýlů zoologických zahrad, zaměřila jsem se podrobněji na studie městských parků a podobných lokalit. Městský park má se zoologickou zahradou společné to, že je tvořen udržovanou zelení, obsahuje podobnou návštěvnickou infrastrukturu (chodníky, odpočinková místa, vodní toky či plochy) a je zpravidla obklopen urbanizovanou krajinou.

Celá řada studií z nejrůznějších regionů dokazuje, že parky a jiná městská zeleň mohou být pro motýly důležitými útočišti. Zvláště nápadné to je v hustě zalidněných oblastech s pestrou, leč značně pozměněnou přírodou. Klasická studie městských zelených ploch (zbytkových lesů) v městském státě Singapur potvrdila přítomnost 56 druhů, přičemž zbytkové lesy byly druhově bohatší než parky, a vzájemně propojené zelené plochy byly bohatší, než plochy nepropojené (Koh and Sondhi 2004). Z městských zelených ploch v jiných tropických oblastech pochází informace o ještě vyšších počtech druhů: 75 druhů v městských parcích argentinského města Corrientes (Lazzeri et al. 2011), 78 v jediném parku v brazilském městě Belo Horizonte (Soares et al. 2012) a 130 druhů v brazilském městě Santa Maria (Lemes et al. 2015). Třináct parků v Hong Kongu hostilo 58 druhů (Tam a Bonebrake 2016). Ovšem i v mírném pásu může městská zeleň hostit bohatá motýlí společenstva, což ukázali Kadlec et al. (2008) na příkladu Prahy a Horák et al. (2022) na příkladu Pardubic. Öckinger et al. (2009) zjistili, že zelené plochy ve švédském městě Malmö hostily jen o nepatrně méně druhů než srovnatelné plochy v příměstské venkovské krajině. To ovšem, spíše než o

bohatství městských stanovišť, svědčí o ochuzení venkovských stanovišť v jižním Švédsku.

Prakticky všechny srovnávací studie ukázaly, že počet druhů motýlů roste s velikostí parků a jejich propojeností s jinými přírodními prvky (Kadlec et al. 2008, Restrepo a Hlafter 2013, Su et al. 2015, Sing et al. 2016, Lin et al. 2023). Když ale od proměnných, jako je velikost, odhlédneme, ukazuje se, že parky osázené regionálně původními druhy rostlin jsou na motýly bohatší, než parky s převažujícími výsadbami exotů (Chong et al. 2014). Dále diverzitu motýlů a zastoupení vzácnějších či ochranně významných druhů kladně ovlivňuje přítomnost neudržovaných, zanedbaných či jinak „zdivočelých“ ploch (Sing et al. 2016), ideálně s bohatou prostorovou strukturou vegetace (Han et al. 2022). I v mírném pásu, kde je klasickým motýlím biotopem spíše luční než lesní biotop, bylo zjištěno, že ruderalizované trávníky hostí více motýlů než trávníky pečlivě udržované (Ockinger et al. 2009).

Všechny tyto poznatky nemusí být jen teoretické, jak ukazuje jejich praktické použití při záměrné tvorbě motýlích biotopů ve městech. Deschamps-Cottin et al. (2023) popsali dvanáct let monitoringu motýlů v městském parku Parc Urbain des Papillons v Marseille, který, jak název naznačuje, byl designován speciálně pro motýly s konkrétním cílem pomoci typickým druhům evropského Středomoří. Díky výsadbám původních živných i nektaronosných rostlin a vhodné péči o vegetaci se postupně téměř zdvojnásobil počet druhů. Podobné příklady, byť ne tak detailně zdokumentované, jsou publikovány i z jiných geografických oblastí, například indického státu Kerala (Revathy et al. 2014).

2 Metodika

2.1 Zoologické zahrady v ČR

Odpověď na otázku, kolik je v České republice v současnosti zoologických zahrad, je složitější, než by se zdálo. Vedle dlouhodobě zavedených veřejných ZOO totiž existují desítky soukromých chovatelských zařízení, která jsou rovněž přístupná veřejnosti. Status ZOO právně upravuje Zákon č. 162/2003 Sb. O podmínkách provozování zoologických zahrad a o změně některých zákonů (zákon o zoologických zahradách). Zavedené a mezinárodně respektované ZOO jsou vesměs členy Evropské asociace zoo a akvárií (EAZA) a současně Unie českých a slovenských zoologických zahrad (UCSZOO) (celkem 14 zahrad). Další dvě zavedené ZOO nejsou členy EAZA, ale jsou členy UCSZOO. I mezi ne-členy UCSZOO najdeme hojně navštěvované instituce s rozsáhlými areály, bohatými rozpočty a zajímavými sbírkami zvířat.

Z hlediska historie je nejstarší českou veřejnou ZOO, která stále působí ve stejné lokalitě, ZOO Liberec, založená roku 1904. Hlavní město Praha muselo na svou ZOO čekat až do roku 1931. Zahrady v Lešné, Plzni nebo Ústí nad Labem vznikly postupnou transformací ze soukromých institucí. Rozkvět zakládání ZOO se datuje do let těsně po 2. světové válce, kdy vznikly zoologické zahrady ve městech jako Brno, Děčín, Olomouc nebo Ostrava. Druhým boomem je doba po roce 1989, kdy vznikají desítky drobnějších soukromých, městských nebo například školních institucí.

Největší českou ZOO dle rozlohy je Zoopark Chomutov (112 ha, ale jen 60 ha expoziční plochy). Po ní následují ZOO v Ostravě (100 ha), Dvoře Králové (72 ha), Brně (65 ha) a Praze (58 ha). Nejvíce druhů (bez rybovitých obratlovců a bezobratlých) chová ZOO v Plzni (≈ 880), následovaná Prahou (≈ 600) a Dvorem Králové (≈ 280).

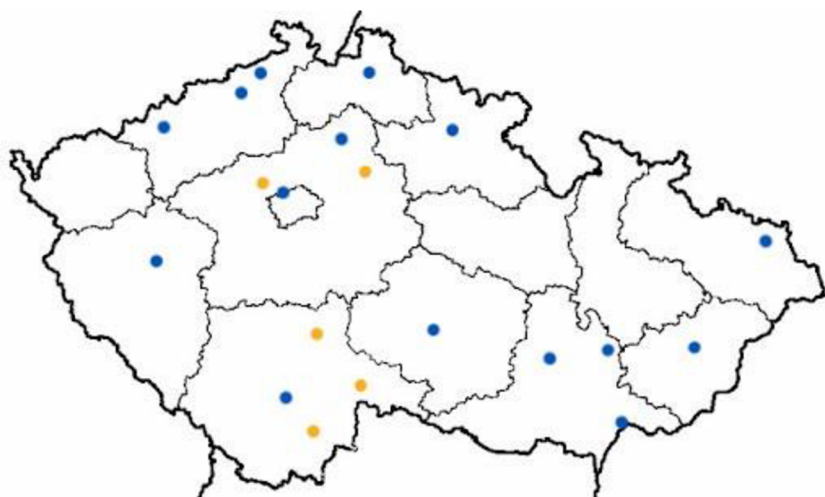
2.2 Inventarizace motýlů

Na samém začátku oslovil školitel spolu s Dr. Michalem Holcem z University Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem a prof. MVDr. Davidem Modrým z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně širší okruh aktivních lepidopterologů z celé ČR a přednesl jim návrh provést jednotnou metodikou rychlou inventarizaci denních motýlů v co největším počtu ZOO v ČR. Po pozitivním ohlasu

byly osloveny všechny veřejné zoologické zahrady – členové UCSZOO.

Lepidopterologové si je mezi sebou rozdělili podle místa svého bydliště, přičemž jim nebylo bráněno přibrat si dle vlastního výběru i soukromé ZOO založené po roce 1989.

Celkově se podařilo zinventarizovat 20 ZOO (15 členů UCSZOO, 5 nečlenů). Sama jsem měla na starosti ZOO v Brně a ve Vyškově (**Tabulka 1, Obr. 1**).



Obrázek 1: Mapka České republiky zachycující polohu zoologických zahrad, kde proběhla inventarizace denních motýlů. Modře jsou zobrazeny členské zahrady UCSZOO, žlutě nečlenové UCSZOO.

Aby byly podchyceny fenologické změny během roku, návštěva každé ZOO se opakovala čtyřikrát, vždy jednou měsíčně od května do srpna, v počasí vhodném pro aktivitu motýlů. Mapovatelé chodili po návštěvnických trasách podél expozic, kde věnovali pozornost potenciálně vhodným stanovištím motýlů, tj. kvetoucím bylinám, keřům a stromům, porostům potenciálních živných rostlin, různým ruderalním plochám typu stavenišť, případně uměle vytvořeným hmyzím loukám. V případě dohody s vedením ZOO mohli i do běžně nepřístupných částí zázemí zahrady. U všech zjištěných druhů byly zaznamenávány početnosti (do cca 10 kusů na návštěvu přesné počty, dále zaokrouhlo na desítky, ve výjimečných případech stovky). Do datové tabulky se vedle zjištěných druhů zaznamenávaly čas návštěvy (v hodinách od–do), slunečnost (slunečno, polojasno, zataženo), síla větru (bezvětrí, slabý vánek, silnější vítr) a konečně to, jak velkou část ZOO mapovatel propátral (necelou návštěvnickou trasu, celou návštěvnickou trasu, více než návštěvnickou trasu, tj. i zázemí).

2.3 Vysvětlující proměnné

Proměnné použité k porovnání ZOO (**Tabulka 1**) byly: (i) rozloha (v ha); (ii) rozloha expoziční plochy (v ha); (iii) stáří ZOO (v letech); (iv) zeměpisná poloha, určená jako kardinální koordináty středu ZOO; (v) rozvýšení ZOO, určené odečtením nejvyšší a nejnižší nadmořské výšky; (vi) celkové roční výdaje ZOO (v mil. Kč); (vii) velikost sbírek, konkretizovaná počtem druhů a kusů savců, ptáků, studenokrevných čtvernožců; (viii) typ ZOO, tj. venkovská, předměstská, městská; (ix) roční počet návštěvníků; (x) okolí, tj. procento v okolí ZOO zaujímané konkrétním typem krajiny.

Všechny tyto proměnné byly získány z výročních zpráv jednotlivých ZOO, případně jejich webových stránek a mapových podkladů. Pro drobné soukromé ZOO, pro něž nebyly k dispozici informace o nákladech, výnosech a velikosti sbírek, jsem použila průměry ze dvou ZOO s nejnižšími hodnotami.

Pro popis složení krajiny v okolí ZOO jsem použila program QGIS, ve kterém jsem každou ZOO obtáhla polygonem o rozměrech 2x delší a 2x kratší strana (**viz Obr. 1**). V takto definovaném “okolí ZOO” jsem vykreslovala plochy následujících typu krajinných pokryvů: (a) les – tj. souvislý uzavřený; (b) pole, louky – tj. agrocenózy; (c) lesostep, sady – tj. části s přerušovaným lesním porostem; (d) město – tj. městská zástavba, oblasti centra měst, sídliště apod.; (e) předměstí – tj. okrajové části měst; (f) venkov – tj. zástavby a domy vesnického typu; (g) průmysl – průmyslová zástavba; (h) voda – vodní plochy



Obrázek 2: Mapa okolí ZOO Praha s vykreslenými jednotlivými částmi krajinných typů.

Tabulka 1: Přehled sledovaných ZOO, lepidopterologů, kteří v nich sledovali denní motýly, a vysvětlujících proměnných, získaných převážně z výročních zpráv jednotlivých institucí.

	mapovatel	rozloha (ha)	expozice (ha)	stáří (roky)	latituda	longituda	altituda (m)	rozvýšení (m)	náklady (mil Kč)	DrSavci	DrPtáci	DrHerptiles	DrBezRyb	KsSavci	KsPtáci	typ	návštěvnost (tis. osob)	OkLes (%)	OkPoleLouky (%)	OkLSstep (%)	OkMesto (%)	OkVenkovskázástaba (%)	OkIndustriál (%)	OkSuburbia (%)	OkVoda (%)
Brno	K. Sýkorová	65	25	70	49.23	16.53	285	90	130.6	83	60	72	215	355	226	P	290	20	0	3.3	39	1.4	3.6	4.3	3.2
Děčín	M. Holec	6	5.1	74	50.78	14.20	230	30	26.3	45	53	17	115	153	154	V	134	99	0	0	0	0	1	0	0
Dvorec u Borovan	Z. Faltýnek Fric	6	2	6	48.87	14.66	475	0	12	52	21	37	110	52	21	V	66	61.4	19.6	14.3	0	0	3.2	0	1.4
Dvůr Králové	J. Papp Marešová	72	63	77	50.43	15.80	313	25	282.8	88	138	52	278	914	1114	P	669	8.3	55	1.4	0	4.4	1.7	27	28
Hluboká	A. Sucháčková	6	5.7	84	49.04	14.42	405	10	52.0	47	116	52	215	400	684	V	278	9.6	45.3	11.7	0	0.3	4.4	0	19
Hodonín	J. Uříčář	8	7	46	48.86	17.11	175	0	46.0	39	44	14	97	126	142	V	180	50.8	9.6	30	0	0	9.7	0	0
Chleby	D. Holcová	4.4	0.5	26	50.23	15.09	198	5	12	28	35	12	75	115	95	V	92	0	74	1.5	0	23.8	0.7	0	0
Chomutov	M. Holec	112	60	48	50.48	13.42	353	15	84.1	59	68	24	151	364	409	P	210	11.7	11.2	0.26	26	7.3	27.2	2.3	15
Jihlava	P. Vrba	9	5.4	66	49.40	15.60	490	20	69.9	114	39	68	221	559	221	P	354	37.9	1.2	3.2	28	0	9.2	19	2.4
Lešná	L. Spitzer	52	25.8	75	49.28	17.72	283	35	196.4	42	109	26	177	235	814	V	506	3	80.4	1.4	0	1.3	1.7	10	2
Liberec	M. Holec	14	7.5	119	50.78	15.08	405	30	139.7	59	56	29	144	276	242	P	369	39	0	4	0	0	0.8	55	1.6
Mladá Boleslav	T. Kadlec	0.4	0.3	16	50.42	14.91	239	2	12	15	25	32	72	35	60	M	55	0	0	0	82	0	17.9	0	0
Na Hrádečku	M. Konvička	10	4.3	12	49.11	15.03	515	30	10	39	16	154	209	158	75	V	60	0	68	24	0	5.4	2.5	0	0
Ostrava	T. Kuras	100	43	63	49.85	18.32	245	10	179.8	83	133	44	260	547	714	P	607	26	7.2	9.6	0	0	4.6	52	1.2
Plzeň	V. Cihlák, J. Walter	21	15	97	49.76	13.36	335	60	173.2	210	383	282	875	1770	1491	P	513	0	33.1	13.6	26	5.9	12.1	9.1	0
Praha	V. Hula	58	33.6	92	50.12	14.41	203	45	562.3	157	286	154	597	1112	1785	P	1419	9.1	6.8	11	6.7	6.1	28.6	13	18
Tábor	M. Konvička	9.5	9.5	12	49.39	14.65	483	45	20.1	45	30	2	77	330	100	V	80	28.8	35	17.8	0	17.4	0.9	0	0
Ústí	D. Holcová	26	13.6	115	50.67	14.06	195	100	83.3	72	53	48	173	180	150	P	157	0	17	17.2	0	0	31.6	29	5.7
Vyškov	K. Sýkorová	7	2.3	58	49.27	17.00	250	0	34.8	47	43	3	93	213	709	P	55	11.2	9.6	18.4	0	0	24.4	36	0
Zájezd (u Kladna)	M. Knapp	4	2	25	50.17	14.22	280	0	5.16	33	27	36	96	102	86	V	72	8	72.2	0	0	19.8	0	0	0

Legenda:

Oficiální názvy ZOO: Brno: Zoologická zahrada města Brna, Děčín: Zoologická zahrada Děčín – Pastýřská stěna, Dvorec u Borovan: ZOO Dvorec, Dvůr Králové: ZOO Dvůr Králové a. s., Hluboká: Jihočeská zoologická zahrada Hluboká nad Vltavou, Hodonín: Zoologická zahrada Hodonín, Chleby: Zoologická zahrada Chleby, Chomutov: Zoopark Chomutov, p. o., Jihlava: Zoologická zahrada Jihlava, p. o., Lešná: ZOO a zámek Zlín – Lešná, p. o., Liberec: Zoo Liberec, p. o., Mladá Boleslav: Dům dětí a mládeže – Ekocentrum Zahrada, Na Hrádečku: ZOO JH s.r.o., Ostrava: Zoologická zahrada a botanický park Ostrava, p. o., Plzeň: Zoologická a botanická zahrada města Plzně, p. o., Praha: Zoologická zahrada hl. m. Prahy, Tábor: Zoologická zahrada Tábor, a.s., Ústí: Zoologická zahrada Ústí nad Labem, p. o., Vyškov: ZOO PARK Vyškov příspěvková organizace Města Vyškova, Zájezd (u Kladna): Zoopark Zájezd o.p.s.

Typ: M – městská zoo, P – předměstská zoo, V – venkovská zoo.

DrPtáci, DrSavci...: počet chovaných druhů příslušné skupiny.

OkLes, OkVoda...: procento v okolí ZOO zaujímané příslušným krajinným typem.

2.4 Statistická analýza

Provedla jsem dva typy analýz: srovnání ZOO podle počtu druhů a srovnání ZOO podle druhového složení. Nomenklatura denních motýlů je dle publikace Laštůvka a Liška (2011), příslušnost druhů do Červeného seznamu dle Hejda et al. (2017).

K vizualizaci vzájemných vztahů všech vysvětlujících proměnných jsem je podrobila analýze hlavních komponent (PCA) v programu CANOCO (Ter Braak a Šmilauer 2018). PCA uspořádává vzorky podle jejich charakteristik – tedy jednotlivé ZOO podle jejich vysvětlujících proměnných. Analýza provede uspořádání podle hlavních gradientů variability, takzvaných ordinačních os.

Pro srovnání podle počtu druhů jsem použila zobecněné lineární modely (glm) v programu R. Před analýzami jsem závislou proměnnou (počet druhů na ZOO) i všechny numerické prediktory transformovala tak, že jsem od každé hodnoty odečetla průměrnou hodnotu, a vydělila je směrodatnou odchylkou.

$$x_1 (trans) = \frac{(x_1 - \bar{x})}{SD(x_1)}$$

Dále jsem definovala nulový model, tj. regresi, obsahující pouze intercept a, $y \sim a + E$ (kde E je nevysvětlená variabilita), ten jsem dále používala k porovnávání s fitovanými modely $y \sim a + b_{(1-n)}x + E$, kde b jsou jednotlivé prediktory. Modely jsem porovnávala pomocí hodnot Akaikeova informačního kritéria, AIC, které váží přesnost a složitost regresních modelů (Akaike 1974). Prediktory jsem hodnotila postupně po jednom, se třemi výjimkami.

První výjimkou byl geografický model, pro který jsem vyzkoušela zeměpisnou šířku, délku a nadmořskou výšku včetně jejich polynomů druhého stupně a interakcí prvního řádu, z nichž jsem vybrala model s nejnižším AIC. Dalšími výjimkami byly modely založené na okolních biotopech a sbírkách zvířat. Pro oba tyto případy jsem nejprve spočetla analýzy hlavních komponent (PCA) v programu CANOCO, kde jednotlivé ZOO tvořily vzorky a zastoupení stanovišť v jejich okolí či charakteristiky jejich sbírek tvořily vysvětlovaná data. PCA skóre na prvních čtyřech ordinačních osách pak byly kompozitní proměnné, okolí1 – okolí4 a sbírky1 – sbírky4, které vstoupily do regresních analýz.

Po propočtení všech jednocestných regresí jsem zkonstruovala modely vícecestné, a to postupnou zpětnou selekcí z nominálně signifikantních prediktorů, přičemž jsem se opět řídila hodnotou AIC.

Pro srovnání ZOO podle druhového složení jsem použila ordinační analýzy, které srovnávají vzorky (zde jednotlivé ZOO) přes jejich druhové složení (zde zaznamenané druhy motýlů s jejich celkovými abundancemi) (opět v programu CANOCO). První analýzou byla nepřímá ordinance, která pracuje pouze se vzorky a druhy a nepoužívá žádné vysvětlující proměnné. Použila jsem metodu DCA, detrendovanou korespondenční analýzu, která je vhodná pro druhová data unimodálního charakteru (velké množství nulových záznamů). Detrendovala jsem přes segmenty, druhová data jsem před analýzou logaritmovala (\log_{10}).

Přímé ordinační analýzy neuspořádávají vzorky podle jejich druhového složení, ale podle prediktorů, na které se v analýze ptáme. Statistická signifikance je pak testována pomocí Monte-Carlova permutačního testu, který srovnává výsledky přímé ordinance s náhodně permutovanými datovými maticemi. Na základě délek gradientů jsem použila redundanční analýzu (RDA), přičemž jsem spočetla následující RDA modely: Zeměpisný, založený na postupném výběru (forward selection) z kombinace zeměpisné šířky, délky a nadmořské výšky, včetně polynomů druhého stupně a interakcích prvního řádu. Vnitřní, založený na vlastnostech ZOO jako takové, tedy její rozloze, rozsahu expoziční plochy, stáří a rozvýšení. Socioekonomický, obsahující data o financích a návštěvnosti. Sbírkový, založený na prediktorech popisujících chovaná zvířata. V neposlední řadě typ ZOO rozlišoval zahrady městské, předměstské a venkovské. Vůbec poslední analýzou byla postupná selekce ze všech sledovaných proměnných.

3 Výsledky

3.1 Přehled získaných dat

Celkem se podařilo inventarizovat denní motýly ve 20 českých ZOO: 15 ze 16 členů UCSZOO (chybí ZOO Olomouc), a dále soukromých ZOO Dvorec u Borovan, Mladá Boleslav, Na Hrádečku, Tábor a Zájezd (u Kladna). Celkem v nich bylo zjištěno 59 druhů (56 pravých denních motýlů, 3 vřetenušky) v 3090 jedincích a 630 unikátních záznamech (ZOO x datum) (**Tabulka 2**).

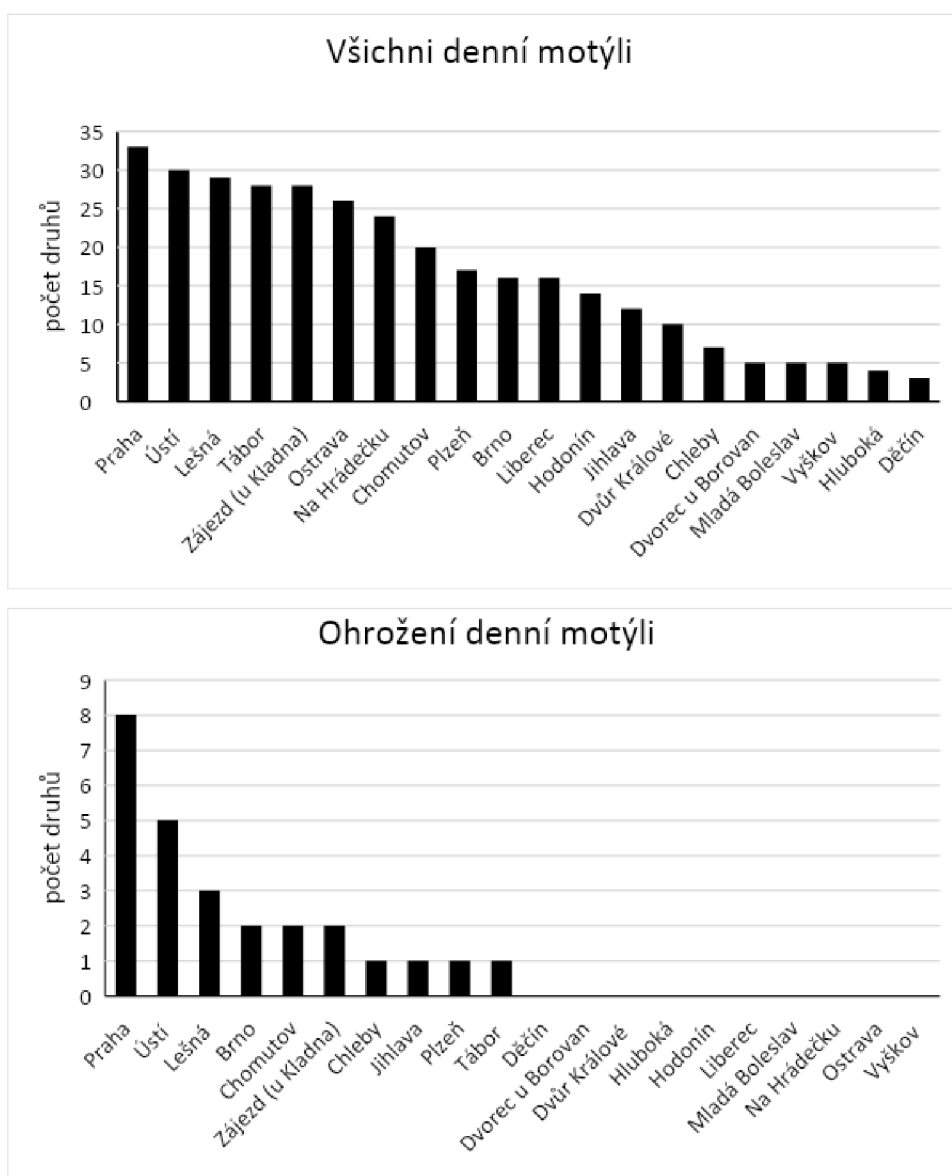
Průměrný počet druhů na ZOO činil $16,6 \pm 10,08$ SD (medián 16, rozsah 3–33), průměrný počet jedinců $154,5 \pm 164,08$ SD (medián 108,5, rozsah 8–597). Jak ukazuje Tabulka 2, druhově nejbohatší byla ZOO Praha (33 druhů), následovaná ZOO Ústí nad Labem (30) a Zájezd (28). Nejméně druhů bylo pozorováno v ZOO Děčín (3), Hluboká nad Vltavou (4) a Mladá Boleslav a Vyškov (po 5) (**Obr.3**).

Nejpočetněji zaznamenaným druhem byl bělásek řepový (*Pieris rapae*), hlášený v 771 jedincích. Následovali b. řepkový (*P. napi*) (384), okáč luční (*Maniola jurtina*) (380), bělásek zelný (*Pieris brassicae*) (171), okáč prosíčkový (*Aphantopus hyperantus*) (166), o. poháňkový (*Coenonympha pamphilus*) (139), modrásek jehlicový (*Polyommatus icarus*) (121), babočka paví oko (*Inachis io*) (78), žluťásek čičorečkový (*Colias hyale*) (73) a babočka admirál (*Vanessa atalanta*) (72). Co do frekvence byli v nejvyšším počtu ZOO (19) zjištěni *Pieris rapae* a *P. napi*; následovali *Vanessa atalanta* (17), *Pieris brassicae* (15), *Inachis io* (15), žluťásek řešetlákový (*Gonepteryx rhamni*) (15), *Coenonympha pamphilus* (14), *Polyommatus icarus* (13), bělásek řeřichový (*Antocharis cardamines*) (12) a babočka bílé c (*Polygonia c-album*).

Naopak 11 druhů bylo zjištěno pouze v jediném jedinci: babočka jilmová (*Nymphalis polychloros*), bělásek luční (*Leptidea juvernica*), modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*), m. tmavohnědý (*Aricia agestis*), okáč ječmínkový (*Lasiommata maera*), ostruháček švestkový (*Satyrium pruni*), soumračník jahodníkový (*Pyrgus malvae*), s. jitrocelový (*Carterocephalus palaemon*), vřetenuška ligrusová (*Zygaena carniolica*), v. obecná (*Z. filipendulae*) a žluťásek jižní (*Colias alfacariensis*).

Tabulka 2: Přehled všech druhů uspořádaných do čeledí vysledovaných motýlů v jednotlivých ZOO.

	Brno	Chleby	Chomutov	Dečín	Dvůr Králové	Dvůr Králové	Hluboká	Hodonín	Jihlava	Lešná	Liberec	Mladá Boleslav	Na Hrádku	O strava	Píseň	Praha	Tábor	Ústí nad Labem	Vyškov	Zájezd (u Klatova)
Hesperiidae - soumráčníkovití																				
<i>Carterocephalus palaemon</i> (Pallas, 1771) Soumráčník jitrocelový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Erynnis tages</i> (Linnaeus, 1758) S. máčkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Ochlodes sylvanus</i> (Esper, 1777) S. rezavý	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Pyrgus armoricanus</i> (Oberthür, 1910) S. podobný	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>P. malvae</i> (Linnaeus, 1758) S. jahodníkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Thymelicus lineola</i> (Ochsenheimer, 1808) S. čarečkový	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
<i>T. sylvestris</i> (Poda, 1761) S. metlicový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
Papilionidae - otakárkovití																				
<i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758) Otakárek ovocný	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus, 1758) O. fenyklový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Peridae - běláskovití																				
<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758) Bělásek řeřichový	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Colias alfacariensis</i> (Ribbe, 1905) Žlutásek jižní	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>C. hyale</i> (Linnaeus, 1758) Ž. čárečkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1
<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758) Ž. řešetlákový	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Leptidea juvernica</i> (Williamson, 1946) B. luční	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. sinapis</i> (Linnaeus, 1758) B. hrachorový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758) B. zelňý	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>P. napi</i> (Linnaeus, 1758) B. řepkový	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>P. rapae</i> (Linnaeus, 1758) B. řepový	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nymphalidae - babočkovití																				
<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus, 1758) Babočka kopřivová	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
<i>Apatura ilia</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) Batolec červený	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>A. iris</i> (Linnaeus, 1758) B. duhový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Araschnia levana</i> (Linnaeus, 1758) Babočka sítkovaná	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus, 1758) Perleřovec stříbropásek	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
<i>Inachis io</i> (Linnaeus, 1758) Babočka paví oko	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Issoria lathonia</i> (Linnaeus, 1758) Perleřovec malý	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1
<i>Boloria dia</i> (Linnaeus, 1767) P. nejmenší	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Polygona c-album</i> (Linnaeus, 1758) Babočka bílé C	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Nymphalis polychloros</i> (Linnaeus, 1758) B. jilmová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758) B. admirál	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>V. cardui</i> (Linnaeus, 1758) B. bodláková	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Satyrinae - okáčovití																				
<i>Aphantopus hyperanthus</i> (Linnaeus, 1758) Okáč prosídkový	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Coenonympha arcania</i> (Linnaeus, 1761) O. strdivkový	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>C. pamphilus</i> (Linnaeus, 1758) O. poháňkový	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Lasionmota maera</i> (Linnaeus, 1758) O. jeřmínkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>L. megera</i> (Linnaeus, 1767) O. zední	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
<i>Mariola jurtina</i> (Linnaeus, 1758) O. luční	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758) O. bojňkový	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758) O. pýrový	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lycenidae - modráskovití																				
<i>Aricia agestis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) Modrásek tmavohnědý	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758) Ostruháček ostružinový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus, 1758) Modrásek krušinový	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Cupido argiades</i> (Pallas, 1771) M. štirovníkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda, 1761) M. kozincový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lycæna dispar</i> (Haworth, 1808) O. černočerný	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
<i>L. phlaeas</i> (Linnaeus, 1761) O. černokřídý	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>L. tityrus</i> (Poda, 1761) O. černoškrvný	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Neozephyrus quercus</i> (Linnaeus, 1758) Ostruháček dubový	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Plebejus argus</i> (Linnaeus, 1758) Modrásek černomelý	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>P. argyrognomon</i> (Bergsträsser, 1779) M. podobný	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Polyommatus coridon</i> (Poda, 1761) M. vikvicový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>P. icarus</i> (Rottemburg, 1775) M. jehlicový	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1
<i>Satyrium axioche</i> (Fabricius, 1787) Ostruháček kapincový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>S. pruni</i> (Linnaeus, 1758) O. švestkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. w-album</i> (Knoch, 1782) O. jilmový	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Scotantides orion</i> (Pallas, 1771) Modrásek rozchodníkový	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Thecla betulae</i> (Linnaeus, 1758) Ostruháček březový	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Zyganidae - vřetenuškovití																				
<i>Zygaena carniolica</i> (Scopoli, 1763) Vřetenuška ligurová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Z. filipendulae</i> (Linnaeus, 1758) V. obecná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Z. loti</i> (Denis & Schiffermüller, 1775) V. kozincová	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0



Obrázek 3: Sloupcové grafy srovnávající dvacet ZOO České republiky podle celkového počtu druhů denních motýlů (nahore) a počtu druhů denních motýlů zahrnutých v Červeném seznamu (Beneš & Konvička 2017).

Osmnáct druhů bylo zjištěno v jediné ZOO: babočka jilmová (*Nymphalis polychloros*), bělásek luční (*Leptidea juvernica*), modrásek jehlicový (*Polyommatus coridon*), m. kozincový (*Glaucopsyche alexis*), m. podobný (*Plebejus argyrognomon*), m. rozchodníkový (*Scolitantides orion*), m. štírovníkový (*Cupido argiades*), m. tmavohnědý (*Aricia agestis*), okáč ječmínkový (*Lasiommata maera*), ostruháček kapinicový (*Satyrrium acaciae*), o. ostružinový (*Callophrys rubi*), o. švestkový (*Satyrrium pruni*), soumračník jahodníkový (*Pyrgus malvae*), s. jitrocelový

(*Carterocephalus palaemon*), vřetenuška ligrusová (*Zygaena carniolica*), v. kozincová (*Z. loti*), v. obecná (*Z. filipendulae*), žluťásek jižní (*Colias alfacariensis*).

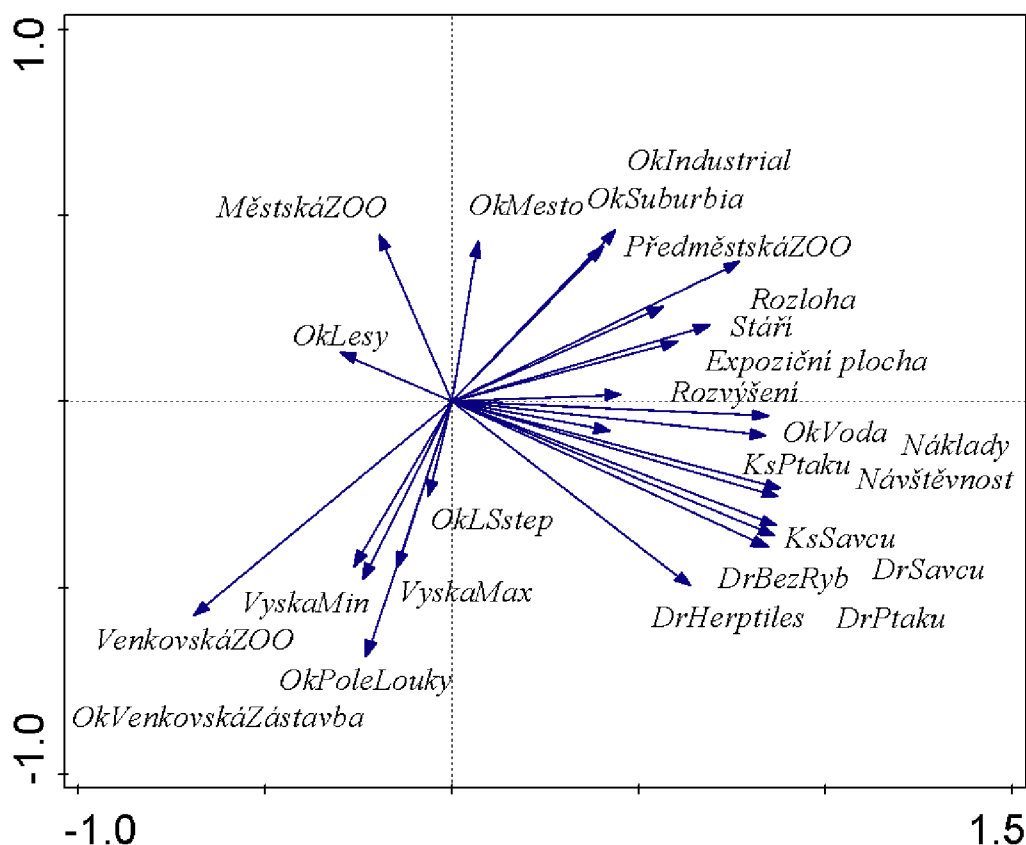
Celkem 14 druhů, tj. 23,7 % ze všech zjištěných druhů, figuruje v Červeném seznamu ČR (průměr na ZOO $1,3 \pm 2,05$ SD, medián 0,5, rozsah 0–8) (**Obr. 2**). Nejvíce jich bylo zjištěno v ZOO Praha (8), následovalo Ústí nad Labem (5), Lešná (3), Brno a Zájezd (po 2). Z kategorie ohrožených druhů (EN) to byl soumračník podobný (*Pyrgus armoricanus*) zjištěný ve dvou ZOO (Praha a Lešná) v celkem 4 jedincích. V kategorii zranitelných druhů (VU) to byli modrásek kozincový (*Glaucopsyche alexis*) (ZOO Zájezd, 4 jedinci), m. vikvicový (*Polyommatus coridon*) (ZOO Praha, 1 jedinec) a m. rozchodníkový (*Scolitandites orion*) (ZOO Praha, 3 jedinci). Ostatní druhy, řazené do kategorie téměř ohrožených (NT), byly: *Callophrys rubi* (1 ZOO / 5 jedinců), *Colias alfacariensis* (1 / 1), *Coenonympha arcania* (4 / 14), *Iphiclides podalirius* (4 / 10), *Lasiommata maera* (1 / 1), *Leptidea sinapis* (2 / 2), *Polyommatus argus* (4 / 7), *Satyrrium pruni* (1 / 1), *S. w-album* (2 / 4) a *Zygaena carniolica* (1 / 1).

3.2 Vzájemné vztahy prediktorů

Analýza hlavních komponent s vlastnostmi ZOO jako „druhovými daty“ (vlastní hodnoty ordinace: 0.357, 0.133, 0.098, 0.093) (**Obr. 4**), ukázala, že hlavní gradient rozdělil zahrady na rozlehlé, dávno založené, s velkou expoziční plochou, velkými náklady na provoz, velkou návštěvností a bohatými sbírkami, navíc často s velkým rozvýšením, a zahrady opačných vlastností, tedy s malou rozlohou, založené nedávno, nebo se skromnějšími sbírkami. Zajímavé bylo že „velké a bohaté“ byly typicky ZOO předměstské, kdežto „menší a chudé“ byly buď ZOO venkovské, nebo naopak městské. Druhá ordinační osa pak zdůraznila význam okolí ZOO a rozdělila zahrady obklopené městskou, průmyslovou nebo předměstskou zástavbou od zahrad obklopených venkovskou zástavbou, poli a loukami.

PCA analýza omezená na celkem 8 proměnných popisujících okolí ZOO (vlastní hodnoty ordinace 0.454, 0.264, 0.161, 0.060) oddělila na 1. ose zahrady obklopené venkovskou krajinou (pole, louky, venkovská sídla) od zahrad obklopených městskou krajinou nebo, paradoxně, lesy. Ukazuje to, že některé zejména předměstské ZOO (např. Brno, Ostrava, Chomutov) mají ve svém okolí oba tyto krajinné pokryvy. Druhá osa oddělila ZOO obklopené městskou či průmyslovou zástavbou od ZOO obklopených lesy, případně stepními stanovišti. Další dvě osy již byly podstatně slabší,

třetí oddělila okolí pokryté průmyslovou či předměstskou zástavbou od okolí se zástavbou městskou, čtvrtá pak okolí se stepními porosty, vodními plochami či průmyslovou zástavbou od městské či předměstské zástavby.



Obrázek 4: Ordinační biplot z analýzy hlavních komponent (PCA), vizualizující vzájemné vztahy všech proměnných, použitých jako vysvětlující proměnné pro analýzu společenstev denních motýlů ve 20 ZOO České republiky.

PCA analýza omezená na celkem 8 proměnných popisující sbírky jednotlivých ZOO (vlastní hodnoty: 0.910, 0.075, 0.009, 0.004) ukázala jednoznačně převažující gradient od sbírkově bohatých ke skromným zahradám. Zajímavá je ještě druhá osa, která odlišila zahrady s bohatými terarijnými a akvarijními sbírkami (zejména Plzeň, též Jihlava), od zahrad s vyrovnanějšími sbírkami a bohatstvím ptáků a savců (Praha, Dvůr Králové, Lešná).

3.3 Prediktory počtu druhů motýlů

V jednocestných glm analýzách (Tabulka 3) se ukázalo, že počet druhů denních motýlů stoupal statisticky signifikantně ($P < 0.05$) s rozvýšením a náklady. Další dva

pozitivní prediktory počtu druhů denních motýlů, těsně na hranici statistické významnosti ($P < 0.07$), byly rozloha a návštěvnost. Protože již víme (srov. **Obr. 2**), že všechny tyto prediktory jsou pozitivně korelovány, ukazuje se, že velké, bohaté, hojně navštěvované a členité ZOO hostí více denních motýlů.

Tabulka 3: Výsledky jednocestných regresí (glm, všechny proměnné standardizován na nulový průměr a jednotkovou SD, Gaussovská link-funkce), použitých k vysvětlení počtu druhů denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky. Hodnoty P (uvedené jen pro $P < 0,1$) srovnávají fitovaný model s nulovým modelem ($y \sim +1$).

prediktor	koeficienty	d.f.	D ²	Res. deviance	AIC	P
nulový	–	19		19.00	59.73	
zeměpis	0.322 lat -166.5 lat ²	17	0.15	16.13	60.45	
snaha	0.209	18	0.01	18.79	61.51	
rozloha	0.390	18	0.15	16.11	58.43	0.07
rozvýšení	0.447	18	0.20	15.20	57.27	<0.05
expoze	0.313	18	0.10	17.13	59.66	
stáří	0.155	18	0.02	18.54	61.24	
náklady	0.444	18	0.20	15.25	57.33	<0.05
návštěvnost	0.490	18	0.18	15.66	57.87	0.06
okolí**	-0.342 ok3	18	0.12	16.67	59.11	
sbírky***	0.263 sbírky1	18	0.07	17.62	60.22	

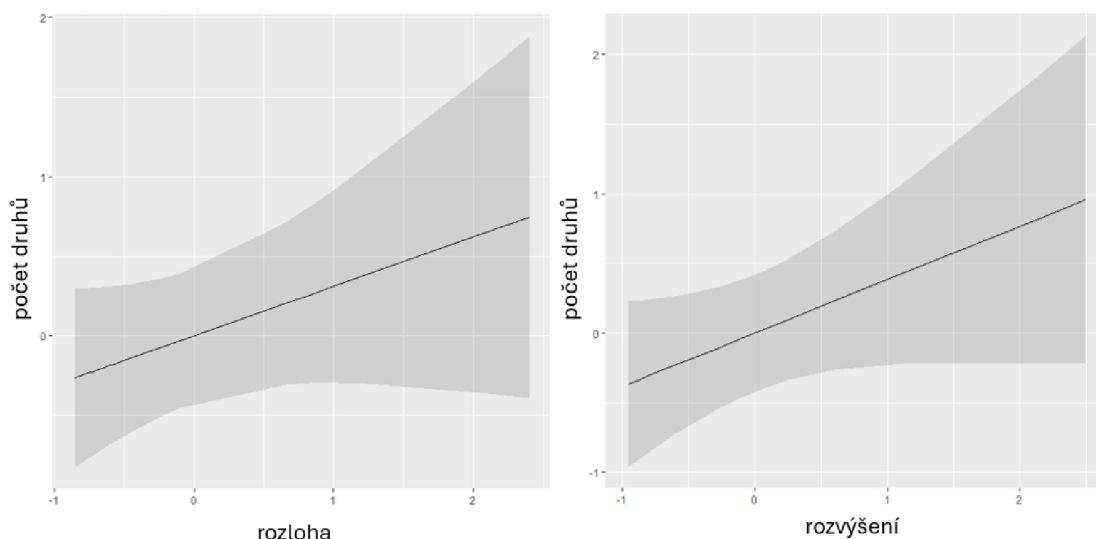
**model pro okolí (ok3): počet druhů klesá od ZOO okolí s vodami a průmyslem k ZOO s lesostepmi a předměstskou zástavbou

***model pro sbírky (sbírky1): počet druhů stoupá ve sbírkově bohatých ZOO

Vícenásobný regresní model jsem konstruovala postupnou eliminací z těchto čtyř samostatně signifikantních prediktorů. Výsledným modelem s nejnižším AIC proti nulovému modelu, který již nešlo dále zlepšit, byl model:

Počet druhů $\sim 2.349e^{-13} + 0.311(\text{rozloha}) + 0.383(\text{rozvýšení})$ (d.f. = 2, 17; residuální deviance = 13.44, $D^2 = 0.29$; AIC = 56.81) (**Obr. 5**).

Počet druhů denních motýlů v ZOO tedy stoupá s její rozlohou a rozvýšením, které vyjadřuje její topografickou členitost.



Obrázek 5: Prvky vícenásobného regresního modelu, vysvětlujícího počty druhů denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky.

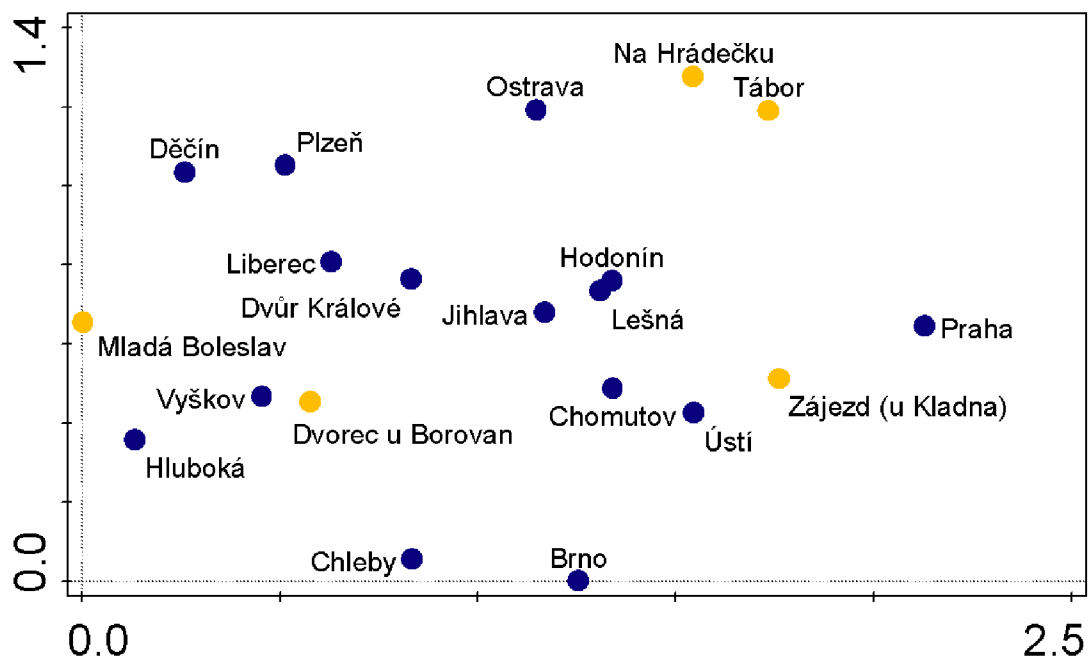
3.4 Druhové složení denních motýlů

Nepřímá DCA ordinace ZOO proti zjištěným faunám motýlů (**Tabulka 4, Obr. 6**) neukázala žádný zjevný vzorec. Na první pohled se sice zdá, že v kladných hodnotách první ordinační osy (vysvětlila téměř 20 % variability) jsou ZOO z oblasti středních Čech, ale například v záporných hodnotách této osy najdeme ZOO z celé ČR, od Děčína po Vyškov. Druhá interpretace, že osa směřuje od motýlově chudších ZOO k těm bohatším, je rozbita například přítomností ZOO Plzeň v levé části diagramu. Druhá ordinační osa (9,5 % variability) je vysvětlitelná ještě obtížněji.

Žádná z testovaných přímých RDA ordinací (**Tabulka 4**) nevedla ke statisticky významnému výsledku. Zaujme např. to, že se nepodařilo najít žádný smysluplný zeměpisný model – což koresponduje s výsledky z nepřímé DCA analýzy. Rozdíly v druhovém složení motýlů ve sledovaných ZOO tudíž nebyly vysvětlitelné ani zeměpisnou polohou, ani vlastnostmi zoo jako velikost, velikost expoziční plochy, rozvýšení, stáří, ani financemi a návštěvností, ani typem (tj. městská, předměstská, venkovská) či okolím ZOO, a konečně ani charakterem sbírek.

Tabulka 4: Výsledky nepřímé (DCA) a přímých (RDA) ordinací, analyzujících druhové složení denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky.

Model	Eig1	Eig2	Eig3	Eig4	D ²	F 1. osa	F všechny osy
Nepřímá ordinace	0.197	0.095	0.067	0.034			
Zeměpisný model	–	–	–	–			
Vlastnosti ZOO	0.161	0.052	0.023	0.015	5.12	0.7 ns	1.3 ns
Finance a návštěvnost	0.059	0.027			0.00	0.5 ns	0.8 ns
Sbírký zvířat	0.056	0.049	0.033	0.021	0.00	0.2 ns	0.6 ns
Typ ZOO	0.044	0.021			0.00	0.4 ns	0.6 ns
Okolí ZOO	0.198	0.070	0.050	0.023	0.00	0.3 ns	0.9 ns
Globální forward selekce	–	–	–	–			



Obrázek 6: Ordinační biplot (DCA) uspořádávající 20 sledovaných zoologických zahrad podle jejich fauny denních motýlů. Modře: členské zahrady UCSZOO, žlutě: nečlenové UCSZOO.

4 Diskuse

Inventarizace denních motýlů ve dvaceti českých zoologických zahradách ukázala, že fauna motýlů v areálech těchto institucí je bohatá a značně různorodá. Při standardní inventarizační metodice bylo zjištěno celkem 56 druhů, přičemž počty všech zjištěných druhů na ZOO se pohybovaly v rozmezí 3–33 a počty ohrožených druhů v rozmezí 0–8. Počty druhů byly nejlépe vysvětleny rozlohou a rozvýšením ZOO, přičemž tyto vlastnosti dále korelovaly s velikostí jejího rozpočtu a s návštěvností. Druhové složení motýlů se naopak nepodařilo vztáhnout k žádnému z prediktorů, který zoologické zahrady popisoval, a dokonce ani ke vzájemné zeměpisné poloze zahrad.

Počty zjištěných druhů lze porovnat s podobnými projekty, které sledovaly denní motýly v jednoznačně vymezených územích. Například Beneš et al. (2003) zaznamenali 6–52 (80 celkem) druhů denních motýlů ve 21 moravských vápencových lomech. Kadlec et al. (2008) zjistili 13–68 (91 celkem) druhů ve 25 přírodních rezervacích a parcích v obvodu Hlavního města Prahy. Čížek et al. (2013) zjistili 15–75 (celkem 118) druhů ve 42 opuštěných vojenských prostorech. Šlancarová et al. (2014) zjistili ve 38 maloplošných chráněných územích chránících stepní trávníky na jižní a střední Moravě 22–60 (celkem 112) druhů denních motýlů. Bartoňová et al. (2016) zjistili 6–72 (celkem 128) druhů ve vzorku 125 českých maloplošných chráněných území národních kategorií. Z tohoto srovnání by se mohlo zdát, že zoologické zahrady jsou podstatně chudší. Je ovšem záhodno dodat, že všechny uvedené studie sledovaly biotopy známé bohatými společenstvy motýlů (vápencové lokality, stepní rezervace apod.) a věnovaly jim pět návštěv za sezonu, Kadlec et al. (2008) dokonce po dvě sezony. Možná jediná výjimka je Bartoňová et al. (2016), která analyzovala nejrozličnější typy chráněných území, včetně těch s chudou faunou motýlů (např. horské lesy). Ve výsledku je její minimum blízké minimu z mé studie (6 vs 3).

Uvažujeme-li i stanoviště méně příhodná pro motýly, začínají se čísla měnit. Lenda et al. (2012) sledovali 50 těžeben šterkopísku v jižním Polsku. Jejich publikace neuvádí rozsah na lokalitu, ale uvádí průměr a celkový počet, 19 a 71 druhů. Lange-Kabitz et al. (2021) zjistili na 56 městských zelených plochách v Hannoveru, 0–17 (33 celkem) druhů, ovšem Hannover je situován v severním Německu, kde je celkový počet druhů motýlů nižší (srov. Reinhardt et al. 2020). Pendl et al. (2021) sledovali 21 privátních zahrad ve Vídni, a našli v nich 4–10 (celkem 12) druhů. Konečně Horák et

al. (2022) sledovali 40 zelených ploch ve městě Pardubice, a zjistili zde 3–27 (42 celkem) druhů.

Z výše uvedených příkladů, jež vesměs pocházejí z ČR či blízké střední Evropy, se ukazuje, že počty druhů motýlů v ZOO byly spíše nižší než počty druhů zjištěných v typicky motýlích biotopech (lomy, stepní trávníky, vojenské prostory) a srovnatelné až vyšší s počty druhů motýlů hlášenými ze zahrad či ploch městské zeleně.

Druhy figurující v červeném seznamu nebyly zjištěny ve všech ZOO, přesto jsou některá zjištění ochranářsky i faunisticky významná. Ohrožený (EN) soumračník podobný (*Pyrgus armoricanus*), zjištěný v ZOO Lešná a Praha, je specialistou suchých trávníků vázaným na drobné mochny (*Potentilla* spp.). V ZOO Praha byl dlouhodobě znám (Hula 2022), nález ze ZOO Lešná je překvapením. Motýl se ovšem v posledních letech v ČR šíří, což je možná dáno teplejším klimatem (Beneš et al. 2019). Ohrožený (EN) modrásek kozincový (*Glaucopsyche alexis*), vyvíjející se na různých druzích bobovitých, byl zjištěn pouze v ZOO Zájezd, kde využíval takzvanou motýlí louku. Tento specialista zanedbanějších stepních ruderalů byl donedávna podstatně rozšířenější na Moravě než v Čechách, kde donedávna přežíval pouze v Českém středohoří a Doupovských horách (Beneš et al. 2002, Čížek et al. 2019, Čížek et al. 2022). Nález jednak dokumentuje jeho spontánní návrat do Středních Čech, jednak ukazuje užitečnost motýlích luk pro ohrožené druhy. Zranitelný (VU) modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*), vázaný na čičorku pestrou (*Securigera varia*), je dosud početný na stepních lokalitách v celé ČR, v ZOO Praha se však neobjevuje početně (srov. Hula 2022). V neposlední řadě zranitelný (VU) modrásek rozchodníkový (*Scolitantides orion*), vyvíjející se na rozchodnících (*Sedum* spp., *Hylotelephium* spp.), je dlouhodobě znám ze skalních partií v ZOO Praha. Jak uvádějí Konvička a Kadlec (2011), tento druh je schopen v některých městech, konkrétně Praze, osidlovat i parky a zídky s výsadbami jeho živné rostliny. Je chvályhodné, že se jeho výskyt snaží podpořit i ZOO Praha (Hula 2022).

Druhy řazené do kategorie téměř ohrožených (NT), zahrnovaly motýly s různými stanovištními nároky (srov. Beneš et al. 2002, Macek et al. 2015). Ostruháček švestkový (*Satyrrium pruni*: Tábor), okáč strdivkový (*Coenonympha arcania*: Brno, Chleby, Chomutov, Ústí nad Labem), i otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*: Brno, Lešná, Praha, Ústí nad Labem) jsou motýli lesostepí, křovinatých strání a světlých lesů, vesměs obývající teplejší regiony. Ostruháček ostružinový (*Callophrys rubi*: Plzeň) s nimi částečně sdílí podobné nároky, v chladnějších oblastech ale existují

populace vázané na brusnici borůvku (srov. např. Klimczuk a Sielezniew 2017) S lesními světlinami v chladnějších oblastech jsou spojováni okáč ječmínkový (*Lasiommata maera*: Praha) a ostruháček jilmový (*Satyrium w-album*: Jihlava, Ústí nad Labem). Naopak bělásek hrachorový (*Leptidea sinapis*: Praha, Ústí nad Labem) je lesostepním až stepním druhem. Zatímco žluťáška jižního (*Colias alfacariensis*: Praha) a vřetenušku ligrusovou (*Zygaena carniolica*: Praha) najdeme výhradně na stepních trávnících, modrásek černolemý (*Polyommatus argus*: Chomutov, Lešná, Ústí nad Labem, Zájezd (u Kladna)) je svázán kromě stepních trávníků i se skalami, sutěmi či písčinami.

Regresní analýzy srovnávající počty druhů nepřekvapivě odhalily velmi podobné patrnosti, jaké nejen pro motýly odhalují studie srovnávající počty druhů v jiných zřetelně vymezených územích (např.: Kadlec et al. 2008, Šlancarová et al. 2014, Bartoňová et al. 2016, Han et al. 2022). Významným faktorem byla rozloha, ale ještě silnějším faktorem bylo rozvýšení, jednoduché proxy stanovištní diverzity. Bylo by jej možné nahradit například počtem habitatů nebo počtem druhů rostlin, ale získat takové proměnné pro ZOO, které často slouží rovněž jako botanické zahrady (výslovně ZOO Plzeň a Ostrava, ale většina ZOO pěstuje i zajímavé rostlinstvo, ZOO Praha s botanickou zahradou sousedí) a kde jsou různé biotopy navíc záměrně modelovány, nebylo prakticky možné. Jak ukázala ordinace vysvětlujících proměnných, alternativními prediktory k rozloze a rozvýšení byly náklady a návštěvnost. Náklady nutně souvisejí s rozlohou dané instituce. Návštěvnost souvisí s rozlohou méně, ale mezi na motýly nejbohatšími ZOO byly naše nejnavštěvovanější zahrady (Praha, Lešná, Plzeň), které jsou současně rozsáhlé a situované v členitém terénu. To, že vícenásobný regresní model vybral jak rozlohu, tak návštěvnost, ukazuje, že tyto dvě proměnné jsou vzájemně nezávislé, zatímco náklady a návštěvnost jsou s nimi korelovány.

Překvapivé výsledky naopak přinesly ordinační analýzy, snažící se hledat faktory zodpovědné za rozmístění druhů v českých ZOO. Nenašli jsme žádné prediktory druhového složení, dokonce ani vztahy k zeměpisné poloze, které se v podobných typech analýz pokládají za samozřejmost a počítají se, aby se jejich vliv na další analýzy odfiltroval (Kadlec et al. 2008, Šlancarová et al. 2014, Bartoňová et al. 2016).

Neukazuje-li analýza statisticky významné patrnosti, může to mít dvě příčiny. První jsou nedokonalá data. Srovnávala jsem 20 zoologických zahrad, což se může zdát jako slušný vzorek ve srovnání s podobnými studiemi (srov. Beneš et al. 2003,

Kadlec et al. 2008, Pendl et al. 2022), ale například Beneš et al. (2003) srovnávali stanoviště velmi podobná – vápencové lomy, zatímco české ZOO jsou stanoviště velmi rozdílné (stačí srovnat rozsáhlou a členitou ZOO Praha, ještě větší ale stanoviště uniformní ZOO Ostrava a nevelkou, ve stinném lese situovanou ZOO Děčín). Problém může být i úplnost zjištěných druhových spekter. Čtyři návštěvy, zvolené jako mapovateli zvládnutelný kompromis, jsou pro zachycení ročního vývoje fauny motýlů plně dostačující v podhůří (ZOO jako Dvůr u Borovan, Jihlava, nebo Liberec), ale mohou být nedostatečné v teplejších oblastech s delší sezonou (kam spadají ZOO jako Dvůr Králové, Chomutov, Lešná, Praha, a další).

Alternativně je možné, že druhové složení motýlů ve sledovaných ZOO skutečně nereagovalo na testované proměnné. Tady by byla vysvětlením již zmíněná diverzita ZOO jako takových – ve smyslu původních biotopů, sadařské úpravy, současného rostlinstva, konfigurace expozic a samozřejmě rozlohy, členitosti a okolí.

Závěr

Srovnání fauny denních motýlů dvaceti českých zoologických zahradách ukázalo, že tyto instituce jsou co do bohatství denních motýlů značně různorodé. Celkem bylo zjištěno 56 pravých denních motýlů a 3 vřetenušky. Rozloha a rozvýšení ZOO, korelované s jejím rozpočtem a návštěvností, nejvýrazněji ovlivnily počty druhů, zatímco koreláty druhového složení motýlů se nepodařilo najít.

Z příkladů z České republiky či blízké střední Evropy vyplývá, že bohatost motýlí fauny v zoologických zahradách se blíží počtům druhů zjištěných v typicky motýlích biotopech a někdy dokonce převyšuje počty druhů motýlů hlášených z ploch městské zeleně či zahrad. Počty druhů v ZOO se od sebe významně liší, stejně tak jako jednotlivé zahrady mezi sebou vykazují velkou diverzitu.

Právě diverzita mezi zahradami ovšem umožnila řadu jedinečných pozorování, z nichž lze činit závěry o přínosnosti ZOO pro ochranu motýlů.

Na základě pozorování mapovatelů lze tvrdit, že druhovou bohatost i početnost motýlů zvyšují: takzvané motýlí keře a jiné nektaronosné výsadby (Brno, Praha, Vyškov, Zlín); enklávy nezastavěné a nepřeměněné původní vegetace, zejména vegetace nelesní či ekotonové (Chomutov, Na Hrádečku, Plzeň, Praha, Ostrava, Tábor, Ústí nad Labem); péče o vegetaci napodobující tradiční hospodaření, např. postupná či mozaiková seč travních ploch (Plzeň, Praha, Vyškov, Tábor); a přítomnost staveníšť či ruderalů (Brno, Na Hrádečku, Ostrava, Praha, Tábor, Ústí nad Labem). Naopak cílená opatření jako „motýlí louky“ jsou motýly preferovány jen někdy, pravděpodobně v závislosti na jejich umístění a návaznosti na další biotopy. Pozitivními případy najdeme mj. v ZOO Lešná a Zájezd.

Nápadně málo motýlů bylo zjištěno v drobných a reliéfově málo členitých ZOO zahrnujících jediný biotop, ať už lesní (Děčín), mokřadní (Hluboká), či výsek příměstské nebo venkovské zemědělské krajiny (Chleby, Vyškov). Nápadně málo motýlů bylo zaznamenáno ve Dvoře Králové, kde většinu expozic tvoří intenzivně pasené výběhy afrických kopytníků. Efekt intenzivní pastvy nejspíše ovlivnil i travnaté plochy v ZOO Dvorec nebo Liberec. Počty motýlů možná snižuje i velké zastoupení nepůvodních druhů v zahradních výsadbách – což bude případ africké květeny ve Dvoře Králové, ale možná i asijské a severoamerické květeny v ZOO Hluboká.

Výše uvedená zjištění nejsou míněna jako kritika přístupu jednotlivých ZOO. Ochrana původní fauny je mnohem důležitější pro ZOO vzniklé na lokalitách, kde se

významná fauna přirozeně vyskytuje (např. Brno, Chomutov, Lešná, Plzeň, Praha, Ústí nad Labem) a tyto zahrady o stanoviště původní fauny pečují. Méně důležitá bude pro ZOO vzniklé v lokalitách, kde bylo původní fauny minimum (např. Dvůrec u Borovan, Dvůr Králové, Chleby, Vyškov). Na příkladech ZOO Chleby nebo Zájezd, vznikajících v intenzivní zemědělské krajině, je vidět, že existence ZOO umožňuje existenci alespoň nějakým motýlům (v případě Zájezdu dokonce ohroženým). ZOO se specifickým zaměřením (africká fauna v případě Dvora Králové) toto zaměření logicky zohledňují i při sadovnických úpravách, a pak nemají místo na enklávy hodnotné středoevropské vegetace.

Pamatujme, že ochrana domácího hmyzu není primárním smyslem ZOO. Může být však zajímavým doplňkem, pokud to ostatní okolnosti dovolí.

Seznam použité literatury

Adler PH, Tuten HC, Nelder MP (2011). Arthropods of medicoveterinary importance in zoos. *Annual Review of Entomology*, 56, 123-142.

Akaike H (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.

Bartoňová A, Beneš J, Fric ZF, Chobot K, Konvička M (2016). How universal are reserve design rules? A test using butterflies and their life history traits. *Ecography*, 39, 456-464.

Beneš J, Kepka P, Konvička M (2003). Limestone quarries as refuges for European xerophilous butterflies. *Conservation Biology*, 17(4), 1058-1069.

Beneš J, Konvička M (2017) Hesperioidea a Papilionoidea (denní motýli). In Hejda R, Farkač J, Chobot K, eds., *Červený seznam ohrožených druhů České republiky, Bezobratlí. Příroda* 36, 206–211.

Beneš J, Růžička J, Spitzer L (2019). Novodobá expanze soumračníka podobného (*Pyrgus armoricanus* [Oberthür, 1910]) v České republice (Hesperiidae, Lepidoptera). *Acta Carpathica Occidentalis*, 10, 74–85.

Bobek M (2022) *Ryšavý knihovník a další zápisky ředitele zoo*. Universum, Praha, 288 pp.

Bora A, Meitei LR (2014). Diversity of butterflies (Order: Lepidoptera) in Assam university campus and its vicinity, Cachar district, Assam, India. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 328-339.

Bruppacher L, Pellet J, Arlettaz R, Humbert JY (2016). Simple modifications of mowing regime promote butterflies in extensively managed meadows: evidence from field-scale experiments. *Biological Conservation*, 196, 196-202.

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.

Chong KY, Teo S, Kurukulasuriya B, Chung YF, Rajathurai S, Tan HTW (2014). Not all green is as good: Different effects of the natural and cultivated components of urban vegetation on bird and butterfly diversity. *Biological Conservation* Volume 171, 299-309

Čížek L, Beneš J, Konvička M (2019) Úbytek hmyzu. Špatně zdokumentovaná katastrofa? *Živa*, 5, 247-250.

Čížek L, Konvička M, Beneš J, Fric Z (2009) Zpráva o stavu země: Odhmyzeno. *Vesmír*, 88, 386–391.

Čížek O, Bakešová A, Kuras T, Beneš J, Konvička M (2003) Vacant niche in alpine habitat: the case of an introduced population of the butterfly *Erebia epiphron* in the Krkonoše Mountains. *Acta Oecologica*, 24, 15-23.

Čížek O, Marhoul P, Vrba P (2019) Originální název: Denní motýli v Ústeckém kraji: síťový atlas rozšíření. *Ústecký kraj*, 403 pp.

Čížek O, Marhoul P, Vrba P, Kadlec T & Jakubíková L (2022) Denní motýli Prahy, atlas rozšíření. *Hlavní město Praha*, 360 pp.

Čížek O, Vrba P, Beneš J, Hrázský Z, Koptík J, Kučera T, Marhoul P, Zámečník J, Konvička M (2013). Conservation potential of abandoned military areas matches that of established reserves: plants and butterflies in the Czech Republic. *PLoS One*, 8, e53124.

Daniels JC, Schaefer J, Huegel CN, Mazzotti FJ (2008). Butterfly gardening in Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/UW057>. Zobrazeno 19. března 2023.

Das GN, Fric ZF, Panthee S, Irungbam JS, Konvička M (2023). Geography of Indian Butterflies: Patterns Revealed by Checklists of Federal States. *Insects*, 14, 549.

Deschamps-Cottin M, Jacek G, Seguin L, Le Champion C, Robles C, Ternisien M, Duque C, Vila B (2023). A 12 – Year Experimental Design to Test the Recovery of Butterfly Biodiversity in an Urban Ecosystem: Lessons from the Parc Urbain des Papillons. *Insects*, 14, 780.

Dole CH (2003). *The Butterfly Gardener's Guide* (No. 175). Brooklyn Botanic Garden, 120 pp.

Dylewski Ł, Maćkowiak Ł, Banaszak-Cibicka W (2019). Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecological Entomology*, 44, 678-689.

Edwin O (2019) Květnaté pásy hmyz miluje. *Českobudějovický deník* https://ceskobudejovicky.denik.cz/zpravy_region/kvetnate-pasy-hmyz-miluje-20190910.html. Zobrazeno 1. února 2023.

Fartmann T, Müller C, Poniatowski D (2013). Effects of coppicing on butterfly communities of woodlands. *Biological Conservation*, 159, 396-404.

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.

Garbuzov M, Fensome KA, Ratnieks FL (2015). Public approval plus more wildlife: twin benefits of reduced mowing of amenity grass in a suburban public park in Saltdean, UK. *Insect Conservation and Diversity*, 8, 107-119.

Goulson D (2019) The insect apocalypse, and why it matters. *Current Biology* 29, R967–R971.

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

Hamer KC, Hill JK, Benedick S, Mustaffa N, Sherratt TN, Maryati M, Chey VK (2003). Ecology of butterflies in natural and selectively logged forests of northern

Borneo: the importance of habitat heterogeneity. *Journal of Applied Ecology*, 40, pp.150-162.

Han D, Wang C, Sun Z, She J, Yin L, Bian Q, Han W (2022). Microhabitat preferences of butterflies in urban parks: Both vegetation structure and resources are decisive. *Urban Forestry & Urban Greening* 71, 127552.

Hejda R, Farkač J, Chobot K (2017). Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí. *Příroda* 36, 1–611.

Horák J, Šafářová L, Trombik J, Menendez R (2022). Patterns and determinants of plant, butterfly and beetle diversity reveal optimal city grassland management and green urban planning. *Urban Forestry & Urban Greening* 73, 127-609.

Hula V (2022). Velcí motýli Zoologické zahrady hl. m. Prahy. *Gazella* 49, 1-93.

Kadlec T, Beneš J, Jarošík V, Konvička M (2008). Revisiting urban refuges: changes of butterfly and burnet fauna in Prague reserves over three decades. *Landscape and Urban Planning*, 85, 1-11

Klimczuk P, Sielezniew M (2017). Unexpected differences in butterfly diversity between two peat bogs in the same area. *Polish Journal of Entomology*, 86, 251-273.

Koh LP, Sodhi NS (2004). Importance of reserves, fragments, and parks for butterfly conservation in a tropical urban landscape. *Ecological Applications*, 14, 1695-1708.

Konvička M, Beneš J, Čížek L (2005). Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management. *Sagittaria*, Olomouc, 127 pp.

Konvička M, Čížek L, Beneš J (2006). Ohrožený hmyz nížinných lesů: ochrana a management. *Sagittaria*, Olomouc, 79 pp.

Konvička M, Fric Z, Beneš J (2006). Butterfly extinctions in European states: do socioeconomic conditions matter more than physical geography?. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 82-92.

Konvička M, Kadlec T (2011). How to increase the value of urban areas for butterfly conservation? A lesson from Prague nature reserves and parks. *European Journal of Entomology*, 108, 219.

Konvička M, Kollross J, Beneš J (2019). Transektový monitoring denních motýlů v České republice: výsledky z let 2010–2016. *Příroda*, Praha, 39: 123-140.

Konvička M, Ričl D, Vodičková V, Beneš J, Jirků M (2021). Restoring a butterfly hot spot by large ungulates refaunation: the case of the Milovice military training range, Czech Republic. *BMC Ecology and Evolution*, 73.

Krauss J, Steffan-Dewenter I, Tschamtker T (2003). How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies?. *Journal of Biogeography*, 30, 889-900.

Kumar A (2014). Butterflies Abundance and species diversity in some urban habitats. *International Journal of Advance Research*. 2: 367-374.

Lange-Kabitz C, Reich M, Zoch A. (2021). Extensively managed or abandoned urban green spaces and their habitat potential for butterflies. *Basic and Applied Ecology*, 54, 85-97.

Laštůvka Z, Liška J (2011). Komentovaný seznam motýlů České republiky. *Biocont Laboratory*, Brno, 148 pp.

Lazzeri MG, Bar ME, Damborsky MP (2011) Diversity of the order Lepidoptera (Hesperioidea and Papilionoidea) from Corrientes city, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 59, 299-308.

Lemes R, Carvalho APS, Ribeiro TC, Morais ABB (2015). Butterflies from urban green areas in Santa Maria, southern Brazil (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP-Revista de Lepidopterologia*, 43, 95-111.

Lenda M, Skórka P, Moroń D, Rosin ZM, Tryjanowski P (2012). The importance of the gravel excavation industry for the conservation of grassland butterflies. *Biological Conservation*, 148, 180-190.

Lerman SB, Contosta AR, Milam J, Bang C (2018). To mow or to mow less: Lawn mowing frequency affects bee abundance and diversity in suburban yards. *Biological Conservation*, 221, 160-174.

Levhan KWA (2024). A Comprehensive Butterfly Checklist and Conservation Assessment at Baddagana Wetland Area, an Urban Ecosystem in Sri Lanka. Pp 200 in Proceedings of the 28th International Forestry and Environment Symposium 2024 of the Department of Forestry and Environmental Science, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka.

Lewis OT (2001). Effect of experimental selective logging on tropical butterflies. *Conservation Biology*, 15, 389-400.

Lin Y, Huang S, Fang W, Zhao Y, Huang Z, Zheng R, Huang J, Dong J, Fu W (2023). Butterfly Communities Vary under Different Urbanization Types in City Parks. *Animals*, 13, 1775.

MacArthur RH, Wilson EO (2001). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, 224 pp

Macek J, Laštůvka Z, Beneš J, Traxler L (2015) *Motýli a housenky střední Evropy IV – Denní motýli*. Academia, 540 pp.

Macgregor CJ, Bunting MJ, Deutz P, Bourn NA, Roy DB, Mayes WM (2022). Brownfield sites promote biodiversity at a landscape scale. *Science of the Total Environment*, 804, 150-162.

Maes D, Verovnik R, Wiemers M, Brosens D, Beshkov S, Bonelli S, Buszko J, Cantú-Salazar L, Cassar L-F, Collins S, Dincă V, Djuric M, Dušej G, Elven H, Franeta F, Garcia-Pereira P, Geryak Y, Goffart P, GóR A, Hiermann U, Höttinger H, Huemer P, Jakšić P, John E, Kalivoda H, Kati V, Kirkland P, Komac B, Kőrösi A, Kulak A, Kuussaari M, L'Hoste M, Lelo S, Mestdagh X, Micevski N, Mihoci I, Mihut S, Monasterio-León Y, Morgun DV, Munguira ML, Murray T, Nielsen PS, Ólafsson E, Ōunap E, Pamperis LN, Pavlíčko A, Pettersson LB, Popov S, Popović M, Pöry J, Prentice M, Reyserhove L, Ryrholm N, Šašić M, Savenkov N, Settele J, Sielezniew M, Sinev S, Stefanescu C, Švitra G, Tammaru T, Tiitsaar A, Tzirkalli E, Tzortzakaki

O, van Swaay CAM, Viborg AL, Wynhoff I, Zografou K, Warren MS (2019). Integrating national Red Lists for prioritising conservation actions for European butterflies. *Journal of Insect Conservation* 23, 301–330.

Maicher V, Sáfián S, Murkwe M, Delabye S, Przybyłowicz Ł, Potocký P, Kobe IN, Janeček Š, Mertens JE, Fokam EB, Pyrcz T (2020). Seasonal shifts of biodiversity patterns and species' elevation ranges of butterflies and moths along a complete rainforest elevational gradient on Mount Cameroon. *Journal of Biogeography*, 47, 342-354.

McGill BJ, Enquist BJ, Weiher E, Westoby M (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21, 178-185.

Meena DS, Dayakrishna (2017). Study on the species composition and status of free ranging butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) in Pt. G.B. Pant High Altitude Zoo, Nainital, Uttarakhand. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5: 1135-1139.

Melo DH, Duarte M, Mielke OH, Robbins RK, Freitas AV (2019). Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of an urban park in northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 19, e20180614.

Montejo-Kovacevich G, Marsh CJ, Smith SH, Peres CA, Edwards DP (2022). Riparian reserves protect butterfly communities in selectively logged tropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 59, 1524-1535.

Öckinger E; Dannestam Å, Smith HG (2009). The importance of fragmentation and habitat quality of urban grasslands for butterfly diversity. *Landscape and Urban Planning* 93, 31-37.

Öckinger E, Bergman KO, Franzén M, Kadlec T, Krauss J, Kuussaari M, Pöyry J, Smith HG, Steffan-Dewenter I, Bommarco R (2012). The landscape matrix modifies the effect of habitat fragmentation in grassland butterflies. *Landscape Ecology*, 27, 121-131.

Pearce-Kelly P, Clarke D, Robertson M, Andrews C (1991). The display, culture and conservation of invertebrates at London Zoo. *International Zoo Yearbook*, 30, 21-30.

Pendl M, Hussain RI, Moser D, Frank T, Drapela T. (2022). Influences of landscape structure on butterfly diversity in urban private gardens using a citizen science approach. *Urban Ecosystems*, 25, 477-486.

Perović D, Gámez-Virués S, Börschig C, Klein AM, Krauss J, Steckel J, Rothenwöhrer C, Erasmi S, Tschardt T, Westphal C (2015) Configurational landscape heterogeneity shapes functional community composition of grassland butterflies. *Journal of Applied Ecology* 52, 505-513.

Pinkert S, Barve V, Guralnick R, Jetz W (2022). Global geographical and latitudinal variation in butterfly species richness captured through a comprehensive country-level occurrence database. *Global Ecology and Biogeography*, 31, 830-839.

Pöyry J, Lindgren S, Salminen J, Kuussaari M (2004). Restoration of butterfly and moth communities in semi-natural grasslands by cattle grazing. *Ecological Applications*, 14, 1656-1670.

Rada S, Schweiger O, Harpke A, Kühn E, Kuras T, Settele J, Musche M (2019). Protected areas do not mitigate biodiversity declines: A case study on butterflies. *Diversity and Distributions*, 25, 217-224.

Rees PA (2011) *An Introduction to Zoo Biology and Management*, 1st Edition. Wiley and Blackwell, 432 pp.

Reinhardt R, Harpke A, Caspari S, Dolek M, Kühn E, Musche M, Trusch R, Wiemers W, Settele J (2020). *Verbreitungsatlas der Tagfalter und Widderchen Deutschlands*. Verlag Eugen Ulmer, 432 pp.

Restrepo LR, Halfpeter G (2013). Butterfly diversity in a regional urbanization mosaic in two Mexican cities. *Landscape and Urban Planning* 115, 39-48.

Revathy VS, Matthew G, Narayanankutty TP (2014). Role of recreated habitats in butterfly conservation: a case study at Thenmala, Kerala, India. *International journal of tropical insect science*, 34, 287-295.

Riwidiharso EDY, Santoso S, Sudiana E, Nasution EK, Aprilliana H, Chasanah T (2020). Insect diversity in various distances to forest edge in small nature reserve: A case study of Bantarbolang Nature Reserve, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21.

Rundlöf M, Smith HG (2006). The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of applied ecology*, 43, 1121-1127.

Saul-Gershenz L (2009) Insect Zoos. Pp 516-523 in Resh VH, Cardé RT (eds.), *Encyclopedia of Insects (Second Edition)*, Academic Press, London.

Sing KW, Jusoh WF, Hashim NR, Wilson, JJ (2016). Urban parks: refuges for tropical butterflies in Southeast Asia?. *Urban ecosystems*, 19, 1131-1147.

Soares GR, de Oliveira AAP, Silva ARM (2012). Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) from an urban park in Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil. *Biota Neotropica* 12, 209-217

Su Z, Li X, Zhou W, Ouyang Z (2015). Effect of Landscape Pattern on Insect Species Density within Urban Green Spaces in Beijing, China. *PLOS ONE* Volume 10, e0119276

Sushmita, BS, Daya SS, Kumar A (2021). Status of butterfly fauna (Order: Lepidoptera) in the summer season at Lucknow Zoo (Nawab Wajid Ali Shah Zoological Garden), U.P., India. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* 8, 856-868.

Stearns SC (1977). The evolution of life history traits: a critique of the theory and a review of the data. *Annual review of ecology and systematics*, 8, 145-171.

Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2000). Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecology Letters*, 3, 449-456.

Šlancarová J, Beneš J, Kristýnek M, Kepka P, Konvička M (2014). Does the surrounding landscape heterogeneity affect the butterflies of insular grassland reserves? A contrast between composition and configuration. *Journal of Insect Conservation*, 18, 1-12.

Tam KC, Bonebrake TC (2016). Butterfly diversity, habitat and vegetation usage in Hong Kong urban parks. *Urban Ecosystems* 19, 721-733.

Ter Braak CJF, Šmilauer P (2018). *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.1x*. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 536 pp.

Tiitsaar A, Valdma D, Õunap E, Remm J, Teder T, Tammaru T (2019). Distribution of Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) in Estonia: Results of a Systematic Mapping Project Reveal Long-Term Trends. *Annales Zoologici Fennici*, 56, 147-185.

Tiple AD, Khurad AM, Dennis RL (2007). Butterfly diversity in relation to a human-impact gradient on an Indian university campus. *Nota lepidopterologica*, 30, 179.

Tropek R, Kadlec T, Karešová P, Spitzer L, Kočárek P, Malenovský I, Banar P, Tuf IH, Hejda M, Konvička M (2010). Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology*, 47, 139-147.

Tropek R, Hejda M, Kadlec T, Spitzer L (2013). Local and landscape factors affecting communities of plants and diurnal Lepidoptera in black coal spoil heaps: Implications for restoration management. *Ecological Engineering*, 57, 252-260.

Uhl B, Woelfling M, Fiedler K (2020). Understanding small-scale insect diversity patterns inside two nature reserves: the role of local and landscape factors. *Biodiversity and Conservation*, 29, 2399-2418.

van Swaay CA, Nowicki P, Settele J, Van Strien AJ (2008). Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodiversity and Conservation*, 17, 3455-3469.

Veselovský Z, Felix J, Volf J (1983) *Všední den v pražské ZOO*. Albatros, Praha, 157 pp.

Vrba P, Beneš J, Čížek L, Filippov P, Fric ZF, Hauck D, Konvička M, Spitzer L (2024). Bark beetle outbreak and biodiversity in commercial spruce plantations: Responses of four model groups. *Forest Ecology and Management*, 555, p. 121700.

Wagner DL (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65, 457–480.

Weiss M, Kozel P, Zapletal M, Hauck D, Procházka J, Beneš J, Čížek L, Šebek P (2021). The effect of coppicing on insect biodiversity. Small-scale mosaics of successional stages drive community turnover. *Forest Ecology and Management*, 483, p.118774.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapka České republiky zachycující polohu zoologických zahrad, kde proběhla inventarizace denních motýlů. Modře jsou zobrazeny členské zahrady UCSZOO, žlutě nečlenové UCSZOO. 15

Obrázek 2: Mapa okolí ZOO Praha s vykreslenými jednotlivými částmi krajinných typů. 17

Obrázek 3: Sloupcové grafy srovnávající dvacet ZOO České republiky podle celkového počtu druhů denních motýlů (nahore) a počtu druhů denních motýlů zahrnutých v Červeném seznamu (Beneš & Konvička 2017). 23

Obrázek 4: Ordinační biplot z analýzy hlavních komponent (PCA), vizualizující vzájemné vztahy všech proměnných, použitých jako vysvětlující proměnné pro analýzu společenstev denních motýlů ve 20 ZOO České republiky. 25

Obrázek 5: Prvky vícenásobného regresního modelu, vysvětlujícího počty druhů denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky. 27

Obrázek 6: Ordinační biplot (DCA) uspořádávající 20 sledovaných zoologických zahrad podle jejich fauny denních motýlů. Modře: členské zahrady UCSZOO, žlutě: nečlenové UCSZOO. 28

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled sledovaných ZOO, lepidopterologů, kteří v nich sledovali denní motýly, a vysvětlujících proměnných, získaných převážně z výročních zpráv jednotlivých institucí..... 18

Tabulka 2: Přehled všech druhů uspořádaných do čeledí vysledovaných motýlů v jednotlivých ZOO. 22

Tabulka 3: Výsledky jednocestných regresí (glm, všechny proměnné standardizován na nulový průměr a jednotkovou SD, Gaussovská link-funkce), použitých k vysvětlení počtu druhů denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky. Hodnoty P (uvedené jen pro $P < 0,1$) srovnávají fitovaný model s nulovým modelem ($y \sim +1$). 26

Tabulka 4: Výsledky nepřímé (DCA) a přímých (RDA) ordinací, analyzujících druhové složení denních motýlů ve dvaceti ZOO České republiky..... 28

Seznam použitých zkratk

a. s. – Akciová společnost

o. p. s. – Obecně prospěšná společnost

p. o. – Příspěvková organizace

ZOO – Zoologická zahrada (míněny i zookoutky, zooparky a příbuzné instituce)