

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Význam vlastností vážek na jejich  
detekovatelnost**

Effect of dragonfly traits on their detectability

**Diplomová práce**

**Vedoucí práce: Mgr. Filip Harabiš, Ph. D.**

**Diplomant: Bc. Tomáš Vébr**

**2017**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Vébr

Ochrana přírody

Název práce

Význam vlastností vážek na jejich detekovatelnost

Název anglicky

Effect of dragonfly traits on their detectability

---

### Cíle práce

Řada studií poukazuje na fakt, že pravděpodobnost nalezení určitého druhu na lokalitě nesouvisí jen s jeho početností, ale i s dalšími faktory. Mohou to být zkušenosti pozorovatele nebo vlastnosti (traits) samotného druhu, jako je velikost, zbarvení, aktivita či skrytý způsob života. Většina studií zabývajících se biodiverzitou pracuje s druhovou početností, a pokud se u jednotlivých druhů výrazně liší, mohou být závěry těchto studií výrazně zkresleny. Informace o detekovatelnosti jednotlivých druhů jsou velmi důležité a zásadní pro správné vyhodnocování biologických průzkumů i při managementu a ochraně chráněných druhů.

Cílem této diplomové práce je pomocí vhodné statistiky analyzovat význam vlastností vážek (Odonata) na jejich detekovatelnost. Dalšími zkoumanými proměnnými, bude zkušenost sběratele dat, velikost a charakter lokality.

### Metodika

Rešeršní část diplomové práce bude vypracována za použití převážně zahraničních zdrojů, pocházejících zejména z odborných vědeckých časopisů. V experimentální části budou na 20 vhodných lokalitách zaznamenávání všichni pozorovaní dospělci řádu Odonata. Každá lokalita bude navštívena 6x v období od května do září 2016 a bude vždy systematicky procházena po dobu 20 minut, přičemž bude zaznamenáno, jak rychle byl daný druh zjištěn (s) a jeho relativní početnost. Na místě budou zaznamenány vybrané environmentální proměnné. Tato data budou dále analyzována a porovnána s daty kolegů s různou zkušeností sběru.

Harmonogram řešení:

březen až duben 2016: výběr lokalit

květen až září 2016: sběr dat

září až listopad 2016: analýza dat

listopad 2016 až duben 2017: vlastní zpracování práce

Doporučený rozsah práce

50 stran + přílohy

Klíčová slova

detekovatelnost, vážky (Odonata), vlastnosti vážek, biodiverzita

---

Doporučené zdroje informací

Corbet PS., 1999. Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. Ithaca, NY: Cornell University Press. 829 pp.

Garrard GE., Bekessy SA., McCarthy MA. & Wintle BA., 2015: Incorporating detectability of threatened species into environmental impact assessment. Conservation Biology 29: 216 – 225.

Garrard GE., McCarthy MA., Williams NSG., Bekessy SA., & Wintle BA., 2013: A general model of detectability using species traits. Methods in Ecology and Evolution 4: 45 – 52.

Powney GD., Brooks SJ., Barwell LJ., Bowles P., Fitt RNL., Pavitt A., Spriggs RA. & Isaac NJB., 2014: Morphological and geographical traits of the British Odonata. Biodiversity Data Journal 2: e1041.

---

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Filip Harabiš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci pod vedením Mgr. Filipa Harabiše, Ph. D. vypracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 18. 4. 2017

.....

## **Poděkování**

Nejvíce bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Mgr. Filipovi Harabišovi, Ph.D. za odborné vedení této práce, za vždy vstřícný a pozitivní přístup, ochotu, cenné rady a obětovaný čas. Dále děkuji svým kolegům za velkou pomoc při sběru dat. Bc. Stanislavu Švačkovi děkuji za výpomoc v terénu a poskytnuté fotografie. Velké díky patří mým nejbližším, kteří mě podporovali při psaní této práce, ale i během celého studia.

## **Abstrakt**

Vážky (Odonata) patří k nejznámějším a nejlépe prozkoumaným skupinám bezobratlých na světě. V ochraně přírody a ekologii mají své nezastupitelné místo a jsou stále oblíbenější skupinou mezi laickou veřejností. Výzkumy vážek již poskytly množství dat pro testování důležitých ekologických a evolučních hypotéz, avšak z jejich studia vyplývají i určité nedostatky. Hlavním nedostatkem sběru dat v terénu je tzv. nedokonalá detekovatelnost. Tento faktor může zkreslovat všechna data o diverzitě, vážky nevyjímaje. Určité druhy mohou být díky svým vlastnostem v prostředí téměř neviditelné, zatímco jiné mohou být objeveny téměř okamžitě. Výsledky studií tak mohou být značně zkresleny ve prospěch lépe detekovaných druhů. V ochraně přírody to může vést například k zanedbání péče nebo špatně zvolenému managementu, ale důsledků je mnohem více. Přesto je doposud věnováno detekovatelnosti u vážek jen velmi málo pozornosti. Cílem této práce je přinést informace o tomto problému a odhalit konkrétní vlastnosti vážek ovlivňující jejich detekci. Sběr dat probíhal po dobu 2 sezón na 43 lokalitách v různých oblastech ČR. Každá lokalita byla navštívena 6 × a po dobu 10 minut byla systematicky procházena. Během této doby byly zaznamenávány všechny pozorované druhy vážek s přesným časem jejich objevení. Následně byly testovány vlastnosti a faktory ovlivňující detekci. Ukázalo se, že detekovatelnost různých druhů vážek se opravdu velmi liší. Zjistil jsem, že nejlépe jsou detekovány běžné druhy s vysokou abundancí, a také druhy s modrým zbarvením. Detekovatelnost byla lepší na menších lokalitách a zlepšovala se i se zkušenostmi pozorovatele. Významná byla také velikost těla vážek. Naopak se neprokázal vliv letových a disperzních schopností druhů. Výsledky této práce tak odhalily důležité faktory ovlivňující detekci, na základě čehož bude možné zlepšit metodiku zkoumání vážek s větším zaměřením na hůře detekovatelné druhy.

**Klíčová slova:** Odonata, nedokonalá detekce, charakteristiky druhů, početnost, monitoring biodiverzity

## **Abstract**

Dragonflies and damselflies (Odonata) are among the best investigated insects in the world. They are a model group in the conservation biology and ecology and recently are becoming increasingly popular among the general public. Dragonfly research provided a lot of valuable data, which helped to test several important ecological and evolutionary hypotheses. Unfortunately several authors highlighted the fact that studies in ecology can be significantly biased. A fundamental shortage in data is called imperfect detectability. This factor can affect all data of diversity, including dragonfly monitoring. Several species with specific characteristics (traits) can be almost invisible, while others can be detected almost immediately. In this way results can be significantly biased in favor of better detectable species. The aim of this work was to provide information about this neglected topic and analyze which dragonfly traits affecting their detection. Data were collected during two seasons at 43 sites in various areas in the Czech Republic. Each site was sampled for 10 minutes 6 times per season. All observed species were recorded with specific time of their discovery for each site. Subsequently, species traits and other factors affecting detection time have been analyzed. It was found, that species differ in their detectability. Detection time was lower for common species with higher abundance and blue coloring. Area of the site and experience of the observer had also a significant influence. Significant was also the size of the body. On the contrary, effect of dispersal ability and flight activity was not significant. I believe that my study will improve the general knowledge about the species detectability of dragonflies, which can be used to improve methodology in dragonfly monitoring and improve awareness about a less detectable species.

**Key words:** Odonata, imperfect detection, species traits, abundance, biodiversity monitoring

# Obsah

1. Úvod .....	9
1.1 Detekovatelnost .....	11
1.1.1 Pravděpodobnost objevení druhu .....	11
1.1.2 Příčiny nedokonalé detekovatelnosti.....	12
1.1.3 Detekovatelnost jako klíčový problém.....	13
1.2 Vážky a detekovatelnost .....	14
1.2.1 Vývojová stádia vážek .....	14
1.2.2 Rizika výzkumu vážek (dospělci, larvy, svlečky) .....	15
1.2.3 Detekovatelnost svleček a larev.....	16
1.2.4 Detekovatelnost imag .....	17
1.3 Rozdíly řádu Odonata.....	18
1.3.1 Anisopterní a zygopterní vážky .....	18
1.3.2 Mezidruhové rozdíly.....	18
1.3.3 Rozdíly samců a samic.....	19
1.4 Traity .....	21
1.4.1 Zbarvení.....	22
1.4.2 Velikost a tvar těla.....	26
1.4.3 Způsob letu a letová aktivita .....	27
1.4.4 Abundance .....	30
2. Cíle práce.....	31
3. Metodika .....	32
3.1 Studovaná oblast.....	32
3.2 Sběr dat .....	33
3.3 Statistická analýza .....	35
4. Výsledky .....	36
5. Diskuze .....	43
5.1 Početnost .....	43
5.2 Vlastnosti druhů .....	45
5.3 Charakteristika lokalit a zkušenosti pozorovatele .....	49
6. Závěr.....	50
7. Seznam použité literatury .....	52
8. Seznam příloh.....	60
9. Přílohy .....	61



# 1. Úvod

Vážky (*Odonata*) patří bezesporu k těm nejlépe prozkoumaným skupinám bezobratlých na světě (Córdoba-Aguilar 2008). Těší se pozornosti vědců, ochránců přírody, a stále častěji také laické veřejnosti (Primack et al. 2000, Lemelin 2009). Spolu s motýly tvoří vážky důležité vlajkové a deštníkové druhy (Moore 1997). Výrazně zvyšují zájem o bezobratlé (Barua et al. 2012), a jejich ochrana pomáhá i méně známým nebo ne tak oblíbeným skupinám členovců (Suh & Samways 2001). Za zvýšenou pozornost vděčí vážky hlavně svým neobyčejným vlastnostem (Kalkman et al. 2008), které z nich dělají opravdové klenoty mezi hmyzem. Snad každý už někdy viděl vážku. Ať už ji pozoroval v přírodě, nebo ji spatřil na fotografiích či obalech knih a časopisů, jistě ho na první pohled zaujalo překrásně zbarvené a tvarované tělo s pevnými křídly a velkýma očima. Není divu, že tento hmyz okouznil nejednoho milovníka přírody. Během posledních 50-ti let bylo shromážděno impozantní množství informací o chování a ekologii tohoto atraktivního hmyzu (Corbet 2004, Córdoba-Aguilar 2008) a vážky se postupně staly předmětem mnoha vědeckých výzkumů v oblasti ekologie a ochrany přírody (Moore 1997).

Vážky jsou předmětem zájmu z mnoha důvodů. Jsou to predátoři ostatních bezobratlých (Turner & Chislock 2007), významná potrava pro obratlovce (Johansson et al. 2006), a tudíž nezastupitelní členové potravních sítí (Knight et al. 2005). Díky poměrně známé diverzitě jsou také velmi dobře dostupné pro výzkum (Clausnitzer et al. 2009). Najdeme je snad u všech sladkovodních biotopů, od pramenů potoků, přes jezera, rybníky, mokřady, malé tůňky, až po břehy velkých řek (Waldhauser & Černý 2013). Mezi druhy vážek nalezneme i specialisty, kteří jsou velmi nároční na specifické podmínky prostředí a potřebují k přežití vhodné podmínky stanovišť (Korkeamäki & Suhonen 2002). Tato skutečnost velmi přispívá jejich ochranné hodnotě. Vážky v posledních letech ubývají po celém světě mimo jiné kvůli ničení a degradaci vhodných biotopů (Clausnitzer et al. 2009), a jsou často považovány za vynikající indikátory zdraví ekosystémů (Golfieri et al. 2016) a změn v krajině (Monteiro-Júnior et al. 2014). Jejich larvy obývající vodní prostředí poskytují důležité informace o kvalitě a znečištění vody, hlavně těžkými kovy a pesticidy (Catling 2005). Dospělci pak informace o stavu terestrického biotopu kolem vodních ploch (Samways 1999). Abundance a diverzita vážek může napovědět mnohé o kvalitě ekosystémů

(Simaika & Samways 2009). Kromě toho jsou vážky využívány jako dobré indikátory změn klimatu (McNeely 2010). Stále častěji slouží také jako indikátory k hodnocení úspěchu či neúspěchu ochrannářských aktivit a různých managementů (Raebel et al. 2012). Stejně jako jiný hmyz, vážky díky svým krátkým životním cyklům dokážou velmi rychle reagovat na změny v krajině a osídlovat nové vhodné plochy (Thomas 2004). Proto mohou mnohem rychleji než obratlovci reflektovat pozitivní důsledky ochrannářských činností (Hanel & Zelený 2000). Vědecké studie využívající vážky jako modelovou skupinu již poskytly velmi důležité podklady pro testování mnoha evolučních a ekologických hypotéz, pomohly k pochopení řady přirozených procesů a poskytly neocenitelnou řadu ekologických poznatků (Córdoba-Aguilar 2008). Vzhledem k jejich charismatu a úloze v ekosystémech budou vážky pravděpodobně i nadále hrát důležitou a nezastupitelnou roli ve studiu životního prostředí a ochraně přírody.

Přestože jsou vážky tak intenzivně studovány a hojně využívány v ekologii a ochraně přírody, objevují se při jejich výzkumech značné nedostatky (Giugliano et al. 2012). Většina informací o vážkách se získává z terénních průzkumů a přímého odchytu jedinců v přírodě (Córdoba-Aguilar 2008). Je zřejmé, že podmínky při takovýchto průzkumech nemohou být konstantní. Při práci v terénu se vždy projevují faktory, jako vlastnosti jednotlivých lokalit, počasí či zvolený počet návštěv (DuBois 2015). Studie mohou být například velmi ovlivněny tím, kdo daný výzkum provádí a jeho zkušenostmi sběru dat (Nowicki et al. 2008). Předně, existuje velké množství metod sběru dat vážek a v podstatě každý dělá odběr vzorků vlastním, trochu odlišným způsobem (Córdoba-Aguilar 2008). Hlavní otázka, která vyvolává neshody a rozpory mezi odborníky vážek po celém světě, je, které vývojové stádium vážek vlastně zkoumat (Raebel et al. 2010, Bried et al. 2012, Bried et al. 2015). Je lepší vodní larva, létající imago nebo exuvie (svlečka) zanechaná na lokalitě po proměně jedince (Giugliano et al. 2012)?

Toto jsou jen některé z problémů studia vážek. Avšak jeden zásadní faktor, který je mnohdy přehlížen a podceňován, stojí, dalo by se říci nad všemi ostatními, jelikož dokáže velmi zásadně ovlivňovat a zkreslovat naprosto všechny terénní výzkumy týkající se diverzity. Tímto faktorem je tzv. nedokonalá detekovatelnost (Bried et al. 2015, Dubois 2015). Detekovatelnost, nebo-li pravděpodobnost objevení (MacKenzie et al. 2002), ať už přítomného imaga, larvy či svlečky na lokalitě, má obrovský význam, jelikož se zásadně liší nejen mezi jednotlivými stádii vážek (Giugliano et al. 2012), ale

také mezi různými druhy. Mnohé nedostatky studia vážek se dají celkem jednoduše odstranit, například vhodným načasováním výzkumu, avšak problémy spojené s detekovatelností se odhalují a řeší jen velmi těžko.

## **1.1 Detekovatelnost**

### **1.1.1 Pravděpodobnost objevení druhu**

Abychom pochopili, proč detekovatelnost tak zásadně ovlivňuje data o diverzně vážek, musíme se na tento problém zaměřit trochu podrobněji. Jak už bylo řečeno, detekovatelnost (detektabilita) je jakási pravděpodobnost objevení, a to určitého objektu našeho zájmu (MacKenzie et al. 2002). V biologických průzkumech se jedná nejčastěji o jedince konkrétního druhu (Kéry & Schmidt 2008). Problém je ten, že pravděpodobnost objevení je často nízká (Chen et al. 2013, Clarke et al. 2012). Pokud jsou jedinci určitého druhu špatně viditelní, může se stát, že nebude při výzkumu odhalen ani jeden z nich. V takovém případě už se nedá zkreslení jednoduše přehlížet (Tyre et al. 2003). Vzniklá nepřesnost označovaná jako falešná absence, vlastně říká, že se druh na lokalitě nevyskytuje, přesto že je zde přítomen (Pellet 2008). To může přirozeně ovlivnit výsledky všech ekologických a ochránářských studií. Falešné absence jsou při výzkumech relativně běžné (Tyre et al. 2003) a nevyhýbají se žádné skupině organismů (Gu & Swihart 2004). Souvisejícím problémem je nechtěné upřednostňování lépe viditelných druhů. Určité druhy jsou ve svém prostředí zkrátka tak dobře viditelné, že jsou detekovány téměř vždy a s naprostou jistotou (Wintle et al. 2005). Mohou tak poutat většinu pozornosti, čímž vlastně nepřímo zvyšují riziko falešných absencí. Detekci živočichů může výrazně zlehčovat například jejich pohyblivost nebo zvukové projevy (de Solla et al. 2005). Kvetoucí rostliny může prozradit výrazná barva, dlouhý stonek ale i vůně (Garrard et al. 2013). Občas se stává, že vlivem špatné identifikace, dojde dokonce k záměně druhů a pozorovatel zaznamená druh, který se na lokalitě vůbec nevyskytuje. Toto zkreslení se označuje jako tzv. falešná pozitivní absence (Wintle et al. 2005). Přestože není tak častá, jako falešná absence, může výrazně ovlivnit data. Nebezpečí omylu je zde hlavně pro nevýrazné a lehce zaměnitelné druhy.

### 1.1.2 Příčiny nedokonalé detekovatelnosti

Detekovatelnost je evidentně ovlivňována mnoha specifickými vlastnostmi, kterými je každý druh obdařen (Clarke et al. 2012, Ng & Driscoll 2015). Dalo by se předpokládat, že čím jsou druhy rozdílnější, tím více se bude lišit i jejich detekovatelnost, avšak velmi podobné druhy mohou být mnohem snáze zaměněny mezi sebou (Wintle et al. 2005). Nelze tedy jednoduše říci, jaké vlastnosti nejvíce ovlivňují detekci. Na první pohled patrné rozdíly ve tvaru těla, velikosti a barvě mají jistě ohromný význam (Johnston et al. 2014), ale odlišnosti v chování, životních strategiích a celkové ekologii mohou být ještě důležitějšími ukazateli (Dennis et al. 2006). Některé druhy živočichů mají tendenci se nenáhodně pohybovat po lokalitě během dne, například kvůli obraně teritoria nebo rozmnožování (Wintle et al. 2005). Nemusí se tak při výzkumu vůbec ocitnout poblíž pozorovatele. V takovém případě jejich odhalení neovlivní ani výrazné zbarvení, ani veliké tělo. Určité druhy se navíc před člověkem záměrně skrývají a pohybují se směrem od něho (Dolný et al. 2007), jiné druhy se naopak vystavují a přítomnost člověka je nijak neomezuje (Waldhauser & Černý 2013). Rostliny zase svým přisedlým způsobem života nikterak neulehčují své odhalení v okolní vegetaci (Clarke et al. 2012). To vše hraje zásadní roli v ekologických studiích a mělo by to být zohledněno.

Detekovatelnost je také úzce spojena se skutečnou druhovou abundancí (Pellet 2008). Je logické, že čím více jedinců daného druhu na lokalitě žije, tím se zvyšuje pravděpodobnost jeho objevení. Přitom abundance nevypovídá jen o tom, jak se druhům na lokalitě daří a jestli zde mají ideální podmínky pro život. Mnohem častěji je spojena spíše s životní historií každého druhu (Grime 1977).

Nejen vlastnosti druhů, ale i environmentální podmínky na lokalitách mají vliv na detekovatelnost (van Swaay et al. 2008). Bylo prokázáno, že například otevřenost stanoviště, hustota vegetace, množství opadu, či klimatické podmínky ovlivňují více či méně detektabilitu různých organismů (Wintle et al. 2005, Johnston et al. 2014). Jedinci se mohou shlukovat podle podmínek prostředí a mohou tak být na lokalitách nenáhodně rozmístěny (Wintle et al. 2005). Počasí je obzvláště důležité, a i když by se měly výzkumy dělat za standardizovaných podmínek, mohou být i malé odchylky v teplotě, větru, tlaku či oblačnosti významné (Wikstroem et al 2009). Detektabilita se mění nejen v prostoru, ale i v čase (Pellet 2008). Zásadní jsou rozdíly v detekci během dne, což není překvapením, jelikož se druhy zkrátka často chovají jinak v ranních hodinách

a jinak například pozdě odpoledne (Waldhauser & Černý 2013). Meziroční rozdíly ale i silné rozdíly během jedné sezony v detekovatelnosti zaznamenal například Pellet (2008) pro čtyři druhy denních motýlů, při procházení vytyčených transektů.

Zkušenosti pozorovatele mohou bezpochyby také výrazně ovlivnit výzkum. Pokud porovnááme data sesbíraná od různých lidí, pravděpodobně se vždy liší (Córdoba-Aguilar 2008). Dokonce i zběhlí pracovníci často přehlédnou v terénu některé druhy (Kéry & Plattner 2007), což pak teprve nezkušení začátečníci. Pokud provádí jeden pozorovatel odběr vzorků několikrát na stejné lokalitě, může podvědomě hledat druhy intenzivněji na místech, kde už je viděl předtím (Nowicki et al. 2008). Je těžké si představit, co všechno může ovlivňovat detekovatelnost odlišných druhů. Různé faktory s vlivem na detekci nelze často od sebe ani oddělit, jelikož působí společně (Kéry & Plattner 2007). Mohou svůj efekt navzájem zeslabovat, ale i zesilovat, což ještě zvyšuje riziko falešných absencí.

### **1.1.3 Detekovatelnost jako klíčový problém**

Nedokonalá detekovatelnost je zdrojem rozsáhlých nepřesností, vede ke zkreslení druhové rozmanitosti a diverzity (Johnston et al. 2014), komplikuje ekologické studie a maří účinný management ochrany přírody (Garrard et al. 2015). Mnoho autorů prokázalo nedokonalou detekovatelnost pro různé skupiny organismů, přičemž pravděpodobnost objevení druhu na lokalitě nedosahovala často ani 60 % (Kéry & Plattner 2007, Clarke et al. 2012, Johnston et al. 2014). Nedokonalá detekovatelnost může napomáhat k zanedbání péče o vzácné a chráněné druhy rostlin a živočichů nebo k jejich nežádoucí likvidaci. Při posuzování vlivu záměrů na životní prostředí, je klíčové provedení biologických, popřípadě naturových hodnocení (Garrard et al. 2015). Jedná se vlastně o zjišťování, jaké druhy na místě, kde má být záměr proveden, žijí a do jaké míry budou tímto záměrem ovlivněny. Projekt je nutné navrhnout tak, aby co nejméně poškodil zájmové druhy (Garrard et al. 2015). V případě významného vlivu může být stavební činnost dokonce zamítnuta. K tomu však nedojde, pokud se vlivem špatné detekovatelnosti vzácné a ohrožené druhy na stanovišti vůbec nezjistí. V takovém případě nelze přirozeně navrhnout účinný management na jejich ochranu. Poslední lokality ohrožených druhů tak mohou zanikat, aniž by si toho kdokoliv povšiml (Garrard et al. 2013).

Jak již bylo řečeno, může nesprávná detektabilita vést i k nadhodnocení určitých lépe viditelných druhů. Managementová opatření se pak mohou soustředit pouze na tyto druhy, které zde například ani nemusí vytvářet stabilní populace. Pohybliví živočichové mohou být zaznamenáni například i náhodou při zatoulání z okolních lokalit (Raebel et al. 2010). Mnohem vzácnější a nespátené původní druhy s jinými nároky na prostředí pak mohou strádat kvůli špatně zvolenému managementu. Včasná detekce je klíčová také pro účinný management invazních druhů (Timmins & Braithwaite 2002), pro přesné mapování distribuce druhů nebo sledování změn v krajině. Studium organismů a obecně všechny výzkumy založené na diverzně a abundanci druhů jsou přímo závislé na správné detekovatelnosti.

Přestože je detekovatelnost tak významná, ví se o faktorech, které jí ovlivňují, doposud jen málo. Podrobněji byla zkoumána pouze na několika skupinách organismů. Relativně hodně studií zkoumalo detekovatelnost u kvetoucích rostlin (Kéry & Gregg 2003, Alexander et al. 2009, Ng & Driscoll 2015). U živočichů se nedokonalá detekovatelnost nejvíce řešila u ptáků (Quinn et al. 2011, Johnston et al. 2014) a obojživelníků (Bailey et al. 2004, de Solla et al. 2005). Pár autorů tento problém nastínilo pro malé savce (Wintle et al. 2005). Jen velmi málo takovýchto studií je k dispozici pro taxony bezobratlých (Kéry & Plattner 2007), přičemž většina z nich byla zpracována pro denní motýly (Dennis et al. 2006, van Swaay et al. 2008).

Pro vážky jsou studie řešící detekovatelnost jen velmi vzácné a omezené. Vzhledem k tomu, že je většina výzkumů vážek založena na zjišťování, které druhy na lokalitě žijí (Moore 1997), je to zásadní problém. Přirozeně, pokud se nepodaří v terénu zjistit podstatnou část přítomných druhů vážek nebo důkazů o jejich výskytu, ztrácí samotné výzkumy smysl. Vzhledem k velkému množství studií a významu, který vážky v ekologii a ochraně přírody mají (Córdoba-Aguilar 2008), je otázka jejich správné detekovatelnosti klíčová.

## **1.2 Vážky a detekovatelnost**

### **1.2.1 Vývojová stádia vážek**

Jak známo, vážky prochází během svého života několika různými životními fázemi, které se od sebe diametrálně liší. Život vážky začíná ve vajíčku, které klade samice v závislosti na druhu přímo do vody, na stonky rostlin, do substrátu dna

nebo i na listy břehových dřevin (Waldhauser & Černý 2013). Z vajíčka se postupně vyvíjí pohyblivá dravá larva, která roste a zůstává ve vodě až několik dlouhých let. Larva prochází ve vodě několika instary a pokaždé svléká starou kutikulu (Moore 1997). Po dokončení vývoje opouští larva vodní prostředí a vylézá na břeh. Zde se uchycuje na stéblech trav, kamenech či kusech dřeva a mění se v okřídlenou vážku (Hanel & Zelený 2000). Po vylíhnutí z larválních obalů zanechá vážka na místě přeměny svlečku, nebo-li tzv. exuvii. Po oschnutí odlétá dospělá vážka za potravou a po několika dnech až týdnech dosahuje dospělec pohlavní zralosti (Waldhauser & Černý 2013).

Většina studií vážek se provádí téměř výhradně na larvách, dospělých nebo svlečkách (Giugliano et al. 2012). Vajíčka se přirozeně k výzkumu nepoužívají, jelikož je složité je vůbec nalézt natož je nějak odlišit (Córdoba-Aguilar 2008). Za nejpřesnější metodu se považuje komplexní sběr všech larev, dospělců i svleček (Giugliano et al. 2012). Tato metoda je však velmi časově a finančně nákladná a proto se příliš často nevyužívá (Córdoba-Aguilar 2008). Při sběru jen jednoho stádia vážek, je doporučeno zaměřit se právě na svlečky (Dubois 2015). Druhou nejpřesnější metodou je sběr vodních larev. Dospělci jsou překvapivě považováni za nejméně přesnou metodu sběru dat (Córdoba-Aguilar 2008) i přes to, že je většina průzkumů zaměřena právě na ně (Raebel et al. 2010).

### **1.2.2 Rizika výzkumu vážek (dospělci, larvy, svlečky)**

Hlavním důvodem proč jsou průzkumy postavené výhradně na sledování dospělců často kritizovány, je velká schopnost disperze imag (Raebel et al. 2010). Některé druhy vážek jsou velmi mobilní a během svého života dispergují na vzdálenosti několika kilometrů (Stettmer 1996). Převážně dospělci anisopterních vážek jsou často velmi dobří letci. Při hledání potravy se rozptylují do velkých vzdáleností, kolonizují nová stanoviště nebo jen tak slídí po okolí. Mohou tak být spatřeny často i na lokalitách kde se nerozmnožují, nebo kde nemají vhodné podmínky pro vývoj (Raebel et al. 2010). Vzhledem k tomu se ukazuje, že průzkumy založené na dospělých často vedou k nadhodnocování diverzity druhů, a v datech jsou často i druhy, které se sem zatoulaly z okolních lokalit (Giugliano et al. 2012).

Přítomnost larev vážek mnohem lépe odráží kvalitu vodního prostředí na lokalitě (Bried et al. 2015). Jejich přítomnost naznačuje, že se zde daný druh opravdu

rozmnožuje a dokáže zde dlouhodobě přežívat. Vzhledem k omezené pohyblivosti larev a nutnosti setrvat ve vodě, nehrozí, že by zde byly zaznamenány některé druhy náhodně. Vodní larvy už však hůře indikují podmínky stanovišť kolem vodní plochy (Tangen et al. 2003, Raebel et al. 2012). Hůře se rozpoznávají než létající dospělci a to zvláště na úrovni druhů. Problém je zejména s jejich odlišnými instary. Taxonomie, popisy a klíče jsou pro larvy jen velmi omezené (Tennesen 2011). Sběr dat je navíc pro larvy ve většině případů spojen s nutností jejich usmrcení (Benke & Benke 1975, Corbet 1999), jelikož je často nutné je určovat až doma pod binokulární lupou.

Hledání svleček je často považováno za nejlepší metodu sběru dat. Jedná se o nedestruktivní metodu, při které nejsou nikterak poškozováni živí jedinci například ohrožených druhů vážek (Foster & Soluk 2004, Watts et al. 2005). Předně však svlečky ukazují, že se jedinec na lokalitě skutečně rozmnožil a zároveň prošel všemi životními stádii (Raebel et al. 2010). To je důležité pro správné uchopení biodiverzity a distribuce jednotlivých druhů na lokalitách. Někteří autoři dokonce považují sběr svleček za jedinou správnou metodu zkoumání vážek (Raebel et al. 2010). Tento předpoklad, je však velmi diskutabilní (Bried et al. 2012) a to právě kvůli nedokonalé detekovatelnosti. Pravděpodobnost objevit přítomné imago, larvu či svlečku na lokalitě, se zásadně liší (Giugliano et al. 2012) a obecně bývá mnohem těžší detekovat právě svlečky. Jedná se také o časově velmi náročnou metodu.

### **1.2.3 Detekovatelnost svleček a larev**

Není překvapením, že nenápadné, krypticky zbarvené a nepohyblivé svlečky jsou odhalovány s menší pravděpodobností než létající barevná imaga (Handersen 2008). I při důkladném intenzivním hledání může zůstat mnoho svleček nespátřeno v husté vegetaci nebo špatně dostupném terénu (Dubois 2015). Autoři Bried et al. (2012) porovnávali rozdíly v detekovatelnosti svleček a dospělců na lokalitách v jihozápadní Francii. Ve své studii prokázali, že při hodinovém intenzivním hledání, se zjistí mnohem méně přítomných svleček, než dospělců za dvacet minut. U této metody tak velmi záleží na intenzitě průzkumu, který by měl ideálně probíhat podrobně každý den (Bried et al. 2012). Tím se však snižuje možnost navštívit a prozkoumat více lokalit najednou, což snižuje možnost získat potřebné množství dat.

Velkou roli při detekci svleček mají environmentální podmínky, jako jsou přístupnost lokality, hustota vegetace nebo druhové složení bylin a dřevin (Dubois



2015), to vše může ulehčovat nebo naopak ztěžovat odhalení exuvií. Aktivita různých živočichů na lokalitě je rovněž velmi významná. Malí bezobratlí jako jsou mravenci, mohou záměrně přemisťovat a odnášet exuvie do svých hnízd. Dobytek a velká zvěř zahrnující divoká prasata a jeleny může shodit nebo poškodit svlečky při prodírání vegetací (Dubois 2015). V oblastech s velkou hustotou zvěře, může být vegetace na lokalitách zcela podupána a zničena. Exuvie spadlé na zem splývající s podkladem je pak téměř nemožné objevit. Svlečky, které zůstanou na vegetaci, jsou často tak odřené a poškozené, že se nedají vůbec určit (Dubois 2015). V neposlední řadě mají velký vliv na objevení svleček podmínky počasí. Hlavně silný vítr a prudký déšť dokáže zničit a shodit většinu přítomných exuvií. Vlivem intenzivních dešťů může také stoupnout hladina vody a smýt exuvie přichycené v bezprostřední blízkosti vodního toku.

Problémy s detekovatelností se netýkají pouze svleček, nastávají i při sběru vodních larev. Přestože jsou nymfy na rozdíl od svleček živé a pohyblivé, nelze očekávat, že budou stejně viditelné jako barevní létající dospělci (Bried et al. 2015) Jejich detekci ovlivňují vlastnosti vodní plochy, jako je například čistota a hloubka vody nebo materiál a složení dna. Důležité je také množství a složení vodní vegetace. Je evidentní, že pravděpodobnost objevit různá životní stádia vážek se hodně liší. Nelze proto jednoznačně říci, která metoda sběru dat je ta absolutně nejlepší (Giugliano et al. 2012). V závislosti na cílech studie mohou svlečky, larvy i imaga poskytnout odpovědi na důležité ekologické a ochranné otázky. Avšak výsledky získané z různých metod sběru dat by se neměly nikdy zaměňovat (Giugliano et al. 2012), a to právě kvůli odlišné detekovatelnosti jednotlivých stádií.

#### **1.2.4 Detekovatelnost imag**

Je evidentní, že se detekovatelnost během životního cyklu vážek mění. Pokud srovnáváme suché pozůstatky kutikuly (exuvie) s živými létajícími imagy, snad ani nelze čekat opak. Přestože studií, řešící tento problém, je velmi málo, alespoň nějaké existují (Bried et al. 2012). Několik autorů dokonce zkoumalo mezidruhové rozdíly v detekovatelnosti svleček (Dubois 2015). Co je však s podivem, že se doposud nikdo nezabýval detekovatelností dospělců vážek. Nikdo zatím nezkoumal pravděpodobnost objevení imag různých druhů, přesto, že se většina průzkumů soustředí právě na ně. Přitom jsou to právě dospělci, kteří jsou ohromně variabilní a odlišní na mezidruhové úrovni. Pokud existují výrazné mezidruhové rozdíly na úrovni larev a svleček, pak jsou

zpravidla ještě umocněny po přeměně v dospělce (Hanel & Zelený 2000). Jednotlivé taxony se liší nejen složením těla, velikostí, barvou, chováním, či způsobem letu, ale mají mnohdy zcela odlišnou ekologii (Dolný et al. 2007). Rozdíly jsou často tak markantní, že by bylo pošetilé předpokládat, že budou na lokalitě objevovány se stejnou pravděpodobností.

### **1.3 Rozdíly řádu Odonata**

#### **1.3.1 Anisopterní a zygopterní vážky**

Řád *Odonata* se rozděluje na dva základní podřády, kterými jsou podřád *Zygoptera* (Stejnokřídlice) a podřád *Anisoptera* (Různokřídlice). Oba podřády se mezi sebou na první pohled výrazně liší (Samways 2008). Hlavním rozdílem, který vyplývá již z českého názvu obou podřádů, je složení a postavení jejich křídel. Všechna čtyři křídla zygopterních vážek jsou stejně velká a mají stejný tvar. Pokud je jedinec v klidu, jsou křídla přiložena k sobě nad tělem nebo po stranách zadečku (Dolný et al 2007). Anisopterní vážky mají v klidové poloze naopak křídla vodorovně či mírně šikmo rozložená nad tělem, takže jsou všechna velmi dobře viditelná. Zadní křídla jsou obvykle kratší a širší než přední (Samways 2008). Zástupci podřádu *Anisoptera* jsou také většinou mnohem zdatnější letci než jejich příbuzní (Hanel & Zelený 2000). Další velký rozdíl obou skupin je v rámci postavení jejich očí. Anisopterní vážky mají velké oči, zabírající většinu jejich hlavy. Oči jsou velmi blízko sebe a často se dotýkají (Waldhauser & Černý 2013). Oči zygopterních vážek jsou mnohem menší, nikdy se nedotýkají a jsou umístěné na obou stranách hlavy. Existuje více rozdílů mezi těmito podřády, avšak obecně jsou anisopterní vážky mnohem robustnější a silnější než ty zygopterní. Těžko si představit, že by byly tyto podřády detekovány na lokalitě se stejnou pravděpodobností. A to se jedná pouze o základní a nejjednodušší dělení vážek.

#### **1.3.2 Mezdruhové rozdíly**

Anisopterní a zygopterní vážky se u nás vyskytují v devíti čeledích, přičemž některé zahrnují i desítku druhů. Celkem žije na území České republiky 73 druhů vážek (Waldhauser & Černý 2013). Také kvůli globálním změnám klimatu se u nás mohou objevovat i druhy dosud nezastižené, které sem zalétly z okolních států

(Hanel & Zelený 2000). Mnohé druhy obývají často zcela odlišná stanoviště, a nelze je najednou na jedné lokalitě potkat. Avšak nejbohatší lokality, jako jsou například menší zatopené zarostlé pískovny, mohou hostit najednou až 50 druhů vážek (Waldhauser & Černý 2013). Každý jednotlivý druh má své typické vlastnosti, které bezpochyby ovlivňují jeho detekovatelnost. Na stejných lokalitách mohou žít drobné nenápadné šídlatky, jako například šídlatka hnědá (*Sympecma fusca*) (obr. 1), která se snaží splynout s okolním prostředím, naše největší vážka šídlo královské (*Anax imperator*) (obr. 2), které neúnavně obletuje své teritorium nebo velmi výrazně zbarvená vážka červená (*Crocothemis erythraea*), která se dá na lokalitě jen těžko přehlédnout (Dolný et al. 2007). Kvůli obrovské variabilitě našich vážek, nelze v žádném případě čekat stejnou detekovatelnost mezi druhy.

### 1.3.3 Rozdíly samců a samic

U dospělců vážek existují často výrazně rozdíly i v rámci pohlaví jednoho druhu. Výrazný pohlavní dimorfismus samců a samic je u vážek zcela běžný. Samice vážek bývají krypticky zbarvenější a mnohem méně nápadné než samci (Dolný et al. 2008). Žijí skrytějším způsobem života a často se schovávají dále od vody v husté vegetaci. Samci mnohých druhů naopak vystavují na odiv svá barevná těla, létají pravidelně nad vodou, svádí souboje s ostatními samci a brání si svá teritoria (Waldhauser & Černý 2013). Je tomu tak z důvodu obecně platných zoologických zákonitostí (Dolný et al. 2008). Samice musí podstupovat větší riziko útoku predátora při kladení vajíček do vhodného substrátu. Nepotřebují opakovaně kopulovat, mnohdy se musí naopak skrývat před dotěrnými samci (van Gossum et al. 1999). Vzhledem k tomu není při průzkumech vážek často zpozorována ani jedna samice, kromě případů, kdy letí v tandemu se samcem. Kopulující pár je mnohem viditelnější než osamocené jedince. Špatná detekovatelnost samic často v praxi vede k tomu, že se většina výzkumů vážek soustředí právě na samce. Avšak i samci různých druhů se svými vlastnostmi podobají spíše samicím. Jsou mnohdy nenápadní, létají jen zřídka nebo splývají s podkladem. Dalo by se říci, že v porovnání s některými velkými, barevnými a vysoce mobilními samci jiných druhů jsou na lokalitě téměř neviditelní. (Obr. 1, Obr. 2.)



Obr. 1 – nenápadná, krypticky zbarvená šídlatka hnědá (*Sympecma fusca*), foto: Bárta & Dolný



Obr. 2 – velmi nápadný samec šídla královského (*Anax imperator*), foto: Bárta & Dolný

## 1.4 Traits

Je zřejmé, že detekovatelnost vážek ovlivňují jejich vlastnosti. Pokud chceme zjistit, které to jsou, musíme tyto vlastnosti nejprve nějak změřit a následně otestovat. K tomuto účelu se skvěle hodí tzv. „traits“, nebo-li vlastnosti, které jsou dobře měřitelné na úrovni jedince. Zatímco v minulosti byly „traits“ využívány pouze k měření výkonnosti organismu, v posledních 30 letech donutily pokroky v ekologii společenstev a ekosystémů, posunout koncept „traitu“ nad rámec těchto hranic (Violle et al. 2007). Dnes už „traitová“ data představují široké spektrum vlastností, které můžeme testovat a jsou základem mnoha ekologických, evolučních i ochranných studií (Powney et al. 2014, Didham et al. 2016). Valná většina výzkumů využívajících „traits“ byla doposud zaměřena na rostliny (Funk et al. 2008, Keeley et al. 2011), avšak stále více se objevují tyto studie i pro živočichy, včetně hmyzu (např. Gayraud et al. 2003, Statzner & Běche 2010). Největší výhodou „traitů“ spočívá v tom, že jsme pomocí nich schopni vyfiltrovat a otestovat pouze tu vlastnost, která nás zajímá, a odpovědět si tak na důležité ekologické otázky.

Kvůli silnému rozvoji výzkumů založených na „traitech“, bylo zavedeno mnoho nových definic a rozdělení, což bohužel vedlo k nejasnostem a nepřehlednosti této problematiky (Violle et al. 2007). Různé vědní disciplíny používají různé „traits“ a mnozí autoři mnohdy zaměňují význam těchto vlastností. Ve studiích se objevují například „traits“ demografické, biologické, funkční (de Bello et al. 2010), „traits“ vlivu a odpovědi organismu na prostředí, „traits“ výkonnosti nebo životní historie (Díaz et al. 2013). Violle et al. (2007) se snažili ujasnit pojem „traitu“ a zavedli proto jasnou definici, která říká, že: „trait je jakákoliv morfologická, fenologická nebo fyziologická vlastnost, dobře měřitelná na úrovni jedince, z úrovně buňky na úroveň celého organismu“ (Violle et al. 2007). Této definici odpovídá velké množství vlastností organismu, jako například velikost a délka určitých částí těla, hmotnost, zbarvení, schopnost šíření, způsob pohybu, délka života nebo věk pohlavní zralosti. Nabízí se proto možnost využít „traitová“ data i při hledání vlastností které mohou mít významný vliv na detekci.

Vlastnosti druhů vážek, které budou nejvíce ovlivňovat detekovatelnost, budou pravděpodobně ty, které již na první pohled upoutají pozornost pozorovatele. Mezi ně bezpochyby řadíme velikost a zbarvení. Dá se předpokládat, že čím větší vážka bude, a čím bude kontrastněji zbarvenější vůči pozadí, tím snadněji bude zpozorována. Další

důležitou vlastností, která může upoutat a pomoci odhalit objekt pozorovateli, je pohyb. Pohyblivých objektů si člověk jistě všimne lépe než těch statických. U vážek je pohyb spojen hlavně s létáním, přičemž různé druhy, jsou různě zdatní letci (Rüppell 1989). Nelze přehlížet ani skutečnou druhovou abundanci na lokalitě, která může významně ovlivnit detekci.

V této kapitole se proto zaměřím podrobněji na 3 základní „traits“ vážek, které by mohly významně ovlivňovat detekovatelnost, a to na velikost, zbarvení a letové schopnosti jednotlivých druhů. Na závěr se trochu podrobněji budu věnovat abundanci vážek.

### 1.4.1 Zbarvení

Základní vlastnost vážek, která přispěla mimo jiné k oblíbenosti tohoto hmyzu, je bezpochyby zbarvení. Vážky patří obecně k nejnápadněji zbarvenému hmyzu na světě, i když to zdaleka neplatí stejně pro všechny druhy (Dolný et al. 2007). Zbarvení vážek je velmi pestré a variabilní, od nepřehlédnutelných výrazných barev až po kryptické a nenápadné odstíny. Nejvíce vybarvená jsou imaga nejčastěji na hrudi a zadečku (Waldhauser & Černý 2013). Nepřehlédnutelné je mnohdy zbarvení hlavy a očí. K determinaci může často posloužit také zbarvení nohou. Křídla většiny druhů našich vážek jsou naproti tomu čirá nebo jen se slabým nádechem často hnědé barvy. Průhledná křídla bývají více či méně protkána tmavou žilnatinou (Dolný et al. 2007). Několik našich zástupců se však svým zbarvením křídel ostatním očividně vymyká. Jako první je v této souvislosti potřeba zmínit čeled' motýlicovitých (*Calopterygidae*). Oba naši zástupci čeledi mají totiž nepřehlédnutelná barevná křídla, která se na slunci krásně lesknou. Křídla samců motýlice obecné (*Calopteryx virgo*) jsou téměř celá tmavě modrá a neprůsvitná, zatímco samice tohoto druhu zdobí křídla kovově lesklá až bronzová (Waldhauser & Černý 2013). Samec příbuzné motýlice lesklé (*Calopteryx splendens*) má tmavě modrou pouze zhruba polovinu křídel, samice má pak průsvitná celá křídla, která mají zelený nádech (Svensson et al. 2004). Dále je jistě nutné zmínit křídla vážky podhorní (*Sympetrum pedemontanum*), které jsou zdobena u obou pohlaví nápadnými širokými tmavě hnědými pruhy (Dolný et al. 2007). Samce tohoto druhu navíc zdobí nezaměnitelné růžovočervené plamky. Dalším druhem s nápadně odlišnými křídly je vážka žlutavá (*Sympetrum flaveolum*), která má rozsáhlé světle žluté až oranžové skvrny v bazální třetině zadního páru křídel (Hanel & Zelený 2000).

Nezaměnitelná je díky svým křídům rovněž vážka čtyřskvrnná (*Libellula quadrimaculata*) kterou zdobí kromě velkých tmavých skvrn na bázi zadního páru, také typické nodální skvrnky (Waldhauser & Černý 2013).

Na těle našich vážek můžeme obdivovat snad celou paletu barev. Nejčastěji se u dospělců objevuje barva modrá, zelená, žlutá nebo červená (Dolný et al. 2007). Výrazně modří jsou například samci většiny našich druhů šidílek (*Coenagrionidae*), červenou nalezneme ve větší míře převážně u vážek čeledi *Sympetrinae*. Žlutá barva se hojně objevuje u páskovců (*Cordulegastridae*), klínatek (*Gomphidae*), ale i samic dalších druhů. Velmi často jsou barvy na těle vážek promíchány a spojeny dohromady, což je dobře patrné například u šídla královského (*Anax imperator*), které působí výrazným zelenomodrým dojmem (Waldhauser & Černý 2013). Na těle vážek často nechybí ani barva černá, která tvoří spolu s dalšími barvami zajímavé kresby a vzory. Existují i druhy u kterých je černá výraznější, například na těle sameců vážky tmavé (*Sympetrum danae*) černá barva výrazně dominuje (Hanel & Zelený 2000). Bílá barva je u našich druhů již vzácnější a vyskytuje se spíše na menších částech těla. Příkladem mohou být bíle zbarvené zadečkové přívěsky sameců vážky bělořitné (*Orhetrum albistylum*). Poměrně běžné jsou u vážek kovově lesklé povrchy těla, které hlavně na slunci vytváří charakteristické odlesky (Dolný et al. 2007). Tímto leskem se mohou pyšnit, jak už název napovídá, hlavně zástupci třídy lesklíc (*Cordulidae*), ale také mnohé šídlatky (*Lestes* spp.). Zbarvení vážek můžeme rozdělit do dvojího základního typu. První typ zbarvení je dán pigmentací, přičemž pigmenty můžeme rozdělit na kutikulární, epidermální a suprakutikulární. Druhý typ je způsoben interakcí mezi strukturou těla vážek a světlem, kdy lomem světla vznikají již zmíněné charakteristické kovové odlesky (Dolný et al. 2007). Některé druhy vážek mají navíc hrud' či zadeček bělavě až namodrale ojíněné popraškem vosku (Dolný et al. 2007). Ojínění není stejné během celého vývoje dospělého. Imaturním jedincům ojínění zpravidla chybí a nejnápadnější je až v období reprodukce. Tento poprašek vosku se také velmi snadno stírá, a proto může zcela chybět u starších jedinců. Ojínění je typické například u vážky černořitné (*Orhetrum cancellatum*) nebo šídlatky velkoskvorné (*Lestes macrostigma*) (Hanel & Zelený 2000).

Jak už bylo naznačeno, vyskytuje se u vážek často tzv. sexuální dichroismus neboli pohlavní dvoubarevnost. Pokud se bavíme o výrazném a variabilním zbarvení vážek, mluvíme převážně o samecích (Dolný et al. 2007). Samičky jsou naopak zbarvené většinou krypticky s převažujícími zelenými, žlutými nebo hnědými odstíny

(Waldhauser & Černý 2013). Díky tomu mohou mnohem lépe než samci splynout s čerstvou vegetací nebo uschlými zbytky rostlin (Schultz & Fincke 2013). Není to však pravidlem, a některé druhy mají totožně zbarvená obě pohlaví. Například v rámci rodu *Libellula* najdeme druhy výrazně pohlavně dvoubarevné (*Libellula depressa*), ale i uniformní (*Libellula quadrimaculata*). Aby toho nebylo málo, mohou se v rámci jednoho druhu vážek vyskytovat v několika barevných formách dokonce obě pohlaví (např. *Ischnura* spp.) (Dolný et al. 2007). Samci mohou využívat odlišné zbarvení k tomu, aby se vyhnuli útokům ostatních agresivních samců nebo aby se dostali blíže k samicím (Watanabe & Taguchi 1990). Častější jsou však rozdílné barevné formy právě u samic, u kterých rozlišujeme dvě základní barevné varianty (van Gossum et al. 2004). První variantou jsou tzv. gynochromní samice, které se svým zbarvením samcům nepodobají (Andrés et al. 2002). Druhou pak samice androchromní, které dovedly své mimikry k dokonalosti a velmi věrně napodobují svou barvou samce (Hilton 1987). Obě barevné formy se vyskytují často v rámci jedné populace a mohou být početně vyrovnaně zastoupeny. Androchromní zbarvení je evolučně způsobeno tlakem neodbytných samců, kteří chtějí neustále kopulovat (Cordero et al. 1998). Gynochromní samice uniknou lépe pozornosti vizuálně orientovaných predátorů, jako jsou ptáci nebo jiné druhy vážek, avšak při větší abundanci samců téhož druhu, jsou neustále vystavovány samčímu „harašení“ a neodbytné snaze o spáření (van Gossum et al. 1999). Při nadměrném tlaku samců, jsou samičky tak vyčerpané, že i když se neustále páří, nejsou často schopné vůbec naklást vajíčka. Proto vsadily některé samice na strategii co nejvěrněji napodobit samce, aby se tomuto tlaku vyhnuly (Cordero et al. 1998). To, které barevné formy v populaci převládají, pak záleží na konkrétních podmínkách stanoviště, místních predátorech ale i abundancích samotných vážek (van Gossum et al. 2004). Samička šidélka většího (*Ischnura elegans*), se může objevovat dokonce až v pěti základních barvách. Barva na zadečku a hrudi těchto samic může být fialová, oranžová, olivově zelená, hnědá nebo i růžová (Waldhauser & Černý 2013). Podobný vzor se vyskytuje i u samic blízkce příbuzného druhu šidélka malého (*Ischnura pumilio*).

Vnitrodruhová variabilita v barvách vážek ale není záležitostí jenom pohlaví, barvy se často mění výrazně během života každého imaga (Futahashi 2016). První výraznou změnu v barvě prodělá po přeměně v dospělce každý jedinec (Hanel & Zelený 2000). Po vylíhnutí z larválních obalů potřebují měkčí a špatně létající juvenilové nutně nějaké ochranné zbarvení. Proto jsou výrazně světlejší až průhlední a často vůbec



neodpovídají starším dospělcům svého druhu (Dolný et al. 2008). Za slunných jarních dnů je možné spatřit například mladé žlutohnědé samce vážky ploské (*Libellula depressa*), kteří se během několika dní postupně zbarvují do modra (Dolný et al. 2008). Samečci vážek jsou zpravidla barevně nejnapadnější v době reprodukce, kdy potřebují zaujmout samičky ale také zastrašit potencionální protivníky (Futahashi et al. 2012). S postupujícím věkem dochází u vážek často k oděrům již zmíněného ojínění, ale i barva se může s věkem měnit (Dolný et al. 2007). Například okrově žluté samice vážky rudé (*Sympetrum sanguineum*) ke stáru tmavnou do šeda či oranžova (Waldhauser & Černý 2013). Při determinaci je proto nutné s těmito změnami v barvě a kresbě počítat. Na zbarvení mohou mít vliv i podmínky prostředí, ve kterých se druh vyvíjí, jako například teplota nebo množství světla (May 1976). Barevné vzory a odstíny tak mohou variovat i mezi různými lokalitami. Přestože jsou občas barevné odchylky v rámci jednoho druhu výrazné, nedají se srovnávat s ohromnými barevnými rozdíly mezi druhy.

Když se zamyslíme nad variabilitou barev a vzorů našich druhů vážek, možná nás napadne, že vážky nemohou být přeci detekovány stejně pravděpodobně. Jak již bylo zmíněno, tak se vlastnostmi s vlivem na detekci různých druhů vážek doposud nikdo nezabýval. Existuje však studie, která mimo jiné odhalila detekovatelnost různých barevných forem jednoho druhu vážky. V této studii autoři Gossum et al. (2004) prokázali rozdílnou detekovatelnost pro různé barevné formy samic šidélka kroužkovaného (*Enallagma cyathigerum*). Žlutohnědě krypticky zbarvené samice měly detekovatelnost jen 38 %, zatímco modře zbarvené samice, které napodobovaly samce, byly detekovány v 68 %. Pokud existují tak výrazné rozdíly v rámci barevných forem jednoho druhu, dá se předpokládat, že mezidruhové odchylky budou ještě větší. Tento předpoklad podporují i další studie prováděné na jiných organismech. Mnoho autorů prokázalo vliv barvy například při detekovatelnosti rostlin (Garrard et al. 2013, Chen et al. 2009). Barva je u rostlin spojena hlavně s kvetením, případně plody, které tvoří, jelikož zelený stonek a listy nejsou v okolní vegetaci tak dobře vidět (Ng & Driscoll 2015). U hmyzu byla prokázána korelace například mezi detekovatelností a barvou křídel denních motýlů (Dennis et al. 2006). Vzhledem k tomu, že je každá barva na konkrétním pozadí jinak vidět, bude se jistě detekovatelnost měnit i pro různě zbarvené druhy vážek.

### 1.4.2 Velikost a tvar těla

Dospělci vážek disponují i přes svou různorodost, relativně uniformní stavbou těla, které je skvěle přizpůsobeno k lovu kořisti ze vzduchu (Waldhauser & Černý 2013). Na hlavě vážek dominují výrazné oči pro lepší zaznamenání kořisti, kterou drtí silně vyvinutými čelistmi a kusadly. Hrud' vážek se svým tvarem zcela liší od hrudi jiných řádů hmyzu. Předohrud' (prothorax) je vlastně jakýsi volný, vždy zřetelně vyvinutý článek. Středohrud' (mesothorax) a zadohrud' (metatorax) pak tvoří dohromady jednolitý útvar nazývaný synthorax (Hanel & Zelený 2000). Jeho postavení je proti předohrudi zezadu zešíkmené, což je unikátní a neopakuje se to u žádného jiného hmyzu. Vlivem tohoto zešíkmení jsou nohy vážek zvláště předsunuty v přední části těla, zatímco křídla jsou naopak posunuta dozadu. Díky tomu mohou vážky mnohem lépe uchopovat létající kořist. Typický dlouhý zadeček vážkám slouží jako protizávaží, k tomu aby křídla zůstala v těžišti těla (Waldhauser & Černý, 2013).

Co se týče velikosti, patří vážky naopak k hmyzu velmi variabilnímu (Dolný et al. 2007). Velikost těla se opravdu mezi druhy liší poměrně výrazně. Nejmenší vážky světa mají tělo dlouhé pouhých 1 – 2 cm. Naopak ty největší mohou dosahovat až šestinásobné délky. Největším žijícím druhem vážky je středo- a jihoamerický druh *Megalopropus caeruleata*, s délkou těla 12 cm a rozpětím křídel až 20 cm (Luc-Bouhali & Choy 2004). Přestože se na našem území s takovým velikánem nesetkáme, jsou naše největší druhy vážek páskovec kroužkovaný (*Cordulegaster boltonii*) a šídlo královské (*Anax imperator*) rovněž velikostně naprůměrní, v porovnání s ostatním hmyzem. Dospělci obou druhů mohou dosahovat délky až 8,5 cm s celkovým rozpětím křídel až 10,5 cm (Dolný et al. 2007). Naopak evropsky nejmenší vážkou, která se vyskytuje ostrůvkovitě i v ČR je zygopterní druh šídélko lesklé (*Nehalennia speciosa*) s délkou těla pouhých 2,5 cm a rozpětím křídel maximálně 3 cm (Dolný et al. 2007). Naši nejmenší anisopterní vážkou je pak vážka tmavá (*Sympetrum danae*) s délkou těla 3 – 3,5 cm (Waldhauser & Černý 2013).

Takovéto rozdíly ve velikostech, se musí přirozeně promítnout i do detekovatelnosti vážek. Pro prvotní objevení druhu na lokalitě je spíše než velikost jednotlivých částí těla, důležitější celková velikost a dojem, který vážka dělá. Některé druhy působí zkrátka robustně a dají se na lokalitě jen těžko přehlédnout. Když už je však druh spatřen a nedá se ihned jednoduše rozpoznat, mohou pomoci ke správnému určení právě velikosti konkrétních částí těla. Například u příbuzných druhů šídlatek

(*Lestes sponsa*, *Lestes dryas* a *Lestes virens*) pomáhá k rozpoznání druhu délka a velikost zadečkových přívěšků (Hanel & Zelený 2000).

Mnozí autoři zjistili, že velikost významně ovlivňuje detektabilitu ptáků (Fletcher & Hutto 2006, Johnston et al. 2014), rostlin (Kéry & Gregg 2003, Chen et al. 2009), velkých savců (Jachmann 2002), ale i hmyzu (Dennis et al. 2006). Je tak více než pravděpodobné, že bude hrát roli i při detekci vážek. Větší hmyz má přirozeně tendenci být objeven jako první (Gaston et al. 1995). Bylo prokázáno, že velikost křídel například významně ovlivňuje detekovatelnost denních motýlů (Dennis et al. 2006). U tohoto hmyzu bude velikost křídel pravděpodobně významně korelovat právě s barvou, kdy velká a zároveň výrazně zbarvená křídla předurčí druh k snadnému odhalení. U vážek má spolupůsobení velikosti a barvy jistě také svůj velký význam, i když spíše než o křídla se jedná o barvu a velikost hrudi a zadečku (Dolný et al. 2007). Ať už samostatně nebo v kombinaci s jinými vlastnostmi tak bude velikost pravděpodobně hlavním faktorem ovlivňujícím detekci vážek.

### 1.4.3 Způsob letu a letová aktivita

Vážky má snad každý spojené s létáním a není to náhoda, jelikož jsou to opravdoví vládci vzdušného prostoru (Hanel & Zelený 2000). Let je jejich nejpřirozenějším pohybem a má v jejich životě nezastupitelnou roli (Grabow & Rüppell 1995). Schopnost létat je velmi důležitá k rozptylu a vyhledávání nových vhodných stanovišť, při úniku před predátory a vyhýbání se nebezpečí (Rehfeldt 1992). Vážky za letu loví a dokonce mohou přímo za letu konzumovat menší kořist. Let u nich bývá spojen s teritorialitou, sexuálním chováním a reprodukcí (Dolný et al. 2007). Na lokalitách můžeme často spatřit společně letícího samce a samici uchycené v typickém tandemu. Samičky většiny druhů za letu rovněž kladou vajíčka (Waldhauser & Černý 2013).

Způsob letu je u vážek zcela ojedinělý a nepodobá se žádnému jinému létajícímu hmyzu (Dolný et al. 2007). Vážky mají totiž unikátní stavbu křídel a jejich připojení k létacím svalům. Na rozdíl od jiných řádů hmyzu se létací svaly u vážek upínají přímo na kořeny křídel a jsou zakotveny na podélných žilkách křídla (Hanel & Zelený 2000). Proto mohou vážky jednotlivými křídly pohybovat nezávisle na sobě, současně nebo střídavě (Dolný et al. 2007). Vrcholky křídel většinou za letu opisují tvar připomínající

osmičku (Azuma & Watanabe 1988). Na rozdíl od jiného hmyzu mají vážky velmi malou frekvenci pohybu křídel. Křídla jsou schopna vyvinout maximálně 20-40 úderů za vteřinu, u dvoukřídlých to mohou být pro srovnání za stejnou dobu až stovky úderů (Dolný et al. 2007). To ale neznamená, že jsou vážky špatní letci, ba právě naopak. Vážky patří k nejrychlejšímu hmyzu na světě, některé druhy se běžně pohybují rychlostí kolem 20 km/h. Mohou však krátkodobě vyvinout rychlost až 100 km v hodině (Hanel & Zeleny 2000). Vážky umí ve vzduchu velmi obratně manévrovat, létat svisle nahoru a dolů, bočně a dokonce i pozpátku. Jsou schopné vyřadit z činnosti druhý pár křídel a pohybovat se jen pomocí prvního páru. Mohou plachtit nebo se dokonce vyhýbat kapkám deště (Dolný et al. 2007). Charakter letu vážek se může výrazně lišit v závislosti na jeho účelu. Samci například velice často patrolují, nebo-li vyhledávají během letu samičky, se kterými se následně páří. Tento typ letu probíhá většinou v malých výškách často přímo nad vodní hladinou nebo litorální vegetací. Let za účelem lovu probíhá naproti tomu často mnohem výše a ve větších vzdálenostech od vody (Dolný et al. 2007).

Přirozeně ne všechny druhy vážek jsou stejně dobří a schopní letci. Základní rozdělení vážek na stejnokřídlice a různokřídlice vlivem celkové stavby a postavení křídel již bylo zmíněno. Zástupci menšího podřádu zygoptera kmitají oběma páry křídel vždy asynchronně, zatímco větší anisopterní vážky jsou schopné vědomě pohybovat křídly oběma způsoby, jak střídavě tak i současně (Hanel & Zeleny 2000). Malé stejnokřídlice pohybují křídly i při nenáročném letu s nejvyšší možnou frekvencí a nejsou schopny svým výkonem výrazně navyšovat svou letovou rychlost (Rüppell 1989). Jejich drobná a stejná křídla jim umožňují pomalý, ale za to úsporný let (Corbet & May 2008).

Anisopterní vážky jsou všeobecně mnohem zdatnější a lepší letci (Rüppell 1989). Důvodem je hlavně ona schopnost, mávat křídly současně. Čím synchronnější je totiž u vážek pohyb křídel, tím je dosaženo vyššího zrychlení (Hanel & Zeleny 2000). Různokřídlice mohou létat asi 3 až 4 × rychleji než stejnokřídlice (Rüppell 1989), které se tak často stávají jejich kořistí. Kromě toho leží těžiště těla různokřídlic mezi kořeny obou párů křídel, což jim umožňuje v letu skvěle manévrovat (Hanel & Zeleny 2000). Anisopterní vážky jsou tak mistrnými letci, schopni prudce a najednou vyrazit kterýmkoliv směrem, měnit směr i v tom nejprudším letu nebo setrvat ve vzduchu na jednom místě (Dolný et al. 2007). Nemají na rozdíl od stejnokřídlic tak velké problémy s poryvy větru a dokážou urazit mnohem větší vzdálenosti (Rüppell 1989).

Malé zygopterní vážky naproti tomu mohou létat již při teplotě kolem 12 °C, zatímco větší vážky jsou často schopné vzlétnout až při teplotě nad 20 °C (Dolný et al. 2007).

Další rozdělení vážek, které velmi úzce souvisí se způsobem letu, je na tzv. „fliers“ a „perchers“ (Corbet & May 2008). První skupina představuje vážky, které tráví v dospělosti, pokud jsou aktivní, většinu času ve vzduchu. Za příznivého počasí neúnavně létají nad vodní hladinou nebo i na delší vzdálenosti a jen zřídkakdy usedají na okamžik na kameny nebo vegetaci podél břehů (Corbet 1962). Samci této skupiny neustále obletují svá teritoria, pátrají po samicích a vyhánějí všechny protivníky. K nejzdatnějším letcům této skupiny patří zajisté šídla (Aeshnidae). Rod *Anax* je všeobecně známý neúnavným letem kolem svého teritoria. Toto chování je nejvíce patrné u samců šídla královského (*Anax imperator*), kteří létají relativně vysoko nad vodní hladinou a neustále agresivně napadají samce svého druhu či podobně velká šídla jiných druhů (Waldhauser & Černý 2013). I šídla rodu *Aeshna* patří k výborným letcům, možno je zmínit například šídlo modré, létající v pravidelných trasách kolem břehů (*Aeshna cyanea*) nebo šídlo velké (*Aeshna grandis*), které létá velmi vysoko typickým pomalejším klouzavým letem nahoru a dolů, mnohdy i bez pohybu křídel (Waldhauser & Černý 2013). Dále se k této skupině letců řadí většina druhů lesklic, páskovců a klínatek (Dolný et al. 2007).

Druhá skupina tzv. „perchers“ je tvořena vážkami, které naopak tráví více aktivního času posedáváním na stéblech trav, větvích nebo kamenech, na kterých se vyhřívají, číhají na kořist nebo konzumují potravu (Corbet 1962). Samci na viditelných místech často obhlížejí svá teritoria a vylétají jen v případě, kdy se snaží zahnat své rivaly nebo pronásledovat samice (Hanel & Zelený 2000). Takovéto chování je typické například pro silně teritoriální samce vážky jarní (*Sympetrum fonscolombii*) a vážky ploské (*Libellula depressa*), kteří si hlídají svá území z vyvýšeného posedu (Waldhauser & Černý 2013). Samci těchto druhů se většinou po zahnání vetřelce rychle vracejí a usedají zpět na stejné místo, ze kterého vylétli. Do skupiny sedavých vážek řadíme kromě anisopterních vážek čeledi Libellulidae, také všechny naše zástupce zygopterních šidělek (*Coenagrionidae*, *Platycnemidae*), šídlatek (*Lestidae*) a motýlic (*Calopterygidae*) (Dolný et al. 2007). „Perchers“ mají většinou křídla kratší než „fliers“, což je v souladu se skutečností, že ve vzduchu tráví více času (May 1981). Jelikož je však let energeticky velmi náročná činnost (Corbet & May 2008), musí létavé druhy trávit více času lovem a krmením, aby doplnili energii. Sedavé druhy naopak těžší z odpočinku a mohou tak být někdy aktivní po delší dobu dne (Corbet & May 2008).

Vážky pro svůj let vyžadují poměrně vysokou provozní teplotu, proto se účelově vystavují slunečnímu záření. Mohou uvést létací svaly do stavu vibrace, čehož využívají ke zvýšení tělesné teploty (Dolný et al. 2007). Přehřáté vážky umí zase své tělo ochladit klouzavým letem bez pohybu křídel. Přestože jsou „fliers“ aktivní letci, mohou se za chladného počasí vyhřívat stejným způsobem jako vážky sedavé. Naopak některé druhy „perchers“ mohou zůstávat v nepřetržitém letu z důvodu zachování vysoké teploty těla (May 1977).

Ohromná variabilita letových schopností a strategií jednotlivých druhů vážek jistě nezůstává bez vlivu na jejich detekovatelnost. Je logické, že pohyblivých objektů si lidské oko všimne snadněji než těch statických (Jachmann 2002). I když se pozorovatel nedívá přímo směrem, kde vážka letí, může lehce i koutkem oka zaznamenat nějaký pohyb, který upoutá jeho pozornost. A to je klíčové právě pro detekovatelnost. První zásadní věcí tak bude, zda vážka v době návštěvy na lokalitě létá, či sedí nehybně v úkrytu. Skupiny létajících „fliers“ mohou být na lokalitě viditelnější, záleží však na tom, kde se pohybují. Detekovat na lokalitě například samce šídla královského (*Anax imperator*) a šídla tmavého (*Anax parthenope*) nebývá problém, jelikož oba druhy létají pravidelně ve výšce asi 1 - 2 metry nad volnou hladinou (Waldhauser & Černý 2013). Naproti tomu druhy létající dále od břehu s většími intervaly návštěv u vody se při výzkumu přehlednou mnohem snáze. U sedavých „perchers“ může větší roli sehrát náhoda, zda pozorovatel narazí na sedícího jedince, který zrovna vyletí v jeho blízkosti. Zanedbatelná není ani skutečnost že více pohybliví a viditelní jedinci budou strhávat svou pozornost na svoji stranu. Mohou tak nepřímo snižovat možnost objevit jiné druhy.

#### **1.4.4 Abundance**

V neposlední řadě může ovlivňovat detekci vážek na lokalitě skutečná abundance jednotlivých druhů. Z tohoto důvodu bude testována i tato proměnná. Početnosti, ve kterých se vážky objevují na lokalitách, se přirozeně liší mezi druhy. Mění se však během sezony i v rámci jednoho druhu. Vnitrodruhová abundance tak může být zcela odlišná během různých návštěv lokalit. Některé druhy jako například šidélko kopovité (*Coenagrion haustulatum*) nebo lesklice velká (*Epithea bimaculata*) jsou ryze jarní druhy, které se vyskytují na lokalitách ve větších počtech pouze v květnu a červnu

(Hanel & Zelený 2000). Naopak šídlo modré (*Aeshna cyanea*) nebo vážka žíhaná (*Sympetrum striolatum*) se mohou na lokalitě objevovat až do listopadu (Waldhauser & Černý 2013). Zanedbat nelze ani celkovou dobu letu jednotlivých druhů. Zatímco některé druhy jako například šídélko jarní (*Coenagrion lunulatum*) létají jen dva až tři týdny, jiné mohou být aktivní šest a více měsíců (Hanel & Zelený 2000). Pokud navštívíme lokalitu ve vrcholu letové aktivity určitého druhu, je mnohem pravděpodobnější, že ho zde objevíme. Když však přijdeme na lokalitu příliš brzy nebo naopak v době, kdy jsou zde poslední přeživší jedinci, bude detekce mnohem obtížnější. Momentální abundance druhu v době návštěvy tak bude pro detekovatelnost pravděpodobně zásadní.

## 2. Cíle práce

Cílem mé diplomové práce bylo formou literární rešerše shrnout poznatky o nedokonalé detekovatelnosti vážek (*Odonata*), s ohledem na faktory, které by mohly mít na detekci významný vliv. Dalším cílem je pomocí vhodné statistiky otestovat sesbíraná data vážek a zjistit, které vlastnosti druhů, skutečně ovlivňují jejich detekovatelnost, a jestli má na detekci vliv zkušenost sběratele dat. Na základě výsledků této studie by se mohl zpřesnit sběr dat vážek, díky odhalení některých úskalí detekovatelnosti a případně většímu zaměření na hůře detekovatelné druhy.

### 3. Metodika

#### 3.1 Studovaná oblast

Výzkum probíhal ve dvou sezónách, v roce 2015 a 2016. Většina dat byla sesbírána již v sezóně 2015, ve které sbíralo data 5 kolegů, s různou zkušeností sběru v různých oblastech ČR (Mgr. Filip Harabiš, Ph. D., Mgr. Michal Hykel, Mgr. Tereza Rusková, Ing. Jana Hronková, Bc. Stanislav Švaček). V sezóně 2016 probíhal můj výzkum na 15 nových lokalitách. Kompletně zahrnuje rozsáhlý výzkum data ze 7 oblastí ČR a to z: Karlovarska, Českolipska, Ostravska, Podbeskydska, dále z Českobudějovicka + Jindřichohradecka, Podbrdska a Plzeňska. Celkem bylo v těchto oblastech během 2 sezón opakovaně (6 ×), navštíveno 43 lokalit, vždy v rozmezí zhruba od konce května do poloviny září. Všechny lokality jsou znázorněny v mapě na obrázku č. 4.

Lokality byly vybírány z části podle map a leteckých snímků a byly navrženy tak, aby zahrnovaly různorodé typy vodních ploch, které byly rozděleny do 4 základních kategorií – extenzivní rybník, mokřad, intenzivní rybník a post-těžební biotop (Hronková 2016). Všechny lokality s jejich GPS souřadnicemi jsou uvedeny v příloze č. 1. Lokality byly situovány do již zmíněných oblastí ČR, které se lišily geograficky, nadmořskou výškou, úhrnem srážek, ale i teplotou. Díky tomu mohly lokality hostit větší množství druhů vázek s různými nároky na prostředí, a mohla tak být pokryta většina druhů našich vázek vázaných na stojaté vody. Nejvyšší nadmořskou výšku měly lokality na Karlovarsku a v Brdech, nejčastěji 550 – 650 m n. m. Naopak nejnižší byly položené lokality na Ostravsku, Podbeskydsku a Českolipsku, průměrně kolem 260 m n. m. Nejvyšší průměrná teplota byla naměřena v roce 2015 v okolí lokalit na Ostravsku, a to 10 – 11 °C. Naopak nejchladněji bylo na lokalitách Karlovarska, průměrně pouhých 6 – 8 °C (ČHMÚ 2015). V jižních Čechách, v Podbeskydsku a na Plzeňsku se průměrná teplota pohybovala okolo 8 – 9 °C. Nejvyšší průměrný úhrn srážek zaznamenalo Českolipsko a Jindřichohradecko, konkrétně 600 – 700 mm. Nejméně srážek, okolo 400 mm průměrně spadlo na Českobudějovicku, Plzeňsku a v Podbrdsku (ČHMÚ 2015).





Obr. č. 3 – znázornění navštěvovaných lokalit v rámci ČR, (data ArcČR 500: Tomáš Vébr 2017)

### 3.2 Sběr dat

Každá lokalita byla systematicky procházena jednak po břehu, ale také přímo ve vodě pomocí vhodného vybavení (brodící kalhoty). Lokality byly procházeny metodou tzv. časových pochůzek (Kadlec et al. 2012) a to při každé návštěvě zhruba stejnými místy. Po příchodu na lokalitu, byly spuštěny stopky a po dobu 10 minut byly zaznamenávány všechny objevené druhy vážek. Při objevení nového druhu byl do záznamového archu vždy tento druh vyznačen spolu s přesným časem, kdy byl poprvé detekován (0 až 10 minut, s přesností na sekundy). Pokud to bylo nutné pro správnou determinaci, byli jedinci vážek opatrně odchyceni entomologickou sítí, určení pomocí vhodné determinační literatury (Waldhauser & Černý 2013) a následně opět vypuštěni. Po dobu určování druhů byl zastaven čas. Do záznamového archu se zaznamenávala také abundance jednotlivých druhů – třídy abundance 1 – 8 podle metodiky British dragonfly Society (Smallshire & Beynon 2010). Nechyběl ani záznam charakteristik jednotlivých lokalit jako například velikost vodní plochy, sklon břehů,

nebo přítomnost rybí obsádky. Všechny zjišťované charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 1. Po každé periodě byla všechna data přepsána do tabulkového procesoru Microsoft Excel. V témže programu byla kolegy (Mgr. Filip Harabiš, Ph.D., Bc. Jana Hronková) sestavena databáze „traitů“ jednotlivých druhů vážek, které následně posloužily pro testování detekovatelnosti (Tab. č. 2). Informace o „traitech“ byly získány z následujících zdrojů: velikost těla a zbarvení (Dijkstra & Lewington 2006), disperzní schopnosti (Harabiš & Dolný 2011), šíře ekologické niky (IUCN 2016).

Tabulka č. 1 – zjišťované charakteristiky lokalit

Enviromentální charakteristiky	Zjišťované proměnné
ryby	přítomnost / nepřítomnost
vodní plocha	m <sup>2</sup>
hloubka	cm
substrát dna	jíl, bahno, písek, štěrk, kameny
litorální vegetace	chybí, solitery, do 2 m, několik m
sklon břehů	0-10 %, 10-40 %, 45-90 %
vodní vegetace	souvislá, rozvolněná, určitá místa, chybí
zastínění	100 %, 50-100 %, méně než 50%
šířka lesa	kontinuální, solitérní stromy a keře, do 30 m, chybí
pH	-
teplota vody	°C

Tabulka č. 2 – testované funkční vlastnosti druhů

Funkční vlastnosti	Hodnoty
Velikost těla	mm
Zbarvení	modré/zelené/hnědé/červené
Disperzní schopnosti	průměrný odhad odborníků
Šíře ekologické niky	počet habitatů s výskytem druhu
Letové schopnosti	perchers / fliers

Návštěvy lokalit probíhaly ve dnech, kdy panovaly podobné meteorologické podmínky. Jednalo se o podmínky ideální pro snadné pozorování dospělců vážek, tedy o teplé, slunečné nebo mírně oblačné počasí, při teplotách mezi 20 – 30 °C. Žádné pozorování nenarušily srážky ani silný vítr. Kvůli delšímu času strávenému pohybem mezi lokalitami a menší rozloze většiny lokalit, bylo nakonec přistoupeno ke snížení doby detekce z plánovaných 20 na 10 minut. Ve dne terénního průzkumu byla vždy

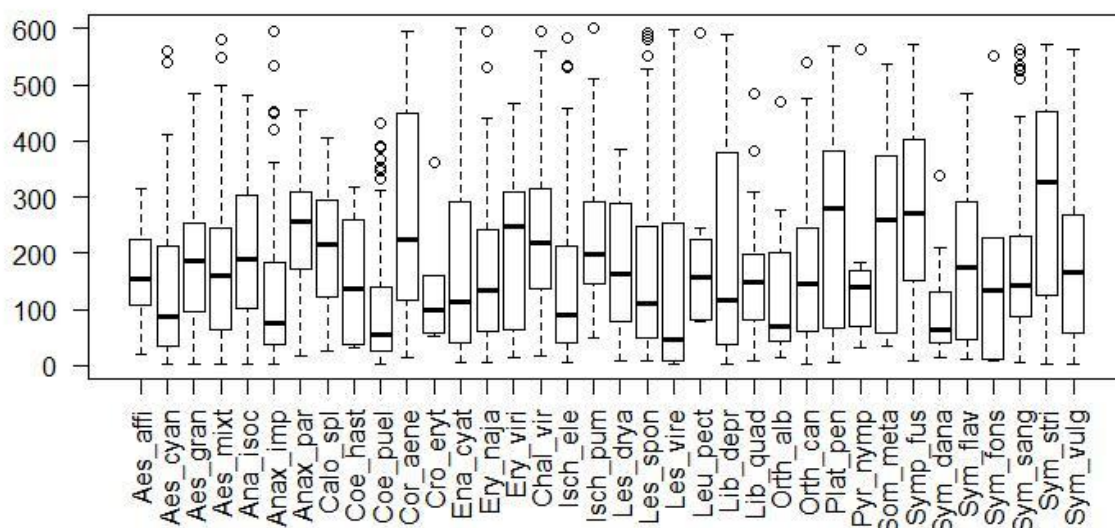
sesbírána data na všech lokalitách v dané oblasti (průměrně 5 – 6 lokalit). Návštěvy probíhaly od ranních do odpoledních hodin (cca 9:00 – 16:00). Při každém ze šesti opakování se měnilo pořadí navštívených lokalit, aby se předešlo nerovnoměrnému rozdělení vážek v závislosti na čase.

### **3.3 Statistická analýza**

Vycházelo se z předpokladu, že početnost i aktivita druhů se během sezóny mění a může se měnit i detekovatelnost jedince při opakovaných návštěvách. Proto byl vytvořen smíšený aditivní model s negativně binomickým rozdělením za pomoci R package `mgcv` (Wood 2016). Tato funkce fituje zobecněný aditivní model za pomoci `smoothing splines`. Vzhledem k odlišné fenologii jednotlivých druhů se však nemohla použít časová posloupnost jednotlivých návštěv. Proto bylo jako aditivní efekt zvoleno pořadí návštěvy, kdy byl druh na lokalitě detekován (myšleno pořadí návštěvy po první detekci druhu na lokalitě). Vysvětlovanou proměnnou v modelu tedy byl čas detekce druhu na lokalitě a jako vysvětlující proměnné byly zahrnuty jednotlivé environmentální proměnné a charakteristiky (*traits*) jednotlivých druhů včetně odhadované abundance. Do modelu byl dále zahrnut i náhodný efekt lokality a interakce mezi velikostí těla a zbarvením. Model byl vytvořen v programu R 3.2.5 (R Development Core 2016).

## 4. Výsledky

Celkem bylo na lokalitách objeveno 49 druhů vážek. V datech byly hojně zastoupeny oba podřády. Zygopterních vážek bylo zaznamenáno 20 druhů, podřád anisoptera byl zastoupen 29 druhy. Kromě klínatek (*Gomphidae*) byli zaznamenáni zástupci všech našich čeledí. V datech nechyběly ani 3 silně ohrožené druhy uvedené v příloze č. III vyhlášky č. 395/1992 Sb.: šídlatka kroužkovaná (*Sympecma paedisca*), vážka běloustá (*Leucorrhinia albifrons*) a vážka jasnoskvrnná (*Leucorrhinia pectoralis*). Ukázalo se, že detekovatelnost jednotlivých druhů vážek se výrazně liší (Obr. 4). Nejhůře detekovaným druhem byla vážka žíhaná (*Sympetrum striolatum*) s průměrným časem detekce téměř 5 minut, následovala šídlatka hnědá (*Sympecma fusca*), leskllice měděná (*Cordulia aenea*) a šidélko brvonohé (*Platycnemis pennipes*). Naopak nejrychleji byly na lokalitách detekovány druhy: šidélko páskované (*Coenagrion puella*), vážka tmavá (*Sympetrum danae*) a šídlo královské (*Anax imperator*) (Tab. 3).



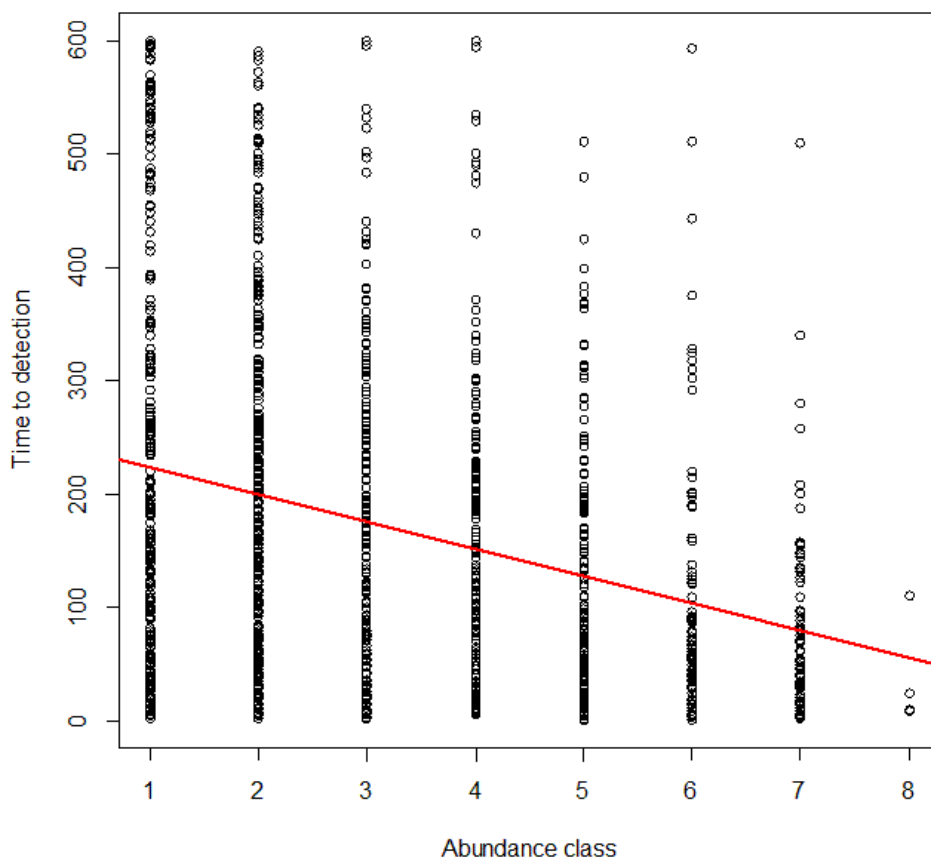
Obr. č. 4 – průměrný čas detekce jednotlivých druhů vážek (zahrnutý pouze druhy s 5 a více záznamy)

Bylo zjištěno, že z testovaných proměnných má největší vliv na detekovatelnost vážek jejich abundance (Obr. 5). Test byl opravdu silně průkazný ( $p$ -value < 0.001). Čím více jedinců určitého druhu se na lokalitě vyskytovalo, tím dříve byl daný druh objeven. Průměrně byly nejpozději detekovány druhy zastoupené 1–5 jedinci (třídí abundance 1 a 2 podle British dragonfly Society). Se zvyšující se početností byly

pozdější záznamy spíše výjimkou, a u nejvyšších tříd abundance (7, 8) se druhy nejčastěji detekovaly do 2 minut od začátku měření (Obr. 5).

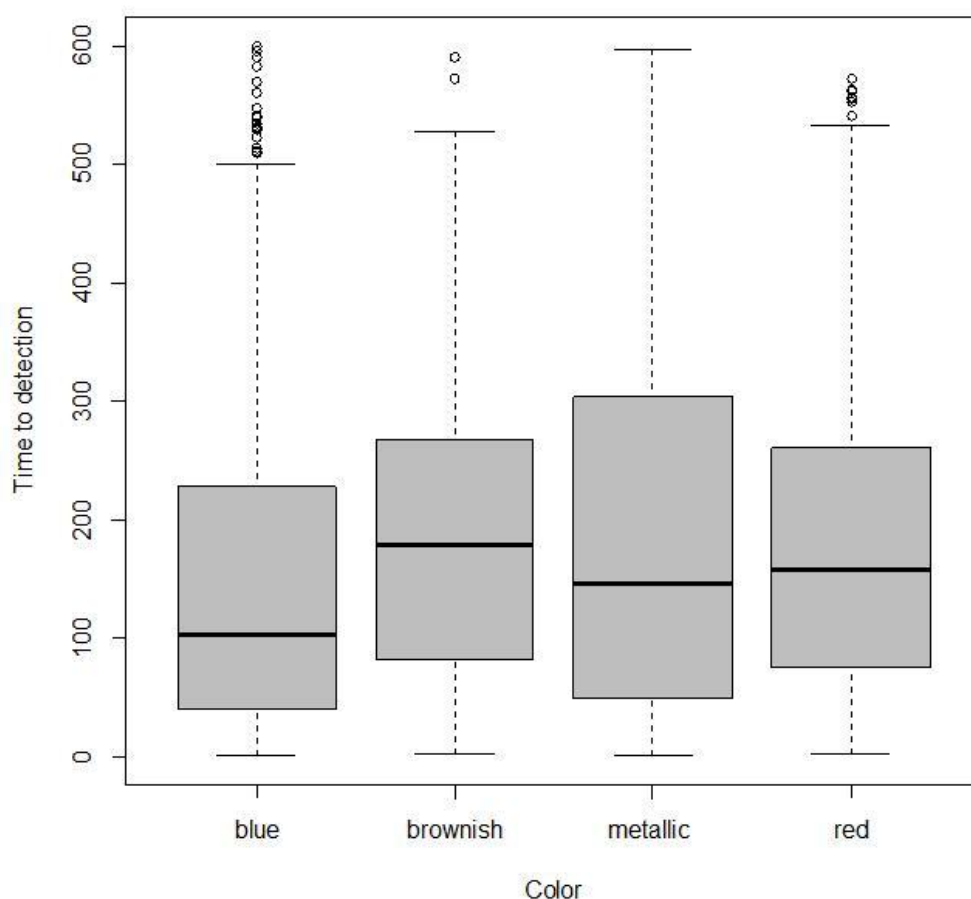
Tabulka č. 3 – průměrný čas detekce jednotlivých druhů vážek

Druh	t (s)	Druh	t (s)	Druh	t (s)
<i>Aeshna affis</i>	164	<i>Crocothemis erythraea</i>	138	<i>Libellula quadrimaculata</i>	154
<i>Aeshna cyanea</i>	148	<i>Enallagma cyathigerum</i>	171	<i>Orthetrum albistylum</i>	134
<i>Aeshna grandis</i>	190	<i>Erythromma najas</i>	164	<i>Orthetrum cancelatum</i>	168
<i>Aeshna mixta</i>	176	<i>Erythromma viridulum</i>	206	<i>Platycnemis pennipes</i>	244
<i>Anaciaeshna isosceles</i>	213	<i>Chalcolestes viridis</i>	236	<i>Pyrhossoma nymphula</i>	168
<i>Anax imperator</i>	130	<i>Ischnura elegans</i>	139	<i>Somatochlora metallica</i>	241
<i>Anax parthenope</i>	241	<i>Ischnura pumilio</i>	233	<i>Sympetma fusca</i>	274
<i>Calopteryx splendens</i>	211	<i>Lestes dryas</i>	189	<i>Sympetrum danae</i>	109
<i>Coenagrion hastulatum</i>	153	<i>Lestes sponsa</i>	172	<i>Sympetrum flaveolum</i>	188
<i>Coenagrion puella</i>	94	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	177	<i>Sympetrum sanguineum</i>	178
<i>Lestes virens</i>	159	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	191	<i>Sympetrum striolatum</i>	295
<i>Cordulia aenea</i>	259	<i>Libellula depressa</i>	188	<i>Sympetrum vulgatum</i>	196



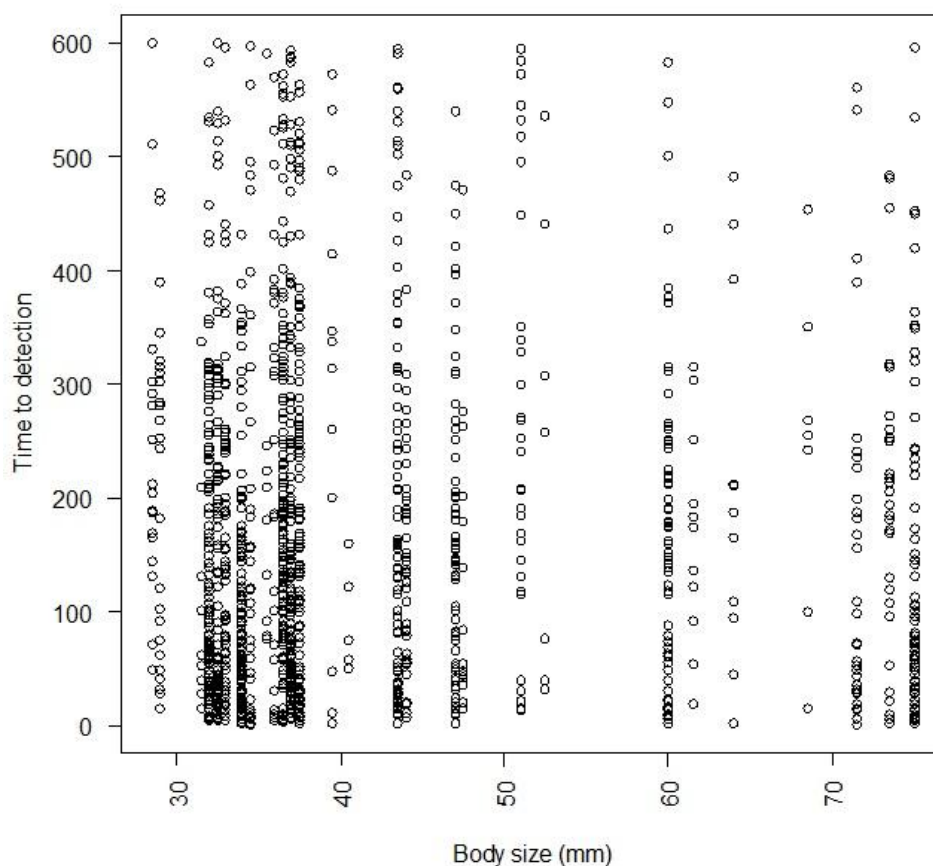
Obr. č. 5 – vliv abundance vážek na jejich detekovatelnost (třídy abundance 1 – 8 podle British dragonfly Society).

Hlavní testované vlastnosti vážek ovlivňující jejich detekovatelnost byly: velikost těla (mm), jejich letová aktivita („perchers vs fliers“), disperzní schopnosti a zbarvení. Z těchto vlastností se ukázalo jako nejvýznamnější právě zbarvení (p-value 0.003). Ze čtyř základních kategorií, byly modře zbarvené druhy vážek průměrně detekovány nejdříve (Obr. 6). Naopak nejvíce času zabralo v průměru detekovat hnědě zbarvené druhy (Obr. 6).



Obr. č. 6 – rozdíly v detekci jednotlivých zbarvení vážek (modré, hnědé, kovově lesklé, červené)

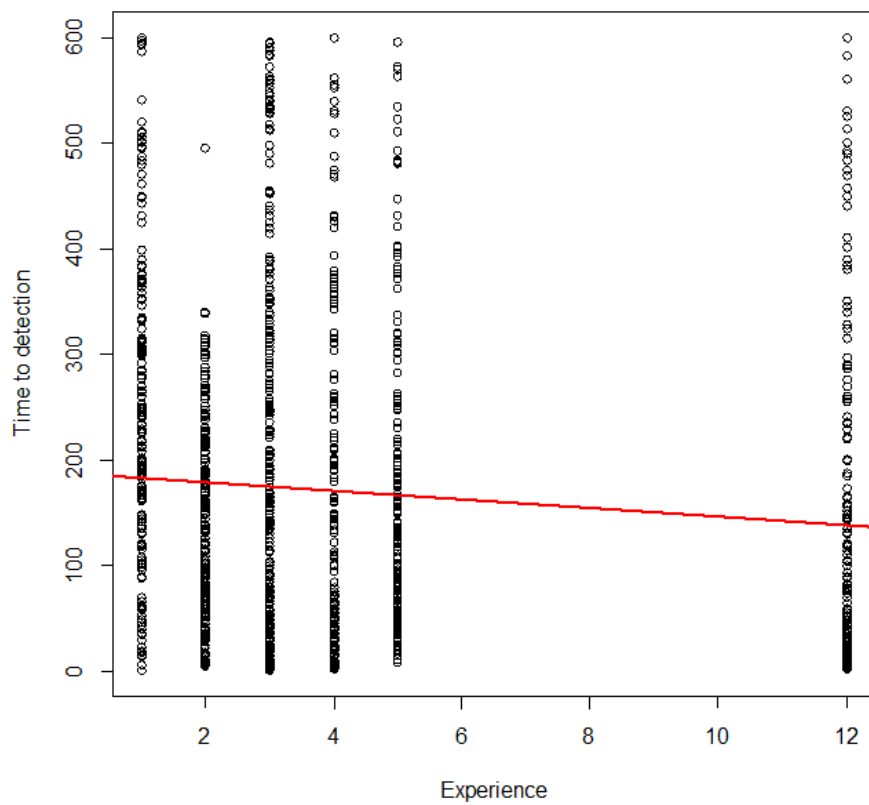
Dalším průkaznou vlastností vážek s vlivem na detekci byla velikost jejich těla (p-value 0.006). Graf naznačuje nelineární odpověď, kdy největší druhy vážek s délkou těla nad 70 mm, byly evidentně v průměru detekovány rychleji, ovšem i nejmenší vážky byly v mnoha případech objeveny do 2 minut od začátku měření (Obr. 7). Nejhůře byly v průměru detekovány druhy se střední velikostí těla.



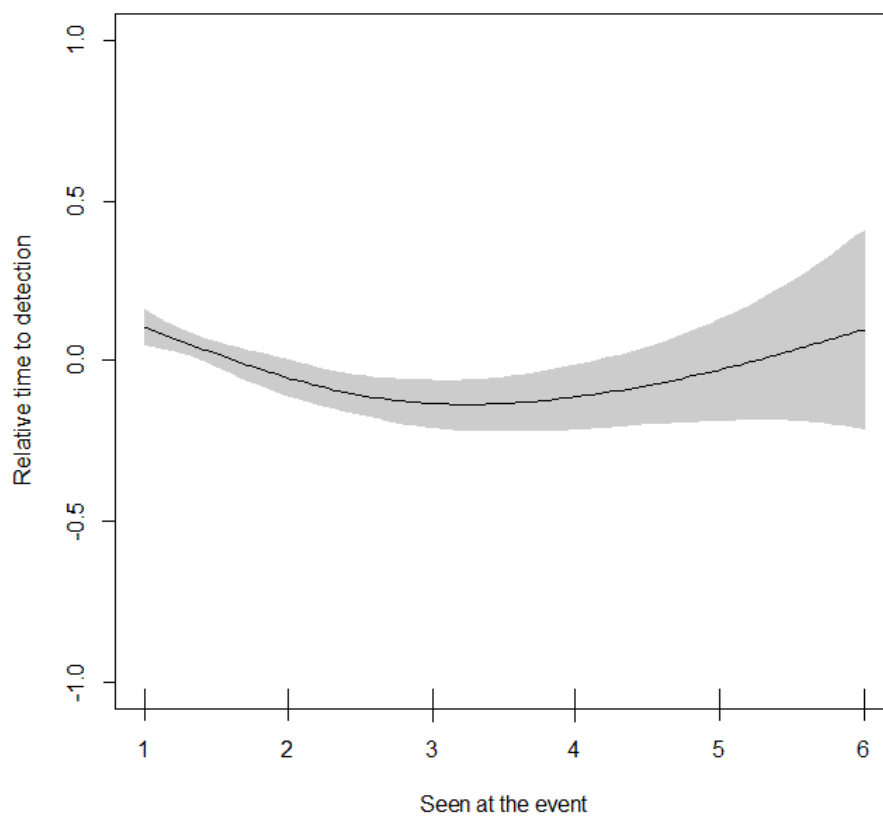
Obr. č. 7 – závislost času detekce na velikosti těla vážek

Disperzní schopnosti a letová aktivita jednotlivých druhů signifikantně neovlivňovaly detekovatelnost vážek (p-value 0.78308 a 0.74276).

Kromě samotných vlastností jednotlivých druhů bylo testováno, zda má na detekovatelnost vážek vliv i pozorovatel. Data sbíralo celkem 6 lidí a každý z nich měl jinou zkušenost s pozorováním a odchytem vážek. Já jsem sbíral data pro výzkum vůbec poprvé, po dobu jedné sezóny. Dále zde byli kolegové, kteří měli se sběrem dat vážek různé zkušenosti v rozmezí od 2 do 5 let. Sběru dat se účastnil i vedoucí práce, který se vážkám věnuje již dvanáctým rokem. Testovalo se tedy, zda mohou mít zkušenosti pozorovatele nějaký vliv na detekci jednotlivých druhů. Ukázalo se, že tomu tak skutečně je, test vyšel průkazně (p-value 0.008) a potvrdil předpoklad, že čím déle se sběratel vážkám věnoval, tím rychleji byl schopen druhy na lokalitách detekovat (Obr. 8). Je zajímavé, že se zkušenosti pozorovatele projeví signifikantně hlavně u zygopterních vážek (p-value 0.006), i když nebyly zygopterní vážky detekovány hůře než anisopterní (p-value 0.66). Bylo také zjištěno, že nejrychleji byly vážky detekovány při třetí a čtvrté návštěvě lokalit (Obr. 9).



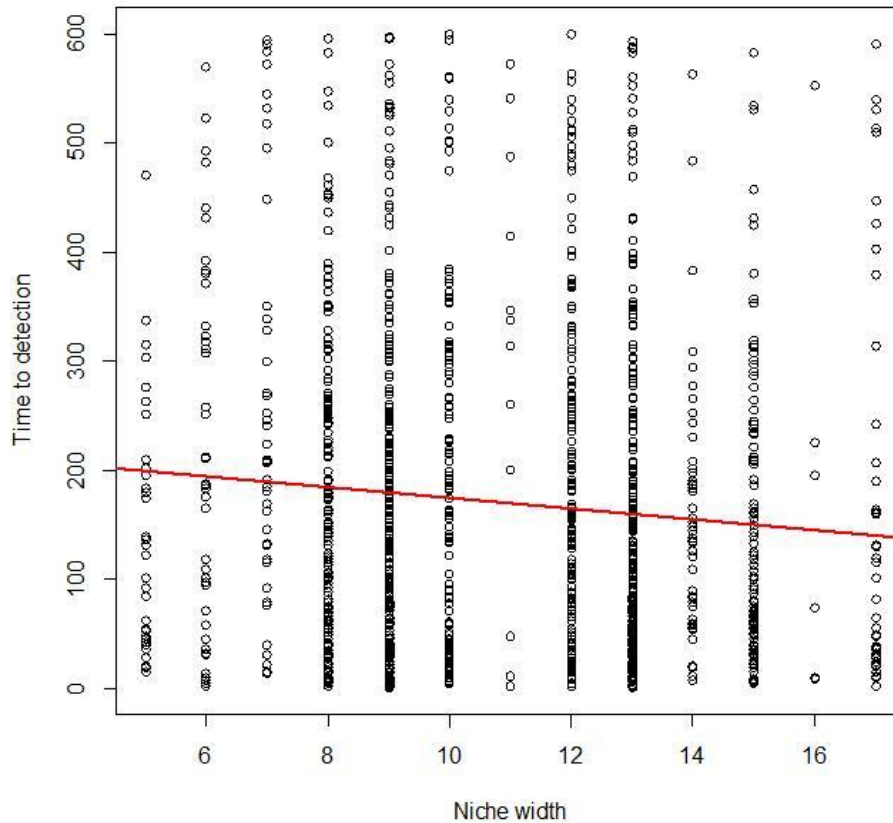
Obr. 8 – vliv zkušeností pozorovatele na detekovatelnost vážek



Obr. 9 – detekovatelnost druhů při jednotlivých návštěvách lokality

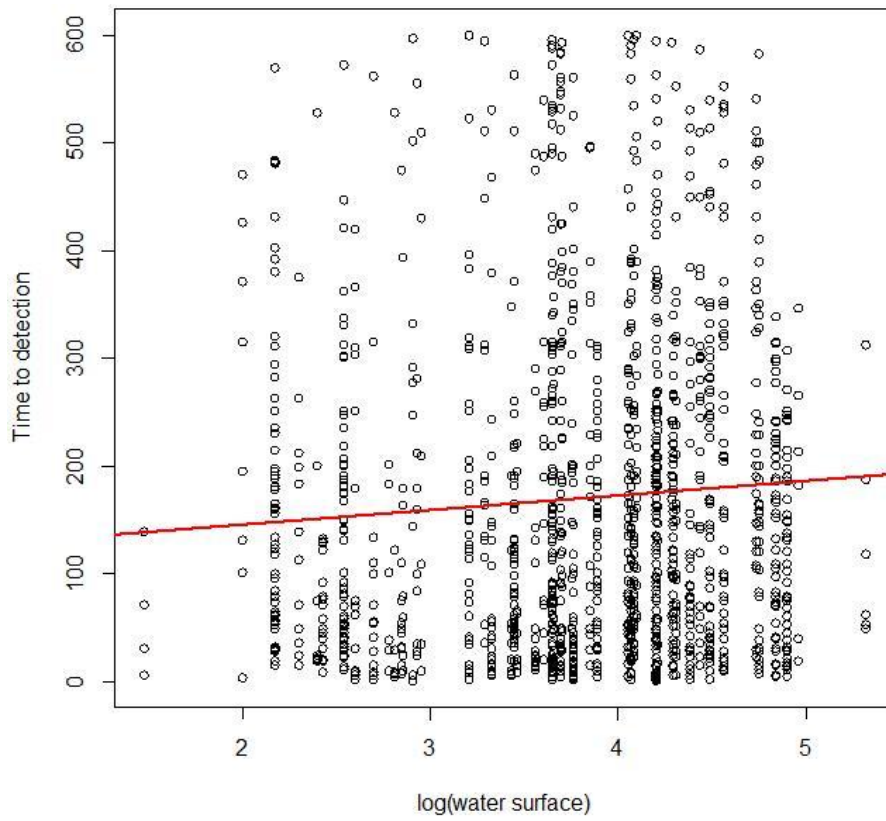


Zajímavým výsledkem je zjištění, že druhy vážek, které řadíme ke generalistům, byly detekovány rychleji než specialisti (Obr. 10). Testována byla šířka ekologické niky jednotlivých druhů, která vychází z red list IUCN. Test byl silně průkazný (p-value 0.001).



Obr. č. 10 – závislost detekce vážek na šířce ekologické niky jednotlivých druhů

Jako posledními testovanými faktory s vlivem na detekci, byly vlastnosti jednotlivých lokalit. První z nich byla přítomnost litorální vegetace, která se lišila na různých lokalitách množstvím a hustotou pokryvu. Test však ukázal, že tato proměnná neměla na detekovatelnost vážek vliv (p-value 0.34618). Druhou testovanou charakteristikou lokalit byla velikost vodní plochy. Ta už se jevila jako významnější s ohledem na detekci vážek (p-value 0.01243). Čím větší byla vodní plocha, tím hůře byly druhy vážek detekovány (Obr. 11).



Obr. 11 – vliv velikosti vodní plochy na detekovatelnost vážek

## 5. Diskuze

Výsledky mé diplomové práce odhalily zcela nové poznatky o detekovatelnosti vážek. Prokázal jsem, že pravděpodobnost detekovat různé druhy vážek se velmi liší. Zjistil jsem, že modré druhy jsou objevovány rychleji než ostatní zbarvení, že druhy nejmenších vážek mohou být detekovány stejně dobře jako ty největší a že generalisté bývají na lokalitách objeveny dříve než specialisté. Jak se očekávalo, byly početnější druhy detekovány rychleji, než ty s nízkou abundancí. Významný vliv na detekci měla také velikost lokality. Překvapením bylo, že detekovatelnost nezávisela na letových ani disperzních schopnostech druhů a nebyla ovlivňována ani množstvím litorální vegetace.

### 5.1 Početnost

Nejvíce variability v celém modelu vysvětlila abundance přítomných druhů. Významný vliv abundance na detekovatelnost vážek se předpokládal, protože byl tento jev prokázán i u mnoha jiných organismů (Jachmann 2002, Fletcher & Hutto 2006, Delaney & Leung 2010). Vzhledem k tomu, že stačí k detekování druhu, na lokalitě objevit jeho jediného zástupce (McCarthy et al. 2013), je jasné, že s vyšším počtem jedinců se pravděpodobnost, že na nějakého natrefíme, zvyšuje. Závislost by tak měla být lineární, s nejhorší detekovatelností pro málo početné druhy a nejrychlejším objevením nejpočetnějších druhů. Přesně to se také ukázalo v mých výsledcích.

Konkrétní vlastnosti druhů mohou být kvůli abundanci vážek zcela upozaděny, protože při vysoké hustotě se druh vlivem náhody většinou objeví, i když nemá vlastnosti pro snadnou detekci. To se projevilo v mých výsledcích patrně u velikosti těla vážek, jak bude diskutováno později. Naopak pokud jsou velké a barevné druhy málo početné, nemusí jejich vlastnosti pomoci k odhalení, třeba i proto, že se žádný jedinec nedostane do blízkosti pozorovatele. Při sběru dat se mnohokrát stalo, že byl na lokalitě spatřen pouze jediný zástupce svého druhu, který se ocitl v mé blízkosti. Z dat je patrné, že takovýto jedinec byl často spatřen až v posledních minutách měření. Je tedy nasnadě předpokládat, že mnohdy nebyl druh s takto nízkou abundancí na lokalitě vůbec zjištěn. Tento výsledek je obzvláště znepokojující, pokud si uvědomíme, že ty nejběžnější druhy často tvoří největší populace, zatímco druhy vzácné nebo ohrožené, o které jde v ochraně přírody nejvíce, jsou většinou mnohem méně početné (McCarthy et al. 2013).

Vzácné druhy tak nemusí být kvůli špatné detekovatelnosti často objeveny, což může vést například k ukončení důležitého managementu a snahy o jejich záchranu (Rout et al. 2010). S jejich ochranou se nemusí na lokalitě ani začít, když nebudou například při mapování druhů nebo biologických hodnoceních zjištěny. Poslední lokality těchto druhů tak mohou zanikat, bez toho aniž by si toho někdo všiml. Skvělým příkladem může být náhodné objevení šidélka ozdobného (*Coenagrion ornatum*) na několika lokalitách v ČR (Waldhauser & Mikát 2010). Tento kriticky ohrožený druh velmi dlouho unikal pozornosti výzkumníků, jednak proto, že preferuje neatraktivní biotopy pro ochranu přírody, jako jsou například meliorační kanály, ale také proto, že je špatně detekovatelný. Jedná se totiž o nenápadnou vážku, která je lehce zaměnitelná s jinými druhy šidélek. *Coenagrion ornatum* je přímo ohrožováno zarůstáním vodního toku a prospívá mu aktivní management v podobě mozaikovitě seče podél břehů (Waldhauser & Mikát 2010). Vzhledem k horší detekovatelnosti a dlouhodobému přehlížení, bylo pravděpodobně mnoho vhodných lokalit pro tento druh zničeno postupující sukcesí, bez jakékoliv snahy tomu zabránit. Základem účinné ochrany *Coenagrion ornatum* tak musí být podrobné zmapování výskytu, což není vzhledem k jeho obtížné detekci, vůbec snadné.

Objevení méně početných druhů mohou přímo ztěžovat i druhy hojné, kterých jsou na lokalitě stovky a neustále upoutávají pozornost sběratele. V mém výzkumu patřily k nejrychleji detekovaným druhům právě naše nejběžnější a nejpočetnější vážky (*Coenagrion puella*, *Sympetrum sanguineum*, *Sympetrum vulgatum*, *Ischnura elegans*). Druhy u nás vzácné nebo ohrožené (*Sympecma paedisca*, *Leucorrhinia albifrons*, *Coenagrion lunulatum*) byly objeveny výjimečně, přesto že byly navštěvovány lokality s jejich potvrzeným výskytem.

Vzhledem k tomu že ty nejohroženější a nejvzácnější vážky bývají odkázány na specifické podmínky stanovišť, bylo testováno i to jestli je rozdíl mezi detekovatelností specialistů a generalistů. Ukázalo se, že generalisté jsou skutečně lépe detekováni než specialisté. Tato skutečnost samozřejmě úzce souvisí s početností, protože nejhojnější druhy bývají právě generalisté. Kromě toho, protože jsou generalisté téměř všudypřítomní, může je mít člověk mnohem lépe „nakoukané“. To platí především pro méně zkušené pozorovatele. Můj sběr dat probíhal vůbec poprvé jednu sezónu, většinu druhů vážek jsem tak předtím nikdy nepozoroval, avšak s každým nálezem se schopnost detekovat daný druh zlepšovala. Běžné druhy, které jsem nacházel na většině lokalitách, jsem byl časem schopný rozpoznat už na dálku.

Početnější druhy mohou zvyšovat pravděpodobnost svého odhalení i tím, že se shlukují do větších skupin. Tento trend byl zjištěn například u ptáků nebo velkých savců (Jachmann 2002, Flettcher & Hutto 2006). Vážky tvoří větší skupiny často v reakci na podmínky prostředí. Velká hejna čítající až stovku jedinců se mohou objevovat například u šídla pestrého (*Aeshna mixta*) a šídla rákosního (*Aeshna affinis*) (Waldhauser & Černý 2013).

Takto velké skrumáže nebyly během výzkumu pozorovány, avšak i menší skupinky nebo interakce mezi 2 jedinci mohou zvyšovat pravděpodobnost, že si pozorovatel druhu všimne. Z vlastní zkušenosti mohu říci, že bojujících samců či letícího kopulujícího páru si člověk všimne lépe než osamocené jedince. U početnějších populací budou tyto interakce jistě častější.

Abundance jednotlivých druhů se během sezóny samozřejmě mění. Imaga našich vážek létají od konce dubna až do podzimu (Hanel & Zelený 2000), a nejpočetnější bývají druhy právě uprostřed letové sezóny. S tím souvisí patrně nejrychlejší detekovatelnost druhů při třetí návštěvě lokalit, která probíhala zhruba v polovině července. Některé druhy vážek létají jen velmi krátce, u nich může být detekce obtížnější a závisí na správném načasování sběru dat. Pellet (2008) zjistil, že je načasování výzkumu zcela zásadní pro správnou detekovatelnost motýlů. Při mém výzkumu byly lokality navštěvovány celkem  $6 \times$  rovnoměrně po celou sezónu, takže byla pravděpodobně pokryta většina druhů.

## 5.2 Vlastnosti druhů

Nejen abundance, ale také konkrétní vlastnosti druhů se významně podepsaly na detekovatelnosti vážek. Prvním „traitem“, který prokazatelně ovlivňoval detekovatelnost vážek, bylo zbarvení jejich těla. Výsledky odhalily zajímavý fakt, a to že modré druhy vážek jsou v průměru detekovány dříve než ostatní zbarvení. Podobný výsledek zaznamenali autoři Van Gossum et al. (2004) u samic šídélka kroužkovaného (*Enallagma cyathigerum*). Prokázalo se, že modré samice byly o 24 % lépe detekovány než samice zelenožluté. Autoři článku však připisují rozdílnou detekovatelnost i odlišnému chování obou morf, protože modré samice záměrně napodobovaly chování samců a byly tak více nápadné (Van Gossum et al. 2004). V mých výsledcích se nedá předpokládat podobná závislost, protože se data sbírala na samcích.

Je nutné připomenout, že většina výzkumů detekovatelnosti byla doposud prováděna u rostlin (Kéry & Gregg 2003, Alexander et al. 2009, Ng & Driscoll 2015). Srovnávat podobné závěry detekovatelnosti u vážek a kvetoucích rostlin může být zavádějící, vzhledem k tomu že jde o zcela odlišné organismy. Jistá podobnost by se však dala nalézt právě ve zbarvení, které mají obě skupiny velmi pestré a variabilní. Také rostliny kvetou často modře, což je barva, která se u jiných živočichů než u vážek příliš často a v takové míře neobjevuje. Autoři Garard et al. (2013) ve své studii prokázali, že druhy s modrými květy byly detekovány lépe než ty, které kvetly žlutě nebo bíle. Modrá barva je tak pro člověka v přírodě patrně velmi nápadná, záleží však i na jejím odstínu a na konkrétním pozadí. Je také nutné říci, že v mém výzkumu nebylo kvůli velké variabilitě našich vážek, možné otestovat všechna zbarvení. Druhy byly rozděleny pouze do 4 základních skupin podle své převládající barvy, na modré, červené, kovově lesklé nebo hnědé. Přesto si troufám tvrdit, že se ukázaly ty nejpodstatnější vlivy zbarvení vážek na jejich detekovatelnost, protože vybrané kategorie byly vhodně zvoleny tak, aby postihly většinu zaznamenaných druhů. Není překvapením, že průměrně nejvíce času zabralo detekovat hnědě zbarvené vážky, jejichž barva není kontrastní a obecně mnohem lépe splývá s vegetací a uschlými zbytky rostlin. Například šídlatka kroužkovaná (*Sympecma paedisca*) a šídlatka hnědá (*Sympecma fusca*) jsou druhy, kterým hnědá barva výborně slouží ke skrytému způsobu života. Oba druhy mohou na lokalitách dokonale splynout s uschlou vegetací (Waldhauser & Černý 2013). *Sympecma paedisca* byla třetím nejhůře detekovaným druhem v mém výzkumu. *Sympecma fusca* byla pozorována za celou dobu pouze 4 × a proto byla kvůli možnému zkreslení z testu odebrána. Průměrně byla však detekována ještě o minutu později než zmiňovaná *Sympecma paedisca*. Problémy s detekcí šídlatek nastínila Hronková (2014), která navzdory intenzivnímu průzkumu a množství času stráveného na lokalitách, objevila pouze několik málo jedinců. Ačkoliv se jedná o běžný druh tvořící větší populace, může být velmi často přehlížen, právě z důvodu horší detektability.

Je zajímavé, že nejhůře detekovaným druhem celého výzkumu byla vážka žíhaná (*Sympetrum striolatum*). Samci tohoto druhu jsou světle červení, nápadní a relativně velcí, což určitě nejsou vlastnosti, které by druh předurčovaly ke špatné detekci. Důvodem je pravděpodobně něco jiného. Pokud se zaměříme na morfologii, velikost těla i jiné vlastnosti druhu, zjistíme, že *S. striolatum* je velmi snadno zaměnitelná s jinou, příbuznou, avšak hojnější vážkou obecnou (*Sympetrum vulgatum*).

Oba druhy jsou si velmi podobné zbarvením, velikostí i stavbou těla (Dijkstra & Lewington 2006), obě vážky mohou navíc obývat shodné biotopy a vyskytovat se tak na stejných lokalitách (Waldhauser & Černý 2013). Druhy se dají rozpoznat podle zbarvení pruhů na hrudi a podle množství černé barvy na „obličejové masce“. Tyto znaky však nedokáže ani zkušený pozorovatel zjistit bez toho, aby si druh prohlédl zblízka. Pro správné určení je tak nezbytné druh odchytit. Pokud byly na lokalitě přítomné oba druhy, byla relativně snadná jejich záměna. Mohlo se například stát, že pozorovatel odchytil několik jedinců *Sympetrum vulgatum* a dále již podobným vážkám nevěnoval zvýšenou pozornost. Při sběru dat bylo důležité soustředit se na všechny druhy, pozorovatel tak mohl zanedbávat odchyt „stejných vážek“. Při vysokých početnostech nebylo ani technicky možné odchytit všechny pozorované jedince. I když byl testován vliv počtu zaměnitelných druhů na detekovatelnost, který se neprokázal, je záměna těchto dvou druhů více než pravděpodobná. Nasvědčuje tomu i skutečnost, že *Sympetrum vulgatum* patřila celkově k nejčastěji zaznamenaným vážkám, mnohdy s tou nejvyšší abundancí, zatímco *Sympetrum striolatum* byla objevena za celý výzkum pouze 12 ×.

Druhá vlastnost vážek, průkazně ovlivňující detekci, byla velikost těla. Očekávalo se, že závislost mezi velikostí těla a časem objevení bude u vážek, stejně jako například u ptáků (Fletcher & Hutto 2006, Johnston et al. 2014) lineární. V obou studiích autoři prokázali, že s větším tělem roste i pravděpodobnost objevení druhu. V mém výzkumu se tento trend neprojevil, naopak se ukázalo, že nejmenší vážky jsou často detekovány stejně dobře nebo i lépe než největší zaznamenané druhy. Nejhůře byly v průměru detekovány středně velké vážky. Toto může mít více vysvětlení. Ptáci jsou skupinou, která zahrnuje velikostně velmi různorodé druhy. Fletcher & Hutto (2006) i Johnston et al. (2014) zkoumali detekovatelnost různých řádů, od pěvců až po veslonohé. Největší druhy mohly být klidně 7 × větší než ty malé, což už jsou rozdíly, které se musí na detekci nějak projevit. Vážky jsou rozměrově také velmi variabilní, avšak kvůli jejich malým velikostem, byl největší zjištěný rozdíl mezi druhy jen 5 cm. Při takto malých rozměrech mohou být odchylky v délce těla pravděpodobně potlačeny jinými faktory. Jedním z takových faktorů byla určitě abundance druhů. Jak již bylo řečeno, ukázala se abundance jako velmi významný faktor ovlivňující detekci vážek. Malá zygopterní šidélka byla na lokalitách většinou mnohem početnější než největší rody *Anax* nebo *Aeshna*. Důvodem je patrně rozdílná historie těchto skupin, které tvoří přirozeně jinak početné populace. Velká šídla jsou často silně teritoriální a mají větší

nároky na prostor, bývá jich tak na lokalitě méně (Hanel & Zelený 2000). Naopak nejčastěji pozorované šidélko páskované (*Coenagrion puella*) se často objevovalo na lokalitách odhadem ve více než 100 jedincích, reálně se však jedná až o tisíce jedinců. V takovéto hustotě bylo téměř nemožné druh přehlédnout, jedinci se to totiž na mnohých místech jen „hemžilo“. Vliv abundance tak působil v tomto případě proti velikosti a vyrovnával rozdíly v detekovatelnosti.

Velmi překvapivým výsledkem této práce bylo zjištění, že letové schopnosti, ani disperzní schopnosti druhů neměly prokazatelný vliv na detekovatelnost. Pro možnost testování letových schopností byly druhy rozděleny na tzv. „fliers“ a „perchers“. První skupina zahrnovala druhy, které tráví většinu aktivního času ve vzduchu, neúnavně obletují svá teritoria a jen zřídkakdy usedají na vegetaci podél břehů (Corbet 1962). Druhou skupinu pak tvořily druhy, které naopak mnohem více času posedávají na vegetaci, kamenech či kusech dřeva, kde se vyhřívají, obhlížejí svá teritoria nebo konzumují potravu (Corbet & May 2008). Očekával jsem, že druhy „fliers“ budou detekovány rychleji než sedavé vážky, protože by měly být za letu mnohem nápadnější a měly by tak snáze upoutat pozornost pozorovatele. Něco podobného prokázal Pellet (2008) ve studii denních motýlů, když zjistil, že samci motýlů, kteří létali déle a aktivně vyhledávali samice, byli o 18-40 % lépe detekováni než druhy s pasivními samci, kteří v klidu seděli a čekali na samice na vegetaci. Motýli jsou doposud asi jedinou skupinou létajícího hmyzu, u které byla mezidruhová detekovatelnost zkoumána (Dennis et al. 2006, van Swaay et al. 2008) a vážkám se v mnohém podobají. Jak je tedy možné, že se u vážek vliv letu na detekci neprojevil? Částečným vysvětlením mohou být odlišné letové návyky v rámci skupiny „fliers“. Tím, že jsou „fliers“ v podstatě neustále ve vzduchu, kde se aktivně pohybují, by měli strhávat svou pozornost na sebe. To ale platí pouze v případě, že létají přímo na lokalitě, těsně nad vodní hladinou nebo podél břehů, kde si jich pozorovatel snadno všimne. Pokud zalétávají na delší dobu dále od vodní plochy, snižuje se pravděpodobnost jejich objevení a viditelnějšími se náhle mohou stát pasivní, ale mnohdy stále přítomní „perchers“. Například šídlo velké (*Aeshna grandis*), je typický zástupce skupiny „fliers“ a můžeme ho mnohem častěji, než u vody spatřit na lesních pasekách kde loví potravu (Waldhauser & Černý 2013). Naproti tomu šídlo královské (*Anax imperator*) zástupce stejné skupiny, létá nejčastěji asi metr a půl nad vodní hladinou, kde bývá velmi rychle odhaleno. Obecně to kde a jak vážky létají, může ovlivňovat jejich detekci. Některé druhy se před člověkem záměrně skrývají a odlétají směrem od něho, zatímco jiné jako například šídlo modré (*Aeshna*



*cyanea*) si člověka přiletí prohlédnout z blízka (Waldhauser & Černý 2013). Letové schopnosti souvisí i s „odchytitelností“ druhu, například zygopterní vážky se dají velmi snadno odchytit a tedy i bezpečně detekovat, zatímco mnoho zdatnějších letců z podřádu *Anisoptera* velmi často uletí i zkušenému sběrateli. Dalším vysvětlením proč se neprokázal vliv „perchers“ vs „fliers“ na detekci může být to, že se skupiny nemusely při objevení chovat předpokládaným způsobem. To se týká především „perchers“, kteří mohli být detekováni i za letu, když náhodou vylétali za potravou, samicí, nebo bránit si svá teritoria. Při procházení lokalit se také mnoho jedinců sedících vážek vyplašilo a bylo zaznamenáno až v době, kdy vzlétli. Rozdíly mezi „létavými“ a „sedavými“ druhy se tak mohly vytrácet. Pro otestování, zda má let vliv na detekci vážek, by bylo možná vhodnější rozlišovat mezi tím, jestli byl druh poprvé spatřen za letu, nebo když seděl. Zároveň se ukazuje, že členění na pouze dvě základní skupiny podle aktivity nestačí. Disperzní schopnosti by mohly ovlivňovat detekovatelnost vážek proto, že druhy s lepší disperzí se snáze dostanou na větší počet lokalit, kde mohou být objeveny. Vážky se často objevují i na lokalitách, kde nejsou schopné vytvářet stabilní populace. Tento efekt se však také nepotvrdil, detekce druhů je i na nových lokalitách patrně závislá spíše na vlastnostech druhu a environmentálních podmínkách, než pouze na tom že se sem druh dostal. Navíc bývá druh na lokalitách, kde se nerozmnožil méně početný, což opět přímo snižuje možnost jeho objevení.

### **5.3 Charakteristika lokalit a zkušenosti pozorovatele**

Velikost lokality signifikantně ovlivňovala detekovatelnost, přičemž s velikostí lokality se detekovatelnost vážek zhoršovala. Tento trend se dal předpokládat, protože malé lokality se daly za 10 minut prohledat důkladněji. Lokality byly při všech návštěvách procházeny zhruba stejnými místy, avšak nejmenší lokalita, která měla pouhých 30 m<sup>2</sup>, se dala za 10 minut obejít několikrát a přítomné druhy se neměly kam schovat. Největší lokalita měla rozlohu kolem 7 Ha, u takto velkých lokalit se procházely jen části a mnoho přítomných druhů se přirozeně neobjevilo. Většina zvolených lokalit však byla menší rozlohy a z toho důvodu bylo přistoupeno ke snížení času z původně zamýšlených 20 minut na polovinu. Kvůli standardizovaným podmínkám musely být ale všechny lokality procházeny stejně dlouho, bez ohledu na velikost. Druhou testovanou charakteristikou byla pokryvnost litorální vegetace. Tato

charakteristika souvisí především s prostupností prostředí. Předpokládal jsem, že v hustější vegetaci se vážky mnohem lépe skryjí a bude je tak těžší objevit. Zároveň bude těžší se v takovém porostu pohybovat. Na některých lokalitách se litorální rostliny téměř nevyskytovaly, jinde byl hustý pás několika desítek metrů. Dospělci vážek jsou pravděpodobně díky svému pohybu detekovány dobře i ve vegetaci, na rozdíl od svleček, na jejichž objevení má vegetace velký vliv (DuBois 2015).

Posledním faktorem ovlivňujícím detekovatelnost byla zkušenost pozorovatele. Ukázalo se, že čím déle se pozorovatel aktivně věnoval výzkumu vážek, tím rychleji je byl schopen objevit. Tyto rozdíly ve schopnostech druh objevit mohou být problematické při srovnávání výsledků od různých autorů a nejen od nich. V současné době existuje velké množství amatérských odonatologů a dobrovolníků, kteří se podílejí např. na mapování vážek (např. přes Biolib.cz). Záznamy od těchto pozorovatelů jsou nesmírně cenné, avšak mohou být kvůli horším zkušenostem mnohých dobrovolníků zkresleny. Kremen et al. (2011) například ukázali, že dobrovolníci zapojení do výzkumu včel, objevili méně než polovinu druhů, co zkušenější odborníci. Problém byl hlavně s nenápadnými a snadno zaměnitelnými druhy. Data od dobrovolníků je tak potřeba ověřovat. Vhodné je například zvýšit úsilí sběru a nebo jak navrhuje Lovell et al. (2009), zapojit alespoň 2 dobrovolníky najednou.

## 6. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit, jaké vlastnosti ovlivňují detekovatelnost vážek. Tento cíl se mi podařilo splnit. Má práce přinesla zcela nové poznatky o detekovatelnosti řádu Odonata. Jedná se o vůbec první studii, která porovnávala detekovatelnost vážek v takovém rozsahu a pro tolik druhů. Zjistil jsem, že pravděpodobnost detekovatelnosti různých druhů se velmi liší. Objevil jsem mnoho faktorů ovlivňujících detekci, včetně velikosti těla a zbarvení, abundance, šíře ekologické niky, velikosti lokality a zkušeností pozorovatele.

Zjistil jsem, že nejlépe detekovány jsou nejpočetnější a nejběžnější druhy generalistů. To je velmi důležité zjištění, protože vzácné a ohrožené druhy, o které jde v ochraně přírody nejvíce, bývají často méně početné a jsou často vázány na specifické podmínky prostředí. Pokud se tedy pracuje s těmito druhy, mělo by být adekvátně

zvýšeno úsilí pro jejich nalezení. To platí hlavně v případě, kdy mohou tzv. falešné absence přímo ohrozit existenci nezjištěného druhu, například při naturových nebo biologických hodnoceních. Výsledky také napovídají, že by se měla větší pozornost věnovat hnědě zbarveným vázkám a také druhům lehce zaměnitelným s jinými vesměs běžnějšími druhy, což potvrzuje nejhůře detekovaná vážka žíhaná (*Sympetrum striolatum*). To že letové schopnosti druhů neovlivňovaly detekci, mohlo být částečně způsobeno nedostatečným rozdělením podle aktivity pouze do dvou základních skupin. Tuto proměnnou by tak bylo vhodné ještě podrobněji testovat.

Na základě výsledků je možné říci, že při sběru dat by měla být vždy zohledněna velikost lokality, přičemž větší lokality by měly být prohledávány déle. Vliv zkušenosti pozorovatele také nelze zanedbávat. Horší zkušenosti dobrovolníků při mapování by mohly být kompenzovány například zapojením alespoň dvou pozorovatelů, kteří by mapovali lokality společně, a nebo doplněním průběžné kontroly zkušenější osobou.

Tato práce přinesla důležité informace o detekovatelnosti vážek, jež mohou pomoci ke zlepšení metodiky při studiu tohoto charismatického hmyzu, a tím i ke zpřesnění výsledků těchto studií. Vzhledem k tomu že jsou vážky stále častěji využívány v mnoha vědních oborech a jejich popularita stoupá i mezi laickou veřejností, věřím, že budou tyto informace přínosné.

## 7. Seznam použité literatury

- Alexander HM., Slade NA., Kettle WD., Pittman GL. & Reed AW., 2009:** Detection, survival rates and dynamics of a cryptic plant, *Asclepias meadii*: applications of mark-recapture models to long-term monitoring studies. *Journal of Ecology* 97: 267–276.
- Andrés JA., Sánchez-Guillén RA. & Rivera AC., 2002:** Evolution of female colour polymorphism in damselflies: testing the hypotheses. *Animal Behaviour* 63: 677–685.
- Azuma A. & Watanabe T., 1988:** Flight performance of a dragonfly. *Journal of Experimental Biology* 137: 221–252.
- Bailey LL., Simons TR. & Pollock KH., 2004:** Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. *Ecological Applications* 14: 692–702.
- Barua M., Gurdak DJ., Ahmed RA. & Tamuly J., 2012:** Selecting flagships for invertebrate conservation. *Biodiversity and Conservation* 21:1457–1476.
- Benke AC. & Benke SS., 1975:** Comparative dynamics and life histories of coexisting dragonfly populations. *Ecology* 56: 302–317.
- Bried JT., D'Amico F. & Samways MJ., 2012:** A critique of the dragonfly delusionhypothesis: why sampling exuviae does not avoid bias. *Insect Conservation and Diversity* 5: 398–402.
- Bried JT., Dillon AM., Hager BJ., Patten MA. & Luttbeg B., 2015:** Criteria to infer local species residency in standardized adult dragonfly surveys. *Freshwater Science* 34: 1105–1113.
- Catling PM., 2005:** A Potential for the use of dragonfly (Odonata) diversity as a bioindicator of the efficiency of Sewage Lagoons. *Canadian Field Naturalist* 119: 233–236.
- Clarke KD., Lewis M., Brandle R. & Ostendorf B., 2012:** Non-detection errors in a survey of persistent, highly-detectable vegetation species. *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 625–635.
- Clausnitzer V., Kalkman VJ., Ram M., Collen B., Baillie JEM., Bedjanič M., Darwall WRT., Dijkstra KB., Dow R., Howking J., Karube H., Malikova E., Paulson D., Schütte K., Suhling F., Villanueva RJ., Ellenrieder N. & Wilson K., 2009:** Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* 142: 1864–1869.

- Corbet PS. & May ML., 2008:** Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology* 11: 155–171.
- Corbet PS., 1962:** A biology of dragonflies. Witherby, London. 247 pages.
- Corbet PS., 1999:** Dragonflies: behavior and ecology of Odonata. Cornell University Press, Ithaca, New York. 829 pages.
- Corbet PS., 2004:** Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata. Harley Books, Colchester, UK. 829 pages.
- Cordero A., Carbone SS. & Utzeri C., 1998:** Mating opportunities and mating costs are reduced in androchrome female damselflies, *Ischnura elegans* (Odonata). *Animal Behaviour* 55: 185–197.
- Córdoba-Aguilar A. (ed.), 2008:** Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research. Oxford University Press, New York. 290 pages.
- Český hydrometeorologický ústav.** Mapy charakteristik klimatu 2015, online: <http://portal.chmi.cz>, cit 20.3.2017
- De Bello F., Lavorel S., Díaz S., Harrington R., Cornelissen JHC., Bardgett RD., Berg MP., Cipriotti P., Feld Chk., Hering D., Da Silva PM., Potts SG., Sandin L., Sousa JP., Storkey J., Wardle DA. & Harrison PA., 2010:** Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation* 19: 2873–2893.
- Delaney DG. & Leung B., 2010:** An empirical probability model of detecting species at low densities. *Ecological Applications* 20: 1162–1172.
- De Solla SR., Shirose LJ., Fernie KJ., Barret GC., Brousseau ChS. & Bishop ChA., 2005:** Effect of sampling effort and species detectability on volunteer based anuran monitoring programs. *Biological Conservation* 121: 585–594.
- Dennis RLH., Shreeve TG., Isaac NJB., Roy DB., Hardy PB., Fox R. & Asher J., 2006:** The effects of visual apparency on bias in butterfly recording and monitoring. *Biological Conservation* 128: 486–492.
- Díaz S., Purvis A., Cornelissen JHC., Mace GM., Donoghue MJ., Ewers RM., Jordano P. & Pearse WD., 2013:** Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. *Ecology and Evolution* 3: 2958–2975.
- Didham RK., Leather SR. & Basset Y., 2016:** Circle the bandwagons – challenges mount against the theoretical foundations of applied functional trait and ecosystem service research. *Insect Conservation and Diversity* 9: 1–3.
- Dijkstra KDB. & Lewington R., 2006:** Field guide to dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, Gillingham. 320 pages.

**Dolný A., Bárta D. & Veselý M., 2008:** Mimikry u vážek aneb Čím se liší *Bradinopyga cornuta*. *Vesmír* 87: 314–319.

**Dolný A., Bárta D., Waldhauser M., Holuša O. & Hanel L., 2007:** *Vážky České republiky*. Taita Publishers s. r. o., Hradec Králové. 672 stran.

**DuBois RB., 2015:** Detection probabilities and sampling rates for Anisoptera exuviae along river banks: influences of bank vegetation type, prior precipitation, and exuviae size. *International Journal of Odonatology* 18: 205–215.

**Fletcher RJ. & Hutto RL., 2006:** Estimating detection probabilities of river birds using double surveys. *The Auk* 123: 695–707.

**Foster SE. & Soluk DA., 2004:** Evaluating exuvia collection as a management tool for the federally endangered Hine's emerald dragonfly, *Somatochlora hineana* Williamson (Odonata: Cordulidae). *Biological Conservation* 118: 15–20.

**Funk JL., Cleland EE., Suding KN. & Zavaleta ES., 2008:** Restoration through reassembly: plant traits and invasion resistance. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 695–703.

**Futahashi R., Kurita R., Mano H. & Fukatsu T., 2012:** Redox alters yellow dragonflies into red. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109:12626–12631.

**Futahashi R., 2016:** Color vision and color formation in dragonflies. *Current Opinion in Insect Science* 17: 32–39.

**Garrard GE., Bekessy SA., McCarthy MA. & Wintle BA., 2015:** Incorporating detectability of threatened species into environmental impact assessment. *Conservation Biology* 29: 216–225.

**Garrard GE., McCarthy MA., Williams NSG., Bekessy SA. & Wintle BA., 2013:** A general model of detectability using species traits. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 45–52.

**Gaston KJ., Blackburn TM. & Loder N., 1995:** Which species are described first?: the case of North American butterflies. *Biodiversity and Conservation* 4: 119–127.

**Gayraud S., Statzner B., Bady P., Haybachp A., Schöll F., Usseglio-Polatera P. & Bacchi M., 2003:** Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics. *Freshwater Biology* 48: 2045–2064.

**Giugliano L., Hardersen S. & Santini G., 2012:** Odonata communities in retrodunal ponds: a comparison of sampling methods. *International Journal of Odonatology* 15: 13–23.

- Golfieri B., Hardersen S., Maiolini B. & Surian N., 2016:** Odonates as indicators of the ecological integrity of the river corridor: Development and application of the Odonate River Index (ORI) in northern Italy. *Ecological Indicators* 61: 234–247.
- Grabow K. & Rüppell G., 1995:** Wing loading in relation to size and flight characteristics of European Odonata. *Odonatologica* 24: 175–186.
- Grime JP., 1977:** Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111: 1169–1194.
- Gu W. & Swihart RK., 2004:** Absent or undetected? Effects of non-detection of species occurrence on wildlife–habitat models. *Biological Conservation* 116: 195–203.
- Hanel L. & Zelený J., 2000:** Vážky (Odonata) výzkum a ochrana Metodika ČSOP č.9. Český svaz ochránců přírody, ZO Vlašim. 240 stran.
- Harabiš F. & Dolný A., 2011:** The effect of Ecological determinants on the dispersal abilities of central european dragonflies (Odonata). *Odonatologica* 40: 17–318.
- Hardersen S., 2008:** Dragonfly (Odonata) communities at three lotic sites with different hydrological characteristics. *Italian Journal of Zoology* 75: 271–283.
- Hilton DFJ., 1987:** A terminology for females with color patterns that mimic males. *Entomological News* 98: 221–223.
- Hronková J., 2014:** Vliv struktury vegetace na habitatové preference šídlatek. Nепublikovaná bakalářská práce. Dep.: Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 48 stran.
- Hronková J., 2016:** Sezónní rozdíly ve využívání terestrických biotopů u vážek. Nепublikovaná diplomová práce. Dep.: Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 65 stran.
- Chen G., Kéry M., Plattner M., Ma K. & Gardner B., 2013:** Imperfect detection is the rule rather than the exception in plant distribution studies. *Journal of Ecology* 101: 183–191.
- Chen G., Kéry M., Zhang J. & Ma K., 2009:** Factors affecting detection probability in plant distribution studies. *Journal of Ecology* 97: 1383–1389.
- Jachmann H., 2002:** Comparison of aerial counts with ground counts for large African herbivores. *Journal of Applied Ecology* 39: 841–852.
- Johansson F., Englund G., Brodin T. & Gardfjell H., 2006:** Species abundance models and patterns in dragonfly communities: effects of fish predators. *Oikos* 114: 27–36.

- Johnston A., Newson SE., Risely K., Musgrove AJ., Massimino D., Baillie SR. & Pearce-Higgins JW., 2014:** Species traits explain variation in detectability of UK birds. *Bird Study* 61: 340–350.
- Kadlec T., Tropek R. & Konvicka M., 2012:** Timed surveys and transect walks as comparable methods for monitoring butterflies in small plots. *Journal of Insect Conservation* 16: 275–280.
- Kalkman VJ., Clausnitzer V., Dijkstra KB, Orr AG., Paulson DR. & Van Tol J., 2008:** Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 351–363.
- Keeley JE., Pausas JG., Rundel PW., Bond WJ. & Bradstock RA., 2011:** Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science* 16: 406–411.
- Kéry M. & Gregg KB., 2003:** Effects of life-state on detectability in a demographic study of the terrestrial orchid *Cleistes bifaria*. *Journal of Ecology* 91: 265–273.
- Kéry M. & Plattner M., 2007:** Species richness estimation and determinants of species detectability in butterfly monitoring programmes. *Ecological Entomology* 32: 53–61.
- Kéry M. & Schmidt., 2008:** Imperfect detection and its consequences for monitoring for conservation. *Community Ecology* 9: 207–216.
- Knight TM., McCoy MW., Chase, JM., McCoy KA. & Holt RD., 2005:** Trophic cascades across ecosystems. *Nature* 437: 880–883.
- Korkeamäki E. & Suhonen J., 2002:** Distribution and habitat specialization of species affect local extinction in dragonfly Odonata populations. *Ecography* 25: 459–465.
- Kremen C., Ullmann KS. & Thorp RW., 2011:** Evaluating the quality of citizen-scientist data on pollinator communities. *Conservation Biology* 25: 607–617.
- Lemelin H., 2009:** Goodwill hunting: dragon hunters, dragonflies and lemure. *Current Issues in Tourism* 12: 553–571.
- Lovell S., Hamer M., Slotow R. & Herbert D., 2009:** An assessment of the use of volunteers for terrestrial invertebrate biodiversity surveys. *Biodiversity and Conservation* 18: 3295–3307.
- Luc-Bouhali A. & Choy P., 2004:** Progress of the REMANTA project on MAV with flapping wings and of the International Universities mini UAV Competition. EMAV, Braunschweig, Germany. 10 pages.
- MacKenzie DI., Nichols JD., Lachman GB., Droege S., Royle JA. & Langtimm C., 2002:** Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248–2255.



- May ML., 1976:** Physiological color change in New World damselflies (Zygoptera). *Odonatologica* 5: 165–171.
- May ML., 1977:** Thermoregulation and reproductive activity in tropical dragonflies of the genus *Micrathyria*. *Ecology* 58: 787–798.
- May ML., 1981:** Allometric analysis of body and wing dimensions of male Anisoptera. *Odonatologica* 10: 279-291.
- McCarthy MA., Moore JL., Morris WK., Parris KM., Garrard GE., Vesk PA., Rumpff L., Giljohann KM., Camac JS., Bau SS., Friend T., Harrison B. & Yue B., 2013:** The influence of abundance on detectability. *Oikos* 122: 717–726.
- McNeely JA., 2010:** Monitoring climate change with Dragonflies: Foreword. *BioRisk* 5: 1–2.
- Monteiro-Júnior CS., Juen L. & Hamada N., 2014:** Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. *Landscape and Urban Planning* 127: 28–40.
- Moore NW. (comp.), 1997:** Dragonflies – Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 28 pages.
- Ng K. & Driscoll DA., 2015:** Detectability of the global weed *Hypochaeris radicata* is influenced by species, environment and observer characteristics. *Journal of Plant Ecology* 8: 449–455.
- Nowicki P., Settele J., Henry P. & Woyciechowski M., 2008:** Butterfly monitoring methods: the ideal and the real world. *Israel Journal of ecology & Evolution* 54: 69 – 88.
- Pellet J., 2008:** Seasonal variation in detectability of butterflies surveyed with Pollard walks. *Journal of Insect Conservation* 12: 155–162.
- Powney GD., Brooks SJ., Barwell LJ., Bowles P., Fitt RNL., Pavitt A., Spriggs RA. & Isaac NJB., 2014:** Morphological and Geographical Traits of the British Odonata. *Biodiversity Data Journal* 2.
- Primack R., Kobori H. & Mori S., 2000:** Dragonfly pond restoration promotes conservation awareness in Japan. *Conservation Biology* 14: 1553–1554.
- Quinn JE., Brandle JR., Johnson RJ. & Tyre AJ., 2011:** Application of detectability in the use of indicator species: A case study with birds. *Ecological Indicators* 11: 1413–1418.
- Raebel EM., Merckx T., Feber RE., Riordan P., Thompson DJ. & Macdonald DW., 2012:** Multi-scale effects of farmland management on dragonfly and damselfly assemblages of farmland ponds. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 161: 80–87.

- Raebel EM., Merckx T., Riordan P., Macdonald DW. & Thompson DJ., 2010:** The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation* 14: 523–533.
- R Core Team 2013** – R: A language and environment for statistical computing – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Rehfeldt GE., 1992:** Impact of predation by spiders on a territorial damselfly (Odonata, Calopterygidae). *Oecologia* 89: 550–556.
- Rout TM., McCarthy MA. & Heinze D., 2010:** Optimal allocation of conservation resources to species that may be extinct. *Conservation Biology* 24: 1111–1118.
- Rüppell G., 1989:** Kinematic analysis of symmetrical flight manoeuvres of Odonata. *Journal of Experimental Biology* 144: 13–42.
- Samways MJ., 1999:** Diversity and conservation status of South African dragonflies (Odonata). *Odonatologica* 28: 13–62.
- Samways MJ., 2008:** Dragonflies and damselflies of south Africa. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria. 297 pages.
- Schultz TD. & Fincke OM., 2013:** Lost in the crowd or hidden in the grass: signal apparency of female polymorphic damselflies in alternative habitats. *Animal Behaviour* 86: 923–931.
- Simaika JP. & Samways MJ., 2009:** An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity and Conservation* 18: 1171–1185.
- Smallshire D. & Beynon T., 2010:** Dragonfly Monitoring Scheme Manual. British Dragonfly Society. 12 pages.
- Statzner B. & Bêche LA., 2010:** Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems? *Freshwater Biology* 55: 80–119.
- Stettmer Ch., 1996:** Colonisation and dispersal patterns of banded (*Calopteryx splendens*) and beautiful demoiselles (*C. virgo*) (Odonata: Calopterygidae) in south-east German streams. *European Journal of Entomology* 93: 579–593.
- Suh AN. & Samways MJ., 2001:** Development of a dragonfly awareness trail in an African botanical garden. *Biological Conservation* 100: 345–353.
- Svennson EI., Kristoffersen L., Oskarsson K. & Bensch S., 2004:** Molecular population divergence and sexual selection on morphology in the banded demoiselle (*Calopteryx splendens*). *Heredity* 93: 423–433.

**Tangen BA., Butler MG. & Ell MJ., 2003:** Weak correspondence between macroinvertebrate assemblages and land use in Prairie Pothole Region wetlands. *Wetlands* 23: 104–115.

**Tennessen K., 2011:** Present status of our taxonomic knowledge on the Odonata nymphs of the western hemisphere. *Argia* 23: 22–24.

**The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2016-3, online: <http://iucnredlist.org>, cit. 20.3.2017

**Thomas JA., Telfer MG., Roy DB., Preston CD., Greenwold JJD., Asher J., Fox R., Clarke RT. & Lawton JH., 2004:** Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879–1881.

**Timmins SM. & Braithwaite H., 2002:** Early detection of invasive weeds on islands. In: *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 311–318.

**Turner AM. & Chislock MF., 2007:** Dragonfly predators influence biomass and density of pond snails. *Oecologia* 153: 407–415.

**Tyre AJ., Tenhumberg B., Field SA., Niejalke D., Parris K. & Possingham HP., 2003:** Improving precision and reducing bias in biological surveys: Estimating false-negative error rates. *Ecological Applications* 13: 1790–1801.

**Van Gossum H., Adriaens T., Dumont H. & Stoks R., 2004:** Sex- and morph-specific predation risk: Colour or behaviour dependency? *European Journal of Entomology* 101: 373–377.

**Van Gossum H., Stoks R., Matthysen E., Valck F. & De Bruin L., 1999:** Male choice for female colour morphs in *Ischnura elegans* (Odonata, Coenagrionidae): testing the hypotheses. *Animal Behaviour* 57: 1229–1232.

**Van Swaay ChAM., Nowicki P., Settele J. & Van Strien AJ., 2008:** Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. *Biodiversity and Conservation* 17: 3455–3469.

**Vyhláška 395/ 1992 Sb.** ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb.

**Violle C., Navas ML., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. & Garnier E., 2007:** Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116: 882–892.

**Waldhauser M. & Černý M., 2013:** Vážky České republiky: Příručka pro určování našich druhů a jejich larev. Český svaz ochránců přírody, ZO Vlašim. 180 stran.

**Waldhauser M. & Mikát M., 2010:** Šidélko ozdobné – překvapení z výsypky. *Ochrana přírody* 2: 15–17.

**Watanabe M. & Taguchi M., 1990:** Mating tactics and male wing dimorphism in the damselfly, *Mnais pruinosa costalis* Selys (Odonata: Calopterygidae). *Journal of Ethology* 8: 129–137.

**Watts PC., Daguet C., Thompson DJ. & Kemp SJ., 2005:** Exuviae as a reliable source of DNA for population-genetic analysis of odonates. *Odonatologica* 34: 183–187.

**Wood SN., 2006:** Generalized additive models: An introduction with R. Chapman and Hall/CRC.

**Wikstroem L., Milberg P. & Bergham K., 2009:** Monitoring of butterflies in seminatural grasslands: diurnal variation and weather effects. *Journal of Insect Conservation* 13: 203–211.

**Wintle BA., Kavanagh RP., McCarthy MA. & Burgman MA., 2005:** Estimating and dealing with detectability in occupancy surveys for forest owls and arboreal marsupials. *Journal of Wildlife Management* 69: 905–917.

## 8. Seznam příloh

1. Tabulka – zkoumané lokality s GPS souřadnicemi
2. Fotografie – tandem *Erythromma najas*
3. Fotografie – lokalita Hradiště (Karlovarský kraj)
4. Fotografie – lokalita Přivaží (Středočeský kraj)
5. Fotografie – šídlatka páskovaná (*Lestes sponsa*)
6. Fotografie – samec vážky obecné (*Sympetrum vulgatum*)
7. Fotografie – samička šídla královského (*Anax imperator*) při ovipozici
8. Fotografie – samec šídla rákosního (*Aeshna affinis*)

## 9. Přílohy

Příloha 1: Navštěvované lokality s jejich GPS souřadnicemi

Lokalita	GPS N	GPS E	Lokalita	GPS N	GPS E
Bahnitý rybník	48.981942	14.572654	Lomnický rybník	50.16150	12.96211
Bohatický rybník	50.67126	14.666859	Manušický	50.709657	14.512371
Borovec	49.63516	18.1014	Něm. Chloumek	50.14415	12.96117
Cihelský	50.700778	14.49487	Nový rybník	50.20019	13.16148
Činov	50.207094	13.027811	Orlovská	49.813891	18.445672
Děhylov	49.879603	18.175089	Pilská nádrž	49.677751	13.899135
Dlouhá	50.194126	13.047598	Plešnice jezírko	49.772736	13.186688
Dolní rybník	49.206577	15.046568	Plešnice rybník	49.775393	13.181898
Držník	50.609925	14.722128	Poštovní rybník	49.883634	18.17118
Haviřov	49.786966	18.406699	Přivaží	49.75382	14.146325
Horní lesák	49.200955	15.034058	Skelná huť	49.669668	13.879356
Hradiště	50.17243	13.03621	Starý rybník	48.973641	14.324898
Hrachovec	49.46777	17.9996	Stružnice	50.70352	14.470296
Choryně	49.51899	17.9052	Studénka	49.70479	18.0786
Jelmo rybník	49.029498	14.554556	Štěpán	49.862663	18.195489
Jesenský rybník	50.201233	13.202504	Teleč	50.12904	13.06219
Jistebník	49.73729	18.1148	Trnávka	49.68256	18.1838
Karviná 1	49.831719	18.504242	Týniště	50.14888	13.19484
Karviná 2	49.828107	18.501314	Údrčský	50.13927	13.06958
Komora	49.758432	14.167635	Valeč	50.196625	13.275242
Kopinský	50.13245	13.07099	Velký panský	48.999333	14.577027
Lázská nádrž	49.661946	13.893088			

Příloha 2: kopulující pár šidélka rudoočka (*Erythromma najas*), foto: Michal Hykel





Příloha 3: příklad zkoumané lokality - Hradiště (Karlovarský kraj), foto: Stanislav Švaček



Příloha 4: navštěvovaná lokalita Přivaží (Středočeský kraj), foto: Stanislav Švaček



Příloha 5: šídlatka páskovaná (*Lestes sponsa*), foto: Michal Hykel



Příloha 6: samec vážky obecné (*Sympetrum vulgatum*), foto: Stanislav Švaček





Příloha 7: kladoucí samička šídla královského (*Anax imperator*), foto: Michal Hykel



Příloha 8: samec šídla rákosního (*Aeshna affinis*), foto: Michal Hykel

