

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**



**Česká
zemědělská
univerzita
v Praze**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv teplotní variability prostředí na ovipozici u
vážek**

Kristýna Bernardová

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

Konzultant: Ing. Annemarie Josková

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kristýna Bernardová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv teplotní variability prostředí na ovipozici u vážek

Název anglicky

Effect of environmental temperature variability on oviposition in dragonflies

Cíle práce

Výběr stanoviště u vodního hmyzu a plasticita tohoto chování může mít v kontextu klimatické změny velký význam pro kondici a přežívání potomstva.

Dospělci vážek (Odonata) nedovedou přímo posoudit kvalitu vodního prostředí, a důvěřují proto zástupným indikátorům (vegetace, teplota). Stejně jako u jiných skupin hmyzu, má i pro vývoj larev vážek zásadní vliv teplota. Cílem práce je, zjistit zda kladoucí samice upřednostňuje během ovipozice více prohřivaná místa. A pokud si samice vybírají více prohřivaná místa, jaký vliv má tato volba na mortalitu a kondici potomků.

Metodika

Projekt bude probíhat na písčokvách a slepých ramenech Labe v okolí Brandýse nad Labem. Při experimentu budu pracovat s termokamerou a dataloggery, které bude snímat rozložení teploty na povrchu vody i v hloubce. Během vrcholu rozmnožovací sezóny bude hodnocena preference samic pro kladení v závislosti na teplotě prostředí.

Experiment bude probíhat od začátku srpna do září roku 2023 a výsledná data budou následně statisticky zpracovávána.

Doporučený rozsah práce

40 stran + přílohy

Klíčová slova

teplota vody, teplota, plasticita chování

Doporučené zdroje informací

- A. Córdoba-Aguilar (2008)-Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research
B. A. Robertson, J. S. Rehage, A. Sih (2013)-Ecological novelty and the emergence of evolutionary traps
J. Battin (2004)-When Good Animals Love Bad Habitats: Ecological Traps and the Conservation of Animal Populations
R. Hale, S. E. Swearer (2017)-When good animals love bad restored habitats: how maladaptive habitat selection can constrain restoration

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Filip Harabiš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Annemarie Josková

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv teplotní variability prostředí na ovipozici u vážek vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 24.03.2024

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Ráda bych vyjádřila svou vděčnost vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Filipu Harabišovi, Ph.D., za jeho vedení, odborné rady a čas, který mi věnoval v průběhu výjezdů i po celou dobu zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat konzultantce Ing. Annemarie Joskové za její pomoc a čas, který mi věnovala.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zkoumáním vlivu teplotní variability prostředí na ovipozici u vážek (Odonata). Cílem experimentální části práce bylo zjistit, zda samice preferují pro kladení vajíček více prohřivaná nebo méně prohřivaná místa a jaký to má dopad na jejich potomstvo. Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část se zaměřuje na základní charakteristiku a ekologii vážek. Popisuje navigační schopnosti a mechanismy vážek, vliv teploty na vývoj a interakci larev vážek, a také jaký vliv má teplota na dospělé vážky. Experimentální část se zabývala prováděním výzkumu. Vyhodnocení probíhalo na základě čtyř lokalit, z nichž dvě byly přírodní a dvě uměle vytvořené lokality. Na těchto lokalitách byly umístěny datalogery k monitorování teploty vodního prostředí. Výsledky ukázaly, že vážky preferují teplejší lokality pro ovipozici, protože byl signifikantní rozdíl v teplotě mezi vybranými stanovišti. To by mohlo být způsobeno úspěšnějším vývojem jejich potomstva a urychlením růstu larválních stádií.

Klíčová slova: vážky, teplota, ovipozice, habitatové preference

Abstract

This bachelor thesis explores the effect of environmental temperature variability on oviposition in dragonflies (Odonata). The aim of the experimental part of the thesis was to determine whether females prefer more warmer microhabitats for oviposition and how this decision affects survival and development of offsprings. Thesis is divided into two parts. The theoretical part focuses on the basic characteristics and ecology of dragonflies. It describes the habitat selection patterns of dragonflies, the effect of temperature on development and interaction of dragonfly larvae. The experimental part dealt with the conduct of the research. The evaluation was based on four sites, two of which were natural and two artificial ones. Dataloggers were placed at these sites to monitor the temperature of the aquatic environment. The results showed that dragonflies prefer warmer habitats for oviposition, as there was a significant difference in temperature between the selected habitats. We hypothesise that individuals ovipositing in warmer microhabitats will benefit with more successful development of their offspring and the accelerated growth of the larval stages.

Keywords: dragonflies, habitat selection, temperature, oviposition

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Cíle práce	5
3	Literární rešerše	6
3.1	Základní charakteristika řádu Odonata.....	6
3.2	Ekologie vážek	7
3.2.1	Vývoj a rozmnožování	7
3.3	Ekologie vážek ve vztahu k typu prostředí.....	9
3.3.1	Přírodní biotopy	11
3.3.2	Uměle vytvořený biotopy.....	11
3.4	Vliv teploty na vývoj a interakci larev vážek.....	12
3.4.1	Intraguild predáční kontinuum.....	15
3.5	Vliv teploty na dospělé vážek.....	16
3.5.1	Orientace vážek a jejich mechanismy	18
3.6	Teplota prostředí a její význam pro orientaci hmyzu	20
4	Metodika	25
4.1	Charakteristika území	25
4.2	Výběr lokalit.....	27
4.2.1	Sběr dat.....	29
4.2.2	Zpracování dat.....	30
4.3	Výsledky statistické analýzy	30
5	Diskuze	33
6	Závěr	37
7	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	38
8	Seznam obrázků.....	46
9	Seznam příloh	47
10	Přílohy	48

1 Úvod

Vliv klimatických změn na teplotu prostředí má obecně závazné důsledky pro celou zemskou flóru a faunu. Mezi taxony, které jsou zvláště citlivé na tento abiotický faktor, patří i Odonata. Tento druh má významné vazby na teplotní faktor z důvodu své tropické evoluční historie a adaptací na různé klimatické podmínky (Hassall et Thompson, 2008). Pro svůj životní cyklus jsou vážky závislé na podmínkách svého prostředí, zejména na teplotě vody, obsahu kyslíku a dostupnosti potravy, ale také i na množství polutantů a dalších chemikálií ve vodě (Corbet, 1999).

Teplota má zásadní vliv na všechny živé organismy na Zemi. Růst, vývoj, reprodukce a ovipozice jsou procesy, které jsou silně ovlivněny teplotou. Ovipozice je proces kladení vajec, je klíčovým krokem v reprodukčním cyklu vážek, který může být významně ovlivněn teplotními podmínkami prostředí. U studenokrevných živočichů, jako jsou vážky, je teplota klíčovým faktorem určujícím jejich schopnost získávat a trávit potravu a také aktivitu jejich larválních stádií. Teplota dále ovlivňuje dobu a rychlost vývoje, což má významný dopad na jejich celkovou kondici a schopnost přežít. Tyto faktory jsou navíc úzce propojeny s dostupností, množstvím a kvalitou potravy a s rizikem predace, což společně ovlivňuje fitness studenokrevných živočichů, jako jsou Odonata (Corbet, 1999).

Vývoj vajíček představuje klíčovou fázi ontogenetického procesu životní historie vážek. Úspěšnost líhnutí a rychlost vývoje larválních stádií jsou výrazně ovlivněny podmínkami prostředí, jako je kvalita vody, sucho či způsob přezimování. Nicméně nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje vývoj larev je teplota vody (Ichikawa et al., 2017).

Hmyz, jakožto malý organismus představuje výzvu v určení míry, jakou je oteplování mikroklimatu ovlivněno, kde hmyz žije. Mikroklima jsou lokální, specifické klimatické podmínky, které se odchyľují od okolního klimatu a mohou být vytvořeny různými faktory, jako jsou topografie, vegetace nebo lidské aktivity (Pincebourde et Woods, 2020). Vážky obývají širokou škálu různých sladkovodních prostředí, včetně rybníků, mokřadů, rašelinišť, písčoven, tekoucích vod až po velké řeky (Dolný et Harabiš, 2016).

V rámci mé bakalářské práce jsem zkoumala, jak teplotní variabilita prostředí ovlivňuje chování u vážek. V experimentální části mé studie jsem se zaměřila na

preferenci vážek vůči teplejším nebo chladnějším stanovištím. Dále jsem zkoumala, zda tyto vážky vykazují přednost pro létání na umělé nebo přírodní biotopy.

2 Cíle práce

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo popsat orientaci vážek a zhodnotit vliv teploty na dospělce vážek a na vývoj a interakci larev vážek, kterým jsem se věnovala v druhé polovině teoretické části. V první polovině jsem popisovala základní charakteristiku, vývoj a ekologii vážek.

Cílem experimentální části práce bylo zjistit, zda si vážky vybírají raději teplejší nebo chladnější prostředí při kladení vajíček. Dále bylo sledováno, zda upřednostňují uměle vytvořené nebo přírodní mikrostanoviště při ovipozici. Předpokladem bylo, že: (H₀): nebude rozdíl v počtu tandemů na teplejších mikrostanovištích.

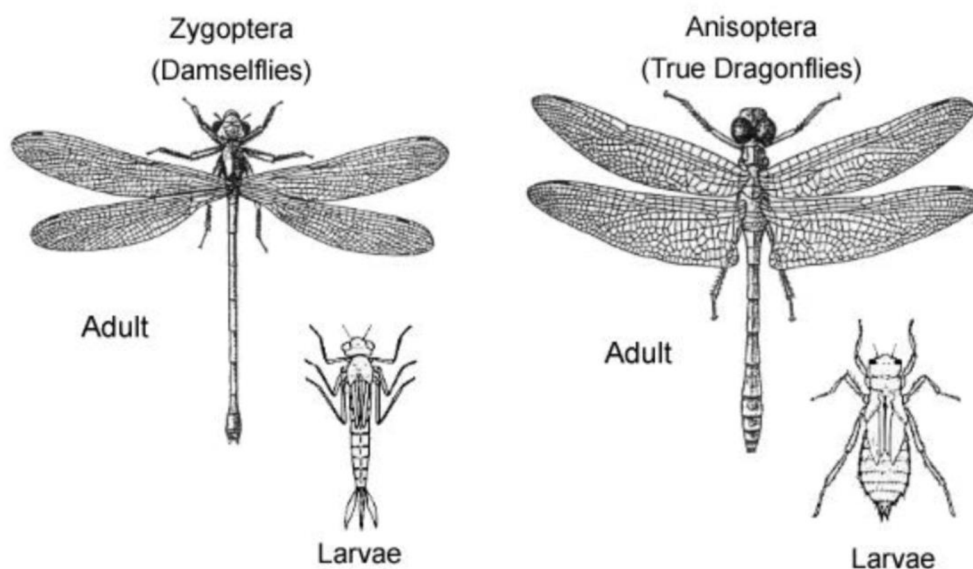
3 Literární rešerše

3.1 Základní charakteristika řádu Odonata

Vážky (Odonata) se řadí mezi nejstarší skupinu okřídleného hmyzu. Je potvrzeno, že jejich výskyt sahá, až do období pozdnímu permu (Grimaldi, 2007). Popsáno je 5956 recentních druhů, kteří žijí na naší Zemi. Řadí se do 659 rodů a v současnosti se vážky rozdělují do tří základních podřádů Zygoptera, Anisoptera a Anisozygoptera. Do Anisozygoptery se řadí čtyři druhy vážek. Tyto vážky žijí v Asii (Himalájích, Číně a Japonsku) (Dolný et Harabiš, 2016). Mezi největší vážky v České republice se řadí páskovec (*Cordulegaster boltonii*) a šídlo (*Anax imperator*) (Dolný et Bárta, 2007). Přestože vážky jsou druhově malá skupina, jedná se o velmi různorodou a u lidí jsou velice oblíbenou skupinou hmyzu. Od ostatního hmyzu se liší svojí pestrostí a barevností (Dijkstra et Kalkman, 2012). Z pohledu ekosystémů se jedná o velice důležitou skupinu hmyzích predátorů. Napomáhají se strukturou sladkovodních ekosystémů, ať už v dospělosti, tak i v larválním stádiu (Tang et Visconti, 2021).

Vzhledem k tomu, že oddělení podřádů Zygoptera a Anisoptera jsou evolučně značně starší skupinou hmyzu, dokážeme je rozlišit podle morfologických znaků (Grimaldi, 2007). Dospělci a larvy jsou velice odlišní u obou podřádů. Dospělec podřádu Zygoptera má menší a výrazně méně robustní tělo. Přední i zadní křídla jsou stejná na obou stranách. Při klidové poloze většina druhů křídla skládá k sobě v poloze nad tělem. Larvy jsou malé, štíhlé a dlouhé. Na konci zadečku mají tři lamely. Naopak dospělci podřádu Anisoptera mají robustnější tělo. Zadní křídla mají u těla širší než křídla přední. V klidové pozici křídla nedávají k sobě, ale nechávají je v pozici jako při letu. Larvy jsou také robustnější než u stejnokřídlic (Zygoptera). Na konci zadečku

Obrázek 1: Rozdíl mezi podřády Anisoptera a Zygoptera a jejich larev (Scherr & Langellotto, 2019)



mají tzv. anální pyramidu. Nemají zadečkové lamely. Po stranách těla mají trny. Ty jim slouží jako obrana před rybami (Dolný et Harabiš, 2016). Znaky jsou popsány výše na obrázku č. 1.

3.2 Ekologie vážek

3.2.1 Vývoj a rozmnožování

Vážky patří mezi hemimetabolický skupiny hmyzu (Stoks et Cordoba-Aguilar, 2012). Páření vážek je unikátní a obvykle se odehrává nad vodní hladinou nebo v její blízkosti. Sameček si před kopulací vybírá teritorium a během tohoto procesu často naplní svůj vnější kopulační orgán spermatoforem (Dolný et Bárta, 2007). Při rozmnožování samci používají tzv. sekundární pohlavní orgán, který mají ukrytý v druhém až v třetím zadečkovém článku. Používají ho pro předání spermatoforu. Tento orgán je specifický v tom, že samci s ním dokážou odstranit ze samic spermatofor předešlého konkurujícího samce (Dolný et Harabiš, 2016). U podřádu Anisoptera sameček v letu uchopí samečku za hlavu svými zadečkovými přívěsky. Na rozdíl u podřádu Zygoptera, kdy sameček uchopí samičku za její předohruď. Poté co sameček uchopí samičku, tak samička se svým zadečkem se připojí k sekundárnímu pohlavnímu orgánu, co mají samci a převezme spermatofor (Suhling et al., 2015).



Obrázek 2: Vážky tvořící srdčitý prstenec při páření (Nadace na ochranu zvířat, 2021)

Výše na obrázku č. 2 můžeme vidět rozmnožování vážek. Ovipozice může probíhat buď, kdy vajíčka kladou volně do vody, na povrch (exofyticky) nebo do pletiv vodních rostlin (endofyticky) (Stoks et Cordoba-Aguilar, 2012). Existují však druhy, který nemají takový vývojový cyklus. K takovým druhům se řadí například rod (*Megalagrion*), který se vyskytuje na Havaji (Suhling et al., 2015).

Samičky některých vážek, zejména z podřádu Zygoptera a čeledi Aeshnidae praktikují endofytickou ovipozici, což znamená, že kladou svá vajíčka do rostlinných pletiv. Tuto strategii využívají díky plně vyvinutému kladélku (Dolný et Bárta, 2007). Výběr konkrétní rostliny se může lišit mezi různými druhy vážek. Některé vážky si vybírají spíše rostliny, co rostou u břehu, jako je například rákos nebo ostrice. Některé druhy si dokonce vybírají pletiva stromů či keřů (Matushkina et Gorb, 2007). Některé endofytické druhy vážek, jako například rod *Calopteryx*, kladou svá vajíčka do pletiv hluboce ponořených rostlin. Při tomto procesu jsou schopny vydržet pod vodou déle než hodinu a dosáhnout hloubky téměř metr (Dolný et Bárta, 2007).

Tato schopnost je umožněna tvorbou vzduchové kapsy nazývaná plastron, která vážkám poskytuje přístup ke kyslíku, tj. srovnatelným způsobem jako na souši (Šigutová et al., 2020, Dolný et Bárta, 2007). Bublina vzduchu, která se vytvoří mezi jemnými chloupky na povrchu těla vážky, je přímo spojena s jejími průduchy a vzdušnicemi, které slouží k dýchání. Vážka tuto respirační vrstvu aktualizuje tím, že zvedne část svého těla a křídel nad hladinu, díky tomu vymění vzduch v bublině za čerstvý (Dolný et Bárta, 2007). U druhů s redukovaným kladélkem je spíše preferováno exofytické kladení, kdy samičky v letu kladou svá vajíčka do vlhkého substrátu nebo přímo do vody (Dolný et Bárta, 2007).

Samičí imaga vážek produkují vajíčka po celou dobu svého života, ale kladou je pouze během krátkých období aktivní fáze, která se střídá s odpočinkovými obdobími (Corbet, 1999). Zygopterní vážky během svého života nakladou několik stovek vajíček, zatímco některé druhy vážek, který kladou vajíčka exofyticky mohou dosáhnout i více než tisíce vajíček (Dolný et Bárta, 2007).

Vývoj vážek probíhá nepřímým a podléhá nedokonalé proměně. Larvy se rozvíjejí z vajíček, která jsou kladená v jarním nebo raně letním období. Rychlost tohoto vývoje je specifická pro každý druh a závisí na teplotě vody a dostupnosti potravy (Dolný et Bárta, 2007). Larvy obývají převážně sladké vody, i když některé druhy se vyskytují

v brakickém prostředí nebo ve slaniscích. Jsou schopny žít jak v tekoucích, tak ve stojatých vodách, a některé druhy dokonce využívají vodu zadrženu v dutinách stromů nebo jiných přírodních nádobách (Dingemanse et Kalkman, 2008).

Během larválního stádia dochází u jedince k růstu. Larvální stádium může trvat měsíc, ale klidně i 5 let. Larvy jsou vodními predátory a živí se malými bezobratlými včetně i jiných larev vážek. I přestože jsou vodními predátory, jsou potravou ryb (Suhling et al., 2015).

Larvy vážek zachycují svou kořist pomocí prudkým stlačením a uvolněním hemolymfy, kdy rychle natahují svou labiální masku, vybavenou pohyblivými čelistmi (Quenta Herrera et al. 2018). Je to vychlípitelná maska, kterou mají v klidové poloze uloženou na spodní straně hlavy (Suhling et al., 2015). Larvy prodělávají obvykle 10 instarů, na konci vývoje posledního instaru je metamorfóza (proměna) dospělého. To je proces, kdy se vážky dostanou do létajícího dospělého stádia. Poté co jim ztvrdne exoskelet, čerstvě vylíhnutí dospělci opouští svůj kokon. Dospělci shání potravu mimo vodu. Později po dozrání vajíček se dospělci vrací zpátky k vodě, kde se snaží rozmnožit. Reprodukční období trvá přibližně jeden až tři týdny, někdy to bývá i delší dobu (Stoks et Cordoba-Aguilar, 2012).

3.3 Ekologie vážek ve vztahu k typu prostředí

Vážky jsou výjimečný v tom, jak široký rozsah sladkovodních biotopů mohou využívat. Některé se zaměřují na tekoucí vody, obývají říčky i impozantní toky. Další preferují stojaté ekosystémy, jako jsou jezera, rybníky a nádrže. Jsou schopny osídlit i dočasné vodní útvary, jako jsou kaluže, dešťová voda v nádobách, fytohelmata (vodní nádoby rostlin) nebo lythotelmy (voda ve skalních štěrbinách) (Harabiš et Dolný, 2010). Druhy preferující tekoucí vody mohou mít snazší šíření a kolonizaci nových území, pokud jsou vytvořeny vhodné podmínky v prostředí (Kalkman et al. 2018). V současné době jsou tekoucí vody ohroženější vodní faunou než stojaté (Dolný et Harabiš, 2016).

Produktivita ekosystému hraje klíčovou roli při určování druhové bohatosti hmyzu v daném prostředí. Jeden z ekologických faktorů, který ovlivňuje rozšíření vážek, je vegetace rostoucí na březích vodních ploch (Harabiš et Dolný, 2010). Vynořená a břehová vegetace představuje klíčový prvek pro život Odonata, protože mnoho larev

vážek využívá vegetaci, buď k úkrytu před predátory nebo k číhání na kořist. Dospělci pak využívají vegetaci ke kladení vajíček (Vilenica et al. 2020).

Některé druhy vážek se přizpůsobují vodním biotopům s extrémními podmínkami, např. vysokohorským rašeliništím s kyselou vodou. Tato schopnost kolonizovat specifické prostředí ukazuje na jejich vysokou biodiverzitu a adaptabilitu. Navíc existují vážky, které upřednostňují sekundární biotopy, které jsou spojené s lidskou činností, jako jsou lidské nádrže nebo oblasti ovlivněné antropogenní faktory. Dá se tedy říct, že vážky hrají klíčovou roli ve sladkovodních ekosystémech a jsou fascinujícím příkladem biologické rozmanitosti a schopnosti přizpůsobit se různým životním podmínkám (Harabiš et Dolný, 2010). Najdeme samozřejmě i druhy, které se specializují na suchozemské prostředí (Suhling et al., 2015).

Larvy vážek jsou omezeny na vodní prostředí, kde tráví většinu svého života. Naopak dospělci vážek mají schopnost opustit vodu a vzdalovat se od ní, např. do blízkých lesů, kde aktivně loví potravu a vykonávají další činnosti, které jsou nezávislé na vodním prostředí (Suhling et al., 2015). Larvy těchto vážek upřednostňují přirozené toky s rozmanitým prostředím, které je narušováno změnami v regulaci toku vody (Dolný et Bárta, 2007).

Anisoptera obvykle žijí v menších domovských okrscích a často se pohybují v rozmezí 50-300 metrů mezi různými stanovišti. Vážky se pohybují přibližně 1 km po biotopech a vykazují rozmanitost v toleranci vůči znečištění vody. Existují i druhy stěhovavé. Některé taxony jsou více citlivé na znečišťující látky než jiné, což ukazuje na variabilitu v jejich schopnosti přizpůsobit se různým úrovním znečištění (Perron et Pick, 2020). Generalisté jsou schopni si vybírat různá stanoviště v různých nadmořských výškách a projevují vyšší disperzní schopnosti. Jsou i druhy, které označujeme jako biotopové specialisty, kteří jsou náročnější vůči výběru habitatu a projevují značnou citlivost k ekologickým faktorům. A jsou i vzácnější než generalisté (Harabiš et Dolný, 2010).

Vážky, které obývají říční ekosystémy, čelí závažným hrozbám, a to zejména způsobeným znečištěním vod a regulací vodního toku. Tyto faktory způsobují degradaci prostředí, což vede k úbytku vhodných stanovišť pro vývoj larev vážek (Dolný et Bárta, 2007). Například teplota vody a obsah kyslíku omezují výskyt druhů *Calopteryx virgo* a *Calopteryx splendens* v tekoucích vodách (Wildermuth, 1994).

Klíčový prvek životního prostředí pro vážky představuje litorální vegetace. Jakékoliv změny v této oblasti můžou ovlivnit jejich diverzitu. Jedním z problémů je nadměrné zarůstání vysokých dřevin, které stíní vodní toky. Jak už víme, tak larvy vážek potřebují světlo. A tato situace vytváří nevhodné podmínky pro vývoj larev (Dolný et Harabiš, 2016).

3.3.1 Přírodní biotopy

Páskovec dvozubý *Cordulegaster bidentata* je vážka, která je typicky spojována s prameništi a pramennými stružkami, na které navazují malé lesní potůčky. Dalším významným biotopem jsou vodní toky. Zde je charakteristickým druhem zástupce čeledi Gomphidae a rod *Calopteryx*. Výskyt vážek ve vodních tocích je ovlivněno rychlosti proudění vody, s tím je spojena i změna rázu dna, teplota kolísání a další ekologické faktory. Bystřiny a potoky mohou být pro vážky náročnějším prostředím, zatímco říčky s kamenitým dnem a řeky, s mělkými koryty, poskytují pro vážky příznivější podmínky. V pořičních tůňkách, což jsou slepá ramena ve vodních tocích, lze pozorovat výskyt druhů, které nejsou reofilní (Dolný et Harabiš, 2016).

Vážky jsou známý svým výskytem v jezerech na Šumavě, přičemž jezera zde mají ledovcový původ. Dalším zajímavým typem vodního prostředí jsou říční jezera, která vznikají například propojením meandrů toků. V lužních lesích pak můžeme nalézt periodické tůně, které představují specifický habitat pro vážky. Tyto tůně mají periodický charakter a hostí druhy vážek, které nemají specifické preference pro určitý typ prostředí (Dolný et Harabiš, 2016).

V posttěžebních oblastech mají přirozeně vytvořené vodní plochy, jako jsou například mokřady a tůně význam. Tyto lokality mohou představovat cenné stanoviště pro sladkovodní bezobratlé, včetně vážek (Kolar, 2021).

3.3.2 Uměle vytvořené biotopy

Umělé vodní útvary byly po celém světě budovány za účelem naplňování různých antropocentrických potřeb. V minulosti byly používány jako zdroje pitné vody, v současnosti jsou využívány jako rekreační oblasti ve městských lokalitách pro chov ryb, zavlažování v zemědělství nebo jako protipovodňová opatření. Na druhou stranu lze některé uměle vytvořené vodní útvary vnímat jako hodnotné pro zachování biologické rozmanitosti, zejména pokud přispívají k rozvoji okolní vegetace a poskytují stanoviště pro živé organismy (Vilenica et al., 2020).

Vodní nádrže s intenzivním lidským využitím, jako jsou rybníky pro chov ryb nebo nádrže v energetických údolích, a také umělé vodní plochy vytvořené důsledkem těžby, zejména šterku a písku, se vyskytují pouze omezeně druhově chudá odonatofauna. Na rozdíl od plůdkových rybníků, kde je život vážek o mnohem příznivější (Dolný et Harabiš, 2016).

Významným vlivem na Odonata je vodní a břehová vegetace, fluktuace hladiny vody a koncentrace rozpuštěného kyslíku. Tyto faktory ukazují, že uměle vytvořené vodní útvary s dobře vyvinutým břehem, vodní vegetací a stabilní úrovní vody, mohou poskytovat vhodné prostředí pro různé druhy Odonata, méně vhodné uměle vytvořené lokality s omezenější strukturou vegetace makrofyt, mohou poskytovat stanoviště pro eurytopní druhy, které mají nižší ekologické nároky, ale přesto jsou schopny zde reprodukce (Vilenica et al., 2020).

Některé oblasti spontánně obnovené po těžbě, jako jsou např. malé lomy, výsyvky nebo šterkopískovny, mohou poskytovat stanoviště pro druhy, které jsou konkurenčně méně přizpůsobivé a jinde v krajině by neměly možnost usadit se (Prach, 2009).

Tůně v zatopených menších kamenolomech nebo pískovnách mohou sloužit jako útočiště pro vážky, které preferují klidnější vody. V těchto tůních je nižší početnost ryb (Dolný et Harabiš, 2016). Potoky vzniklé po těžbě v odvodňovacích příkopech by mohly poskytovat významné sekundární stanoviště pro ohroženou biodiverzitu v horních vodách (Tichanek et Tropek, 2015).

Vážky jako citlivý sladkovodní hmyz jsou často využívány jako ekologičtí indikátoři a jsou považovány za klíčové druhy v daném ekosystému. Získané poznatky o jejich společenstvech v silně modifikovaných a umělých biotopech mohou být cenným příspěvkem k budoucím snahám o ochranu sladkovodní biodiverzity a uměle vytvořených biotopů (Vilenica et al., 2020).

3.4 Vliv teploty na vývoj a interakci larev vážek

Teplota hraje klíčovou roli při ovlivňování ekofyziologických výkonů ektotermních organismů. Většina těchto organismů je adoptována na specifické teplotní rozsahy, a právě teplota často výrazně ovlivňuje jejich rozšíření. Proto je teplota často využívána jako důležitý indikátor pro modelování distribuce druhů a jejich odezvy na klimatické

změny, i když mechanismy této interakce nejsou vždy zcela jasné. Obecně je známo, že v rámci teplotního rozsahu konkrétního druhu dochází s klesající teplotou ke zpomalení rychlosti vývoje, když se dostane k dolní tepelné hranici (spodní prahová hodnota), vývoj se úplně zastaví. Naopak s růstem teploty se rychlost vývoje zvyšuje až k dosažení teplotního optima, nad kterým se opět snižuje, a nakonec se zastaví na horní teplotní hranici (horní prahová hodnota). Má taky vliv na rozměr těla vážek, což je třeba jeden z hlavních faktorů v přirozeném a sexuálním výběru (Oliveira de Alcântara et al., 2023).

Klíčovými složkami popisujícími teplotní odezvu jsou horní a dolní teplotní limity (meze), přičemž optimální teplota je obvykle měřena v rozsahu 10°C (Q10). Druhy s nízkým rozpětím teplot Q10 mohou být považovány za tepelní generalisty, zatímco ty s vysokým rozpětím teplot Q10 mohou být považovány za specialisty, adaptované na chlad nebo teplo (Suhling et al., 2015).

Teplota má také vliv na pohyb a chování predátorů vážek, ovlivňuje jejich aktivitu a preferované strategie lovu. Je dáno, že při vyšších teplotách larvy vážek projevují rychlejší pohyb při hledání kořisti, což vede ke zvýšenému kontaktu se svými potenciálními zdroji potravy a zvyšuje se tak úspěšnost jejich lovu. Dále díky zvyšování teploty se zlepšuje efektivita predátora s manipulací kořisti. Negativní účinky to může mít takové, že při zvýšení teploty se sníží přesnost útoku, takže kořist má možnost útěku (Quenta Herrera et al., 2018).

Vývoj vajíček je důležitou ontogenetickou fází životní historie vážek. Úspěšností líhnutí a rychlost vývoje larev je ovlivněna podmínkami prostředí, jako je například kvalita vody, vysychávání a způsob přezimování. Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje vývoj larev je teplota vody. Vážky, které žijí v mírném pásmu se musely adaptovat na nízké teploty, protože teplota vody v zimě klesá. Hodně druhů však může přezimovat ve stádiu vajíček, protože mají vysokou toleranci k nízkým teplotám. Vážky vyžadují značné množství tepelné energie k vývoji vajíček i při nízkých teplotách (Ichikawa et al., 2017). Další důležitý prvek je fotoperioda, která hraje důležitou roli v ekologii hmyzu. Zejména u mnoha vážek v mírném pásmu jsou sezónní změny ve fotoperiodě spojeny se změnami v rychlosti vývoje, s možností dokonce přerušení v zimních měsících (Suhling et al., 2015).

Vajíčka vážek se obvykle lépe vyvíjejí při vyšších teplotách, naopak při teplotách nižších, než 10°C nedochází k jejich vývoji (Martens, 1993; Pritchard et al., 1995). Menší variabilita v reakci na teploty během embryonálního vývoje na geografickém gradientu naznačuje, že tyto vážky pocházejí z tropických oblastí (Pritchard et al., 1995). Teplota ovlivňuje nejen vývoj vajíček, ale také vývoj larev. Proto mnoho druhů je letální minimum pro larvy 0°C (Corbet, 1999). U šidélka *Argia vivida* je minimální růst larev dosažen při teplotách 5 - 10°C, při této teplotě nedosáhnou starších instarů. Při 15°C sice larvy mohou růst, ale nedojde k proměně do finálního instaru (Leggott et Pritchard, 1985). Přirozená reakce na teplotu může být ovlivněna také změnou fotoperiody, tedy délkou světelného dne (Lutz, 1974).

Larvy vážek jsou výjimečný tím, že zvyšují rychlost růstu s rostoucí teplotou, pokud mají dostatečnou dostupnost potravy. Ale jsou známy i svou schopností přežít relativně nízké teploty. Minimální teplota, při které mnoho druhů dosahuje úmrtí, je u mnoha z nich pravděpodobně pod 0°C (Suhling et al., 2015). Larvální interakce mohou významně ovlivnit stádium dospělců vážek. Růst a vývoj v larválním stádiu mají významný dopad na několik klíčových parametrů zdatnosti u dospělců, včetně velikosti těla (Everling et Johansson, 2022). Zvyšování teploty v tolerovatelném rozmezí může mít několik důsledků na míru predace a interakce mezi larvami vážek (Quenta Herrera et al., 2018).

Změny v prostředí představují pro druhy výzvu. Například délka denního světla, která má vliv na regulaci embryonálního a larválního vývoje (Koch, 2015). Dále změna klimatu, mající vliv na početnost a distribuci druhu. Může zvyšovat potenciál pro expandující druhy a může tak výrazně ovlivnit i původní druhy, které ztrácejí výhodu v podobě schopnosti vyvíjet se a přezimovat při nízkých teplotách. Příchod nových druhů může následně iniciovat nové formy interakcí, které mají potenciál pro negativní dopady na původní druhy (Everling et Johansson, 2022).

Intraguild predace je interakce, kde jeden predátor nežere pouze jednu oběť, neboť se živí i jiným predátorem, takže sdílejí stejnou kořist (Claessen et al., 2004). Je to tedy konkurence na pomezí predace. Vzájemné působení konkurence a predace může výrazně formovat dynamiku spoluzití druhů a ovlivnit tak strukturu celé komunity. Například, které druhy budou spolu existovat, a které budou vytlačeny (Holt et Polis, 1997).

3.4.1 Intraguild predační kontinuum

Kanibalismus představuje významný aspekt vnitrodruhových interakcí, který je společný pro mnoho populací s různorodou velikostní strukturou. Tato forma interakce může silně ovlivnit populační dynamiku, protože zavádí trofickou strukturu v rámci jedné populace. Tím může dojít k dramatickým vlivům na celkovou dynamiku a interakce v celých společenstev kořisti (Start et al. 2017).

Optimalizace velikosti může být strategií, kterou si zvolí larvy jako obranný mechanismus proti predátorům (Everling et Johansson, 2022). Menší larvy by mohly mít větší šanci uniknout predaci nebo se skrýt v prostředí, zatímco větší larvy by mohly být schopné úspěšnější v rámci intraguildové predace (Crumrine, 2005; Wissinger et al., 1993).

Rychlost vývoje larev může být také ovlivněna IGP. Larvy, které jsou vystaveny většímu riziku predace, by mohly vyvinout strategie, které urychlují jejich vývoj, aby se co nejdříve staly schopnými uniknout / konkurovat predátorům (Crumrine, 2005; Wissinger et al., 1993). Celkově lze tedy říci, že intraguild predation (IGP) může mít vliv na optimalizaci velikosti jedinců a rychlost jejich vývoje u larev vážek, přičemž tyto adaptace mohou být reakcí na tlak způsobený predací a soutěžením v potravním řetězci (Everling et Johansson, 2022).

Souboje mezi larvami vážek mohou nabývat dvou hlavních forem. První způsob je soutěžení mezi druhy o omezené zdroje potravy. A druhý způsob je, že se konají interferenční soutěže, které mohou vyústit v kanibalismus nebo intraguildové predaci, obzvláště v případech s výraznými velikostními rozdíly. Výsledkem kanibalismu a intraguild predace může být efekt omezení, kdy přeživší jedinci získávají přístup k většímu množství potravních zdrojů (Everling et Johansson, 2022).

Teplota má vliv na aktivitu, úspěšnost lovu a odvahy. Teplota může také ovlivňovat pohyb kořisti, což má důsledky pro úspěšnost lovu predátorů a interakce mezi kořistí. Tento faktor je klíčový, protože úspěšnost lovu kořisti má vliv na její růst a vývoj. Rozdíly v chování mezi druhy závislémi na teplotě mohou mít potenciál ovlivnit konkurenci. Například druhy s rychlým růstem mohou soutěžit s druhy s pomalejším růstem (Yang et Rudolf, 2010).

Everling et. Johansson (2022) předpokládali, že vyšší teploty povedou k intenzivnější aktivitě, což by zase mohlo zvýšit případy kanibalismu a intraguildní

predace. Tento jev by mohl vést k vyšší míře úmrtnosti a snížené hustotě populace, což by dále mohlo ovlivnit dostupnost potravy na jednotlivé jedince (Everling et Johansson, 2022).

3.5 Vliv teploty na dospělé vážek

Vážky, podobně jako plazi, obojživelníci s výjimkou ptáků a savců, patří mezi poikilotermní organismy, což znamená, že mají proměnlivou tělesnou teplotu. Jsou ektotermní, což znamená, že jejich tělesná teplota závisí na vnějším zdroji tepla. U vážek je důležitá termoregulace, která je ovlivněna okolními podmínkami, proto jsou citlivé na změny počasí (Dolný et Bárta, 2007).

Veškeré termoregulační mechanismy vyžadují zdroj energie a také některé prostředky pro řízení tepelných zisků a ztrát. Tepelná výměna probíhá vedením, konvekcí, sáláním nebo vypařováním mezi tělem vážky a jejím okolím. Termoregulace souvisí s velikostí těla. Přes den jsou vážky velmi hbití a ostražití, protože hledají potravu, komunikují s ostatními vážkami a v neposlední řadě, se snaží ukrýt před predátory. Existují dvě termoregulační strategie vážek. Ektotermní živočichové závisí na slunečním záření, naopak endotermní živočichové závisí na teple, který si vážka vyprodukuje sama při pohybu křídel (Corbet et May, 2008).

Hmyz, který nemá komplexní mechanismy pro regulaci teploty, je citlivý na změny teploty. Neboť ovlivňuje různé aspekty jeho života, od enzymatických reakcí až po chování. Množství tuku, který hmyz uchovává je ovlivněno teplotou a příjmem určitého množství potravy. Ten tvoří tkáň s biosyntetickou a metabolickou aktivitou, která slouží jako energetická zásobárna. Vážky obývající chladnější prostředí projevují vyšší akumulaci tuku než jedinci žijící v teplejších prostředí. Akumulace tuku vede ke zvýšení obsahu proteinů v hemolymfě, což snižuje bod, při kterém dojde k ochlazení hmyzu (Oliveira de Alcântara et al., 2023).

Hmyz obecně reaguje na nižší teploty vstupem do klidového nebo stádia diapauzy. V této fázi je metabolismus hmyzu a jeho vývoj zpomalen, což umožňuje přežití v nepříznivých podmínkách. Tento stav funguje jako strategie přizpůsobení a následně se vrátit k normální aktivitě, jakmile se teplota normalizuje (Oliveira de Alcântara et al., 2023).

Vážky jsou nejvíce aktivní ráno a večer, ale samotný let je především pro vážky nejvíce energeticky vyčerpávající aktivitou (Corbet et May, 2008). V průběhu letu mohou aktivovat své létací svaly, způsobit vibrace a využít tak zvýšené tělesné teploty generované tímto chvěním. Na druhou stranu, když jsou vážky příliš zahřáté a potřebují se ochladit, mohou přejít do klouzavého letu bez pohybu křídel. Tímto pasivním letem, využívají konvekce vzduchu ke snížení teploty (Dolný et Bárta, 2007).

Jaký je rozdíl mezi „*fliers*“ a „*perchers*“? „*Fliers*“ jsou více aktivní než „*perchers*“. „*Fliers*“ většinu svého času tráví ve vzduchu, zatímco „*perchers*“ vyčkávají na vyšším místě a konají kratší lety (Corbet et May, 2008). „*Fliers*“ mají na rozdíl od „*perchers*“ rychlejší metabolické ztráty energie. Denní aktivitu mají kratší než „*perchers*“ a proto musejí častěji lovit a dodávat si energii potravou (Corbet et May, 2008).

Při chlazení těla přenášejí přebytečné teplo tokem hemolymfy, díky kterému odvádí přebytečné teplo z hrudi do zadečku (Corbet et May, 2008). Při nízkých teplotách naopak vystavují křídla slunci, aby zvýšily svoji tělesnou teplotu. Zvýšená teplota může pozitivně ovlivnit rychlost metabolických procesů a umožnit vážkám být aktivnějšími v chladných podmínkách. Podle chování a způsobu života (aktivity) se vážky rozdělují do dvou skupin. První skupina neboli „*perchers*“ (typický pro ně je, že používají vyčkávací strategii). Do této skupiny se řadí i naše vážky z podřádu Zygoptera, ale taky četné druhy z podřádu Anisoptera. Druhá skupina jsou aktivní „*fliers*“, kam se řadí např. zástupci z čeledi Aeshnidae (Dolný et Bárta, 2007). Obě skupiny si vybírají k vyhřívání odpočívadla podle okolní teploty (Corbet, 1980).

„*Fliers*“ mají převážně termoregulační strategii endotermy. Jsou dobře izolovaní subkutikulárními vzduchovými vaky. „*Fliers*“ jsou pořád v aktivním pohybu, proto jsou méně schopni ovládat svou orientaci ke slunci. Když v jejich okolí jsou nízké teploty, tak dokáží při krouživém pohybu křídel zvýšit teplotu svého hrudníku a snížit rychlost ochlazování, omezit průtok hemolymfy, a tak udržet teplotu hemolymfy v hrudníku. Některé druhy vážek, když ohýbají břicho při letu tak, že jeho povrch je orientován proti větru, tak tím zvyšují účinek břišní cirkulace. „*Fliers*“ mohou při vysokých teplotách spořit energii během plachtění ve vzduchu a snížit rychlost tvorby tepla svaly, které se podílejí na letu. Naopak „*perchers*“ regulují svoji tělesnou teplotu při úpravě držení těla ve vztahu ke slunci. Nejsou schopny přenosu tepla hemolymfou

mezi hrudníkem a zadečkem, proto méně kontrolují teplotu svého těla při letu (Corbet et May, 2008).

Malý „*perchers*“ se vyhřívají na slunci, a tak tráví většinu svého času. Mají velký poměr povrchu těla ku objemu, a proto nehrozí u nich přehřátí těla nýbrž podléhají tepelným ztrátám (Corbet et May, 2008).

V chladnějším období potřebují místa, kam dlouze svítí slunce, kvůli zvýšení teploty (Suhling et al., 2015). Když jsou vysoké teploty, tak využívají křídla ke stínění zbytku svého těla a mají postoj zvaný obelisk. Je to postoj, kdy zadeček směřuje ke slunci a díky tomu jejich těla jsou ozářena o 50 % méně než normálně. Říká se, že „*perchers*“ vydá méně energie než „*fliers*“, ale za to jim déle trvá, než najdou potravu (Corbet et May, 2008). „*Perchers*“ vyčkávají na svoji kořist, a když je blízko, tak se za ní vydají a následně se vrátí na místo, z kterého vylétli. Zatímco „*fliers*“ svoji kořist pronásledují, vyhledávají a někdy i konzumují přímo v letu (Bäumler et al., 2018).

Máme i vážky, které vyhledávají stín při vysokých teplotách. Celkově vzato různé druhy vážek přistupují k termoregulaci různým způsobem (May, 1978). Druh *Anax junius*, který se řadí mezi typické „*fliers*“, si v pozdním odpoledni vybírá úkryt na západní straně keřů kvůli vystavení slunci. Naopak před východem slunce se přesouvá na opačnou stranu, a to na východ. Tam se připraví, aby na něho šlo přímé záření od slunce (Corbet, 1980). Další druh *Austrolestes annulosus* má schopnost tzv. fyziologické změny barvy, což znamená, že při sezení nebo za letu se orientuje v temné fázi kolmo ke směru, kde dopadá sluneční světlo. A díky tomu si zvyšuje hrudní teplotu (Corbet, 1980). *Sympetrum striolatum* vykazuje schopnost přežít v širokém rozpětí teplotních a fotoperiodických podmínek, od poměrně chladných velkých jezer v severní Evropě až po malé, mělké rybníky v oblasti Středomoří (Koch, 2015).

3.5.1 Orientace vážek a jejich mechanismy

Vážky, podobně jako jiné skupiny vodního hmyzu mají amphibický životní cyklus, což znamená, že jejich život probíhá jak ve vodě, tak na souši. Tím pádem se během svého života opakovaně vrací k vodě, aby zde nakladly vajíčka. Okolí vodních biotopů pak slouží vážkám jako klíčová místa pro setkávání s potenciálními partnery. Pro úspěšný výběr vhodného habitatu je nezbytné, aby jak samci, tak i samice vyvinuli odpovědi na příslušné signály nebo podněty, které vedou u samců k páření a u samic

k naklazení vajíček (Corbet, 1980). Detekce vhodného vodního prostředí je pro vážky klíčová. Vzhledem k tomu, že se vážky především orientují vizuálně, hraje schopnost rozpoznat vhodné vodní prostředí zásadní roli v jejich životní strategii (Schwind, 1991).

Odonata využívá především horizontálně polarizované světlo, které se odráží od hladiny vody, k orientaci v prostoru. Toto specifické světlo poskytuje vážkám informace o přítomnosti vodního tělesa, což naznačuje existenci potenciálně vhodného prostředí pro jejich životní habitat (Wildermuth, 1994). Různé charakteristiky vodního prostředí, jako je hloubka, zákal, průhlednost a barva mají výrazný vliv na odrazově-polarizační vlastnosti vodních útvarů (Bernáth, 2002).

Polarizované světlo vzniká při polarizaci, což je běžný optický jev, který se přirozeně objevuje v přírodě, ale jen některé organismy jsou schopny jej vnímat (Horváth, 1995). Polarizované světlo odražené od vodní hladiny poskytuje důležité informace o kvalitě sladkovodních biotopů (Bernáth, 2002). Přirozeným zdrojem polarizace světla v okolním prostředí jsou především procesy rozptylu a odrazu (Horváth, 1995). Dalším významným zdrojem polarizovaného světla v přírodě je odraz světla od hladkých a lesklých povrchů, jako jsou například hladiny vodních těles. Lesklé povrchy, jako jsou plastové fólie, skleněné panely, mokrá asfalt odraží horizontálně polarizované sluneční světlo, často s výrazným podílem UV záření.

U samic vážek toto záření může vyvolat pokus o kladení vajíček na daný povrch (Kral, 2016). Tato reakce na polarizované světlo slouží jako spouštěč chování, kdy vážky věří, že našly vhodné místo pro kladení vajíček. Výběr stanoviště je spojen s rozpoznáváním určitých optických charakteristik týkající se vlastností světla vodního prostředí. Díky schopnosti vnímat polarizované světlo včetně polarizovaného záření, dokážou vážky rozlišit tzv. tmavé vody, jako jsou rašeliniště a rybníky s tmavým substrátem, a světlé vodní prostředí, jako jsou rybníky ve šterkovištích (Bernáth, 2002).

Vážky, vykazují zajímavou schopnost vnímat polarizované světlo prostřednictvím svých očí. Oči těchto hmyzích larev mají různou hustotu UV receptorů na dorzální (horní) a ventrální (spodní) části složeného oka. Tito receptoři jsou schopni vnímat jak polarizované světlo ve viditelné oblasti spektra, tak i v ultrafialové oblasti. Je pozoruhodné, že většina hmyzu, jehož larvy se vyvíjejí ve vodním prostředí, je

schopna rozpoznávat polarizaci světla a projevovat k němu pozitivní reakci. Tento fenomén je známý jako pozitivní polarotaxe (Van Doorslaer et Stoks, 2005).

Fenotypová plasticita je schopnost jediného genotypu vykazovat řadu fenotypů v reakci na variace prostředí. Hraje klíčovou roli jako mechanismus, který organismům umožňuje přizpůsobit se měnícím se klimatickým podmínkám během jejich života. Schopnost plastické reakce na změny v prostředí může sloužit jako první krok k evoluční změně. Konkrétně několik druhů z čeledi Libellulidae, který projevují vysokou úroveň fenotypové plasticity ve vývoji (Koch, 2015).

Různá pozorování ukazují, že některý druhy vážek jsou schopni rozlišovat mezi optimálními a suboptimálními mikrohabitaty. Například samice druhu *Leucorrhinia intacta* pro nakládání vajíček upřednostňuje místa, která jsou z hlediska teplotních podmínek optimální pro vývoj (Wolf et Waltz, 1988). Strategie samiček je taková, že samičky si vybírají místa, kde mají vajíčka a larvy vážek nejlepší šance k přežití. Samečci si místa obsazují už ráno, dlouho předtím, než se objeví samičky. U druhu *Leucorrhinia dubia* hraje velkou roli teplota vody místa při kladení vajíček. Samičky upřednostňovaly místa, která byla uměle ohřátá (Wildermuth, 1994).

3.6 Teplota prostředí a její význam pro orientaci hmyzu

Teplota má vliv na všechny biologické procesy, včetně projevu a vývoje behaviorálních, fyziologických a morfologických znaků, které hrají roli v koordinaci páření. Podle studie Leith et. al (2021) je, že teplota ovlivňuje pravděpodobnost, že se jedinci zapojí do aktivit před pářením, přičemž nejvyšší aktivita se pozoruje při středních teplotách. Teplota může mít rovněž vliv na proměnu výhod spojených se sexuálními znaky, které slouží ke komunikaci a dalším interakcím s konkurenty. Například v teplejším prostředí může být zvýhodněna snížená investice do extrémních sexuálních znaků, jako jsou výrazné zbarvení nebo rozsáhlé ozdoby, protože vysoká teplota může způsobit nadměrné tepelné zatížení. I když velikost těla často určuje postavení jedince mezi jeho soupeři. Větší hmyz má tendenci zahřívat se a ochlazovat pomaleji. Tato tepelná setrvačnost může být výhodná anebo taky nevýhodná. Pokud brání větším jedincům v rychlém dosažení optimálního teplotního rozsahu pro komunikaci nebo soupeření s rivaly, tak je nevýhodná. Naopak, když zajistí, že velcí

jedinci zůstanou během těchto interakcí blízko svého optimálního teplotního rozsahu, tak je výhodná (Leith et al. 2021).

Teplota, může dále ovlivnit výhody, které poskytují barevné vzory a výstražná zbarvení, které se vyvinuly k řešení sporů mezi soupeři. Například tmavé nebo nasycené barevné vzory, často absorbují více slunečního světla, což může u jedince způsobit, že jedinec zažívá vyšší tělesné teploty. Zahřívání způsobené barevnými vzory nebo výstražným zbarvením by mohlo zlepšit reprodukční úspěch v chladnějších podmínkách, ale v teplejších podmínkách by to mohlo bránit (Leith et al., 2021).

Termoregulační chování je klíčové pro ektotermny, což jsou organismy, jejichž tělesná teplota závisí na teplotě okolního prostředí. Toto chování jim umožňuje reagovat na teplotní extrémny a udržovat svou tělesnou teplotu v optimálním rozmezí. Přestože termoregulační chování přináší výhody, jako je schopnost přežít v různých podmínkách prostředí, má také náklady na úrovni jedince (Ma et al., 2018).

Mikrohabitaty fungují jako drobná útočiště s termálním působením, umožňující různým druhům aktivně reagovat na extrémní klimatické podmínky a přizpůsobit se jim. Lze ho charakterizovat jako specifické vázané na určité mikrohabitaty, které poskytují podmínky pro rozmanitou flóru a faunu. Mikrostanoviště může být ve velikosti od malých až po rozsáhlejší oblasti, které jsou dostatečně velké na udržení menší populace určitého druhu. Určité mikrohabitaty mohou vykazovat výrazné rozdíly v teplotě i při malých vzdálenostech, a to díky topografii, nadmořské výšce a typu vegetace. Změna klimatu v současnosti vyvolává masové vymírání v populacích a druhové úrovni, což má za následek vážné ohrožení globální biologické rozmanitosti. Ale v případě, že regionální klima ztrácí svou příznivost, druhy mohou nalézt útočiště na mikrostanovištích, která jim umožňují přežít (Shi et al., 2016).

Mikrohabitaty mohou být teplejší než okolní prostředí v důsledku expozice slunečnímu záření. Kromě listů a květů mohou vážky hledat teplejší mikrohabitaty v uzavřených strukturách, které mohou poskytovat teplejší a chráněnější prostředí. A dále také mohou vyhledávat teplejší mikrohabitaty na povrchu nebo pod skalami, které jsou vystaveny slunci (Pincebourde et Woods, 2020). Existují i chladnější mikrostanoviště, která jsou klíčová pro podporu biodiverzity, a také umožňují různým druhům přežít a prosperovat za různých podmínek změny klimatu (Shi et al., 2016).

U vážek může mít důsledky na jejich využívání mikrohabitátů dostupnost potravy, využívání zdrojů, odpočinek a regulace tělesné teploty. Tento proces může být energeticky náročný a může vést k významnému snížení přežití a reprodukce, což má důsledky na celkové demografické míře populace. Může také ovlivnit i trofické kaskády a celkové fungování ekosystému (Ma et al., 2018).

Organismy se liší svou velikostí a potřebami vůči prostoru, každý druh může vyžadovat různé typy mikrostanovišť, aby uspokojily své individuální potřeby. Kromě toho každý druh reaguje na změny klimatu jedinečně. Mikrostanoviště s méně menšími oscilacemi teplot mohou poskytovat druhům menší riziko ohrožení a zániku. Různé druhy mohou být zvláště citlivé na denní, měsíční, vnitrosezónní nebo roční fluktuace teplot v závislosti na jejich specifickém životním cyklu a dalších charakteristikách (Shi et al., 2016).

Některé druhy hmyzu mají speciální senzory nazývané termoreceptory, které jim umožňují vnímat teplotní změny ve svém okolí. Nejčastěji se nachází na hmyzím těle, zejména na anténách, pomáhají jim lokalizovat chladné nebo teplé oblasti. Další způsob jsou teplotní gradienty vytvořené vedením tepla, mohou sloužit jako navigační prvky pro hmyz (Corbet, 1999). Hmyz je schopen detekovat a využívat tepelné rozdíly k orientaci ve svém prostředí. Díky své schopnosti vnímat infračervené záření, které je spojeno s tepelnými rozdíly. Tyto gradienty umožňují hmyzu odhadovat vzdálenost mezi ním a zdrojem tepla. Jedním z mechanismů, jak hmyz může detekovat tepelné rozdíly, je změna teploty na povrchu těla hmyzu (Lazzari et Lazzari, 2019).

Vodní hmyz, včetně vážek vykazuje schopnost relativně dobře přizpůsobit se vyšším teplotám jak během dospělosti, tak i v larválním stádiu (Kondratieff et Pyott, 1987). S nárůstem teploty roste jejich teplotní tolerance, což znamená, že jedinci jsou schopni vydržet po určitou dobu nejvyšší možnou teplotu bez výrazných následků či poškození. Aktivita hmyzu je často ovlivněna teplotou nebo dalšími faktory, jako je světlo, vlhkost a dostupnost potravy. Některé druhy vážek, mohou být aktivní především ráno nebo večer, kdy je teplota mírnější a světlo není tak intenzivní. Naopak jiné druhy mohou být aktivní během horkých poledních hodin, kdy je teplota vyšší a podmínky jsou pro ně vhodné (Corbet, 1999).

Druh vážky *Libellula auripennis* upřednostňuje především mělčiny eutrofních rybníků během poledne, kde teplota vody dosahuje svého maximálního bodu. Z toho

důvodu je horní letální teplota této vážky přibližně 45°C. Na druhou stranu druh *Leucorrhinia dubia* vykazuje horní letální teplotu kolem 35°C (Martin et al., 1976). Často se nachází v chladných bažinatých oblastech a tundře, kde létá nad chladnými vodními plochami (Dolný et Bárta, 2007). Vážky dokážou zvýšit svou schopnost přizpůsobení se teplotám pomocí aklimatizace a minimalizování k expozici vysokým teplotám tím, že se přesunují do větších hloubek vodního prostředí (Corbet, 1999).

Některé druhy vážek preferují pro kladení vajíček vodu s vyšší teplotou (Wildermuth, 1994). Tento faktor teploty může být klíčovým při volbě stanoviště pro ovipozici, protože vyšší teplota může urychlit vývoj larválních stádií. Dále přítomnost dalších jedinců stejného druhu může hrát roli při volbě habitatu. Některé studie zjistily, že dospělci vážek si vybírají místa pro kladení vajíček v blízkosti míst, kde to dělají jiní jedinci stejného druhu (Michiels et Dhondt, 1990). Toto chování může souviset s výhodami spojenými s existencí již existujících larválních stádií v blízkém prostředí. U některých druhů byl zaznamenán výběr stanoviště pro kladení vajíček podle substrátu. Dospělci těchto druhů jsou schopni rozlišit materiál substrátu na základě fyzikálních vlastností, které jsou detekovatelné prostřednictvím doteku (Wildermuth, 1994).

Nesprávná volba týkající se teploty, ať už příliš vysoká nebo nízká může mít negativní důsledky na potomstvo. Extrémní vysoké teploty a s tím spojené doprovodné jevy (např. pokles kyslíku) mohou negativně ovlivnit správný vývoj embryí, či larev, což může vést k úmrtnosti larválních stádií nebo vajíček. Zatímco u nízké teploty může dojít k zpomalení nebo k úplnému zastavení vývoje larev. Dalším faktorem může být výběr stanoviště k nakladení vajíček, preference mohou občas nepříznivě ovlivnit larvy nebo vykazovat negativní dopady na jejich vývoj (např. dravci na stanovištích) (Bonebrake et al., 2010).

Teplota má také signifikantní dopad na přežívání jednotlivých larválních instarů na celkovou délku vývoje vážek. Výzkum provedený McCauley et al. (2015) na larvách vážek *Pachydiplax longipennis* při různých teplotách poskytuje důležité poznatky. Larvy chované při nejvyšších teplotách vykázaly zvýšenou úmrtnost a dosáhly proměny přibližně o 3 týdny dříve než larvy chované při okolní teplotě 2,5 a 5°C. Zjištění ukazují, že zvýšená teplota neměla vliv na celkovou velikost těla vážek, ale

naopak zvýšila úmrtnost v larvální fázi a během procesu proměny do dospělých jedinců (McCauley et al., 2015).

4 Metodika

4.1 Charakteristika území

Vybrané lokality leží ve střední části středních Čech v oblasti Polabí. Převážná část území má rovinný reliéf, kde maximální výšková členitost nepřesahuje 30 metrů. V oblasti svědeckých vrchů však reliéf přechází do ploché pahorkatiny s výškovým rozpětím 30 až 75 metrů (Culek et al., 2013). Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 150 až 300 m. n. m. (Ložek et al., 2005). Hlavní geomorfologické celky zahrnují Mělnickou a Nymburskou kotlinu, spadající do Středolabské tabule a Terezínskou kotlinu, patřící do severovýchodní části Dolnooharské tabule (Culek et al., 2013, Demek. et al. Mackovčín, 2006).

Převážná část území je pokryta sedimenty kvartéru, zahrnující písčité až jílovité hlíny labské nivy, štěrkopísky až písky nižších teras, písečné přesypy a váté písky na nízkých terasách. Starší geologické podloží se nachází převážně na okrajích teras a výjimečně i na svědeckých vyvýšeninách, často tvořené turonskými slínovci nebo opukou. V Mělnické kotlině lze najít rozsáhlá ložiska jezerních kříd a vápnitých slatin s pozdně glaciálním až časně holocenním stářím (Culek et al., 2013, Ložek et al., 2005).

V oblasti podnebí panuje převážně teplé podnebí, spadající do teplé klimatické oblasti T2. Roční průměrná teplota vzduchu se typicky pohybuje mezi 7,5 až 8,5 stupni Celsia (Quitt, 1971). Roční úhrn srážek se pohybuje mezi 500 až 600 milimetry, s postupným zvyšováním srážek od západu k východu (Culek et al., 2013, Ložek et al., 2005).

V oblasti terasových štěrkopísků se nacházejí ardenické kambizemě, zatímco na vátých písčích jsou půdy typu kyselých rankerů málo vyvinuté. Rozsáhlé plochy spraší jsou pokryty černozeměmi, které přecházejí do černozemí hnědozemních a hnědozemí. Na slínech a opukách se nacházejí kambizemní až perlické pararendziny. V Mělnické kotlině se nacházejí i typické černice. Na území nivy Labe převažují fluvizemě typu vegy narudlé barvy s ostrůvky glejových půd v zazemněných ramenech (Culek et al., 2013, Ložek et al., 2005).

Celé území Polabí patří do povodí Labe. Nejvýznamnějšími vodními toky jsou právě Labe, které představuje hlavní vodní osu celého regionu a Vltava. Tyto dvě řeky jsou považovány za největší v České republice a spojují se u Mělníka. Dalšími

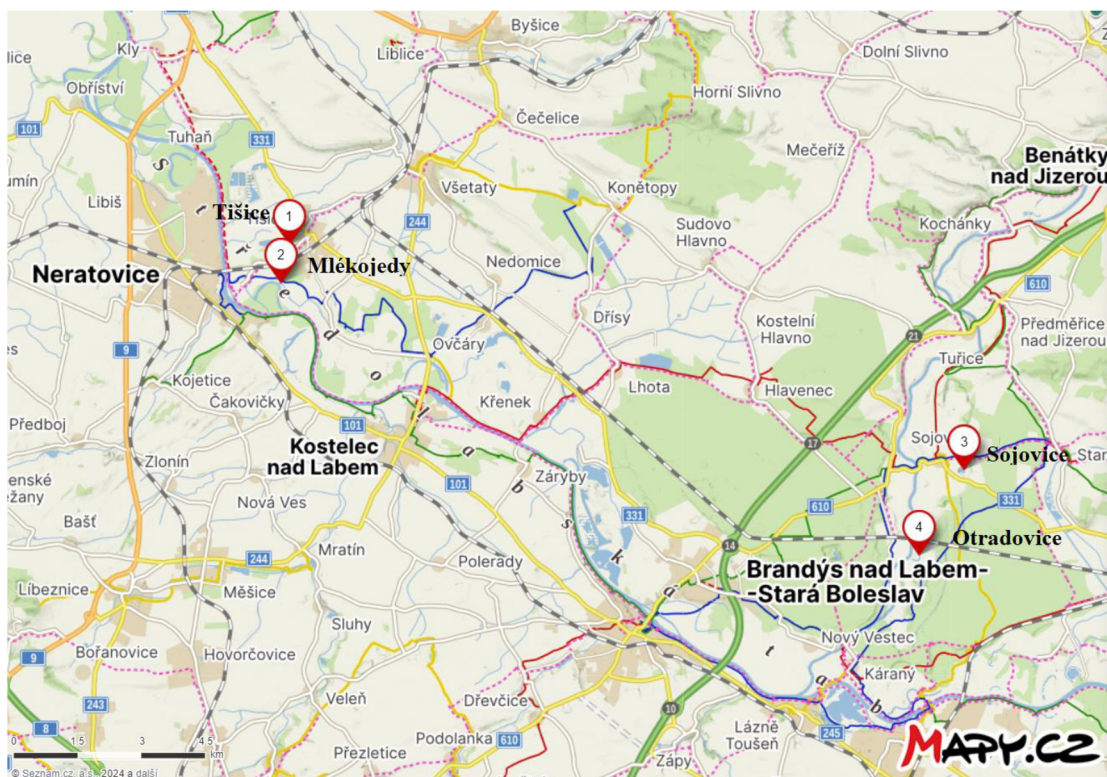
významnými toky v regionu jsou Jizera, Liběchovka a Pšovka. Část tohoto území spadá do chráněné oblasti Severočeská křída, kde se nacházejí významné zdroje podzemní vody (Ložek et al., 2005).

Z hlediska rostlinného pokryvu patří Polabí do oblasti termofytika. Zdejší flóra je velmi rozmanitá, s převahou druhů typických pro nivy střední Evropy. Na slatinách se vyskytují reliktní druhy rostlin, zatímco na plochách změněných lidskou činností dominují nová společenstva přizpůsobená kulturní krajině, včetně druhotných lesů. V nivě řeky Labe se dochovaly pozůstatky lužních lesů, které dnes již z velké části nejsou pravidelně zaplavovány. Mezi významné druhy rostlin patří např. kavyly (*Stipa sp.*), mochna písečná (*Potentilla arenaria*), ostřice nízká (*Carex humilis*) a česnek medvědí (*Allium ursinum*) (Culek et al., 2013, Ložek et al., 2005).

Co se týče větších živočichů, převažují běžné druhy typické pro českou kulturní krajinu. V lužních lesích Polabí lze nalézt datla černého (*Dryocopus martinus*), slíпку zelenonohou (*Gallinula chloropus*) a cvrličku říční (*Locustella fluviatilis*). V této oblasti se nachází poslední známé místo výskytu kriticky ohroženého hnědáka osikového v České republice (Culek et al., 2013, Ložek et al., 2005).

4.2 Výběr lokalit

Pro mou bakalářskou práci se lokality nacházely na pískovných a slepých ramenech Labe v okolí měst Neratovice a Brandýsa nad Labem ve Středočeském kraji. Tyto



Obrázek 3: Mapa lokalit (Mapy.cz, upravila Bernardová, 2024)

lokality byly pečlivě vybírány s ohledem na splnění vhodných podmínek pro výzkum. Bylo důležité zvolit oblasti, které byly jak přírodní, tak i uměle vytvořené, aby bylo možné zkoumat různorodé prostředí. Celkem se vybraly čtyři lokality: Tišice, Mlékojedy, Sojovice a Otradovice. Na obrázku č. 3, v mapě vidíme jednotlivé vyznačené body, v příloze pak podrobnější umístění.

Tyto lokality poskytovaly vhodné prostředí pro studium chování váček a faktorů ovlivňujících jejich ekologii v dané oblasti. Z toho byly dvě přírodního původu (Mlékojedy a Otradovice) a dvě umělého původu (Sojovice a Tišice). Na obrázku č. 4 můžeme vidět přírodní lokalitu Mlékojedy a na obrázku č. 5 uměle vytvořenou lokalitu Sojovice.



Obrázek 4: Přírodní lokalita Mlékojedy (vlastní foto)



Obrázek 5: Uměle vytvořená lokalita Sojovice (vlastní foto)

4.2.1 Sběr dat

Výzkum probíhal po dobu dvou měsíců od srpna do září. Na přelomu léta a podzimu roku 2023 byly na všechny čtyři vybrané lokality umístěny datalogery, které monitorovaly teplotu vodního prostředí. Tyto údaje jsou zobrazeny na obrázku č. 6.



Obrázek 6: Umístění dataloggeru (vlastní foto)



Bylo klíčové datalogery správně rozmístit, a proto byly nejčastěji umístěny na břehu obklopeném vegetací. Každé umístění dataloggeru bylo zdokumentováno fotografií a popisem okolní vegetace. Z vegetace tam nejvíce rostl rákos, vrba, topol a bika, což je druh trávy. V oblasti Sojovic bylo umístěno všech patnáct datalogerrů. Na zbývajících lokalitách se jich umísťovalo méně. Po přibližně čtrnácti dnech byly datalogery odebrány z první lokality a data byla nahrána do počítače. Poté byly přemístěny na další lokality, kde zůstaly dalších čtrnáct dní. Původně bylo plánováno umístit datalogery na dvanáct lokalit, ale kvůli dlouhé zimě a nepříznivému počasí byly vybrány pouze některé lokality. Vzhledem k preferenci vážek pro teplejší prostředí byly některé lokality vhodně vybírány s ohledem na tepelné podmínky a dostupnost vhodného stanoviště.

V slunečných a teplých dnech, ideální počasí pro vážky, jsem prozkoumávala dané lokality s cílem pozorovat a zachytit tandemy vážek (tandem je spojení samečka se samičkou). Každou lokalitu jsem navštívila cca čtyřikrát. Nejčastěji jsem navštěvovala lokality v časovém intervalu od 9:00 do 15:00 hodin. Zaměřila jsem se výhradně na rod *Sympetrum spp.*, kde samečci vážek mají oranžový až červeně rudý zadeček.

Na každé lokalitě jsem si vytyčila stanovený úsek o rozměrech 20/20 metrů. Během 20 minut jsem systematicky procházela tuto vytyčenou oblast a pozorně hledala vznikající tandemy vážek, na něž jsem se zaměřovala. Jakmile jsem takový tandem spatřila, snažila jsem se ho zachytit do síťky a rozbít. Poté jsem tandemy opatrně propustila a zaznamenala, že jsem na dané lokalitě pozorovala tandemy rodu *Sympetrum spp.* Následně jsem porovnávala, jak se jednotlivé lokality od sebe lišily počtem výskytu tohoto rodu vážek. Tento postup jsem opakovala průběžně po celou dobu výzkumu.

4.2.2 Zpracování dat

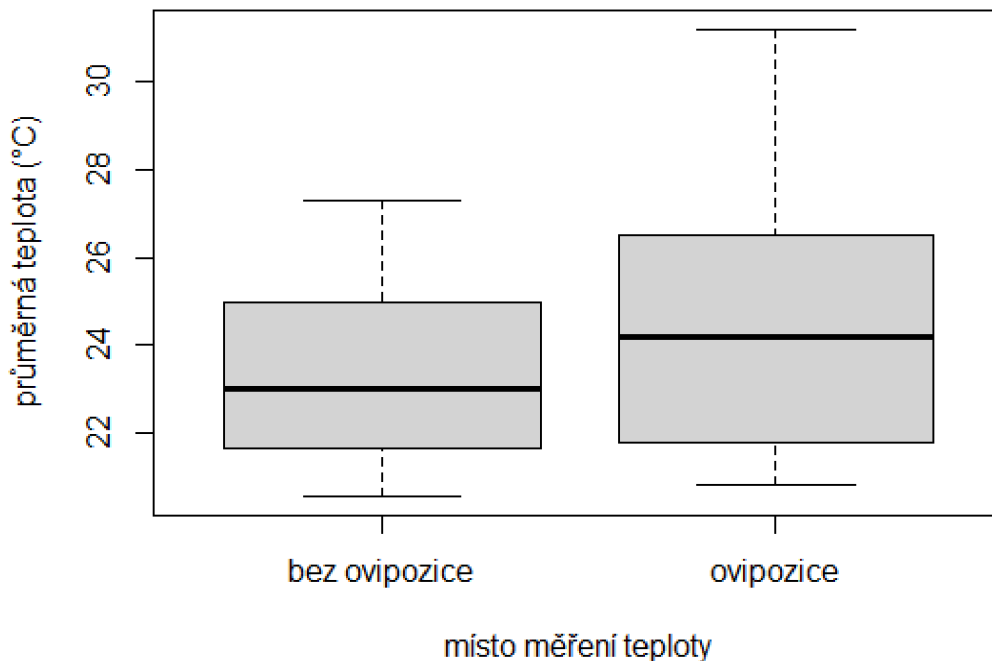
V rámci statistického hodnocení nás zajímalo, jak se lišila teplota v místech, kterou si jedinci (tandemy) během ovipozice vybírali. Pro hodnocení jsem použila zobecněný smíšený model (GLMM) s normálním rozdělením. Jako náhodný efekt jsem zahrнула efekt lokality, zatímco vysvětlovanou proměnnou byla průměrná teplota vody za daný konkrétní den. Vysvětlující proměnnou byla přítomnost kladoucích jedinců (ovipozice / bez ovipozice) a v druhém modelu to byl typ stanoviště (přírozené / umělé). Oba modely byly vyhodnoceny pomocí funkce anova. Nulové hypotézy byly zamítány na hladině významnosti $p < 0,05$. Pro každou vysvětlovanou proměnnou byl vytvořen diagnostický krabicový graf prostřednictvím funkce boxplot. Všechny analýzy byly provedeny v programu R (R Core Team R 2023), konkrétně v balíčku funkcí lme4 (Bates et al., 2015).

4.3 Výsledky statistické analýzy

Statistická analýza měla za úkol určit, zda vážky preferují při kladení vajíček (ovipozici) teplejší nebo chladnější lokality. Případně, jestli spíše lítají na přírodní nebo uměle vytvořené lokality.

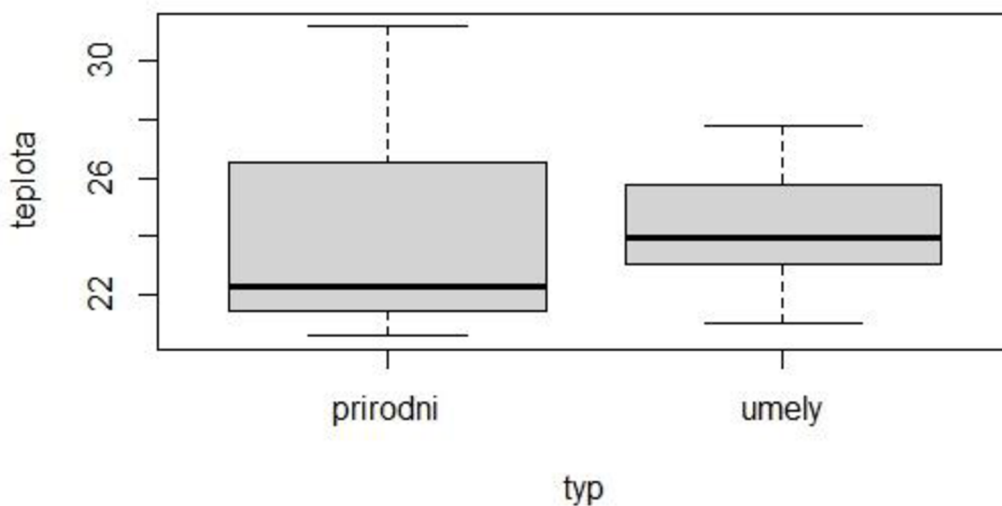
Celkem bylo během 43 dnů pozorováno mnoho tandemů. Na základě srovnání je patrné, že na mikrostanovištích s vyšší teplotou byla signifikantně vyšší pravděpodobnost kladení ($p = 0,005$). Průměrná teplota v těchto mikrostanovištích se stabilně pohybovala kolem 24°C, zatímco na místech, kde nekladly byla teplota průměrně o stupeň nižší.

Obrázek 7: Rozdíl v teplotě na mikrostanovištích s ovipozicí a bez ovipozice



Výsledky statistické analýzy naznačují, že průměrná teplota vodního prostředí měla signifikantní vliv na výběr stanoviště pro ovipozici ($F = 8,175$, $p = 0,005$). V grafu (obrázek č. 7) lze vidět rozdíly v průměrné teplotě mikrostanovišť s ovipozicí a mikrostanovišť bez ovipozice, je patrné, že vážky pro ovipozici preferovaly místa s vyšší teplotou. Medián teploty u mikrostanovišť s ovipozicí přesahuje hodnotu 24 °C a je vyšší než medián pro stanoviště bez ovipozice.

Obrázek 8: Rozdíl v teplotě mezi umělým a přírodním prostředím



V grafu (obrázek č. 8) výsledky statistické analýzy naznačují, že průměrná naměřená teplota vodního prostředí nebyla signifikantně vyšší na umělých lokalitách ($F = 0,0907$, $p = 0,7915$), ale můžeme mezi biotopy pozorovat nepatrný rozdíl. Zatímco průměrná teplota v přírodním biotopu činí 22°C. V umělých lokalitách je průměrná teplota 24°C. Přesto ale byla ovipoziční aktivita vyšší na přirozených lokalitách.

5 Diskuze

Teplota má zásadní vliv na chování vážek, zejména pokud jde o jejich výběr stanoviště pro ovipozici. Mým úkolem bylo zjistit, zda si vážky vybírají více prohřívána nebo méně prohřívána místa. Díky statistické analýze bylo zjištěno, že průměrná teplota vodního prostředí má signifikantní vliv na výběr stanoviště pro ovipozici u vážek. Výsledky ukazují, že vážky preferují teplejší místa pro kladení vajíček. Studie Wildermuth (1994) zjistily, že samice připravené ke kladení vajíček upřednostňovaly místa uměle ohřátá. Tento jev naznačuje, že teplota hraje klíčovou roli v reprodukčním chování vážek. Každý druh vážky má specifické požadavky na prostředí během svého vývoje, zejména co se týče typu vod. Výběr stanoviště je klíčovým aspektem reprodukčního chování vážek. Pro dosažení optimální kondice musí jedinci obou pohlaví být schopni vybírat místa pro reprodukci, která jsou vhodná pro embryonální a larvální vývoj (Wildermuth, 1994).

Lze předpokládat, že vážky preferují teplejší stanoviště pro kladení vajíček, především kvůli tomu, že vyšší teplota urychluje larvální vývoj. Tímto způsobem se zvyšuje rychlost růstu vajíček a také jsou větší šance na přežití potomků. (Denis et al., 2018). Ovipoziční chování dospělých vážek může být skutečně spojeno s ekologickými požadavky vodních živočichů, včetně vážek v larválních stádiích. Vážky se vyskytují ve vodním prostředí během určitých fází svého životního cyklu, kdy larvy procházejí svým vývojem ve stojatých nebo tekoucích vodách, jako jsou tůňe, jezera, řeky nebo bažiny (Buskirk et Sherman, 1985).

Podle Buskirk & Sherman (1985) je pravděpodobné, že samičky vážek vybírají místa pro nakladení vajíček s ohledem na maximální přežití a úspěšnost vývoje vajíček a larválních stádií. Suhling et al. (2015) objevily, že ideální teplota pro růst larválních stádií druhu *Sympetrum vulgatum* je 26,6 °C. Dalším důvodem, proč vážky preferují teplejší stanoviště může být ten, že teplejší biotopy nabízejí více potravy pro larvy vážek. Teplejší biotopy mají tendenci podporovat vyšší koncentraci vodního hmyzu a korýšů, jako je například beruška vodní. Tento bohatší zdroj potravy může zvýšit přežití a rychlost růstu larválních stádií vážek, což může vést k většímu úspěchu jejich reprodukčního cyklu (Dolný et Bárta, 2007, Corbet, 1999).

Vyšší teploty ale zároveň vedou k zvýšené spotřebě kyslíku a snížení rozpustnosti kyslíku, což jsou klíčové faktory ovlivňující životní podmínky larválních stádií (Denis

et al., 2018). Everling et Johansson (2022) potvrdili větší úmrtnost larev *Sympetrum vulgatum* v teplejším prostředí.

Některé z našich druhů vážek se vyznačují širokou ekologickou valencí, což znamená, že jsou tolerantní k různorodým podmínkám prostředí a mohou osidlovat různé typy vodních biotopů. Tyto druhy jsou obvykle označovány jako biotopoví generalisté. Naopak, mnoho druhů vážek vykazuje úzký ekologický rozsah a je náchylný k vysoké citlivosti na změny prostředí. Tyto druhy mají specifické nároky na prostředí a jsou často omezeny na konkrétní typy biotopů. Jsou známí jako biotopoví specialisté (Dolný et Bárta, 2007).

Moje dvě lokality se nacházely ve slepém rameni řeky Labe, které poskytovaly zajímavé prostředí pro vážky. Slepá ramena lemují hlavní tok a jsou ve stálém spojení s hlavním korytem. Obecně nabízejí odlišné hydrologické a ekologické charakteristiky ve srovnání s hlavním tokem řeky (Dolný et Bárta, 2007). Tyto rozdíly mohou mít vliv na dostupnost potravy a teplotu vody. V slepých ramenech není tak časté proudění, takže teplota vody má stálou teplotu. Proto tam můžou být vhodné podmínky pro larvální vývoj vážek.

Zbylé dvě lokality se nacházely v oblasti pískoven, které mohou být buď uměle vytvořené nebo přírodního původu. Rozdíl mezi přírodní a umělou pískovnou, je takový, že přírodní jsou vytvořeny říční dynamikou, kde vlastně sedimenty jsou unášeny vodou a vytváří mělčiny. Naopak uměle vytvořené pískovny jsou vytvářeny lidskou činností za účelem těžby písku. Naše lokality měly právě původ v oblasti po těžbě písku. Hlavním pozitivním rysem pískoven je, že zde panuje relativně nízký tlak ryb a dochází k samovolnému postupnému vytváření struktur společenstev bez dominantního vlivu člověka. V České republice nebyl zaznamenán žádný druh vážky, který by byl výhradně vázaný na biotopy tohoto specifického původu. Nicméně i přesto se zde vyskytuje mnoho druhů (Dolný et Bárta, 2007). To naznačuje význam těchto prostředí pro biodiverzitu.

Zjistilo se, že mezi uměle vytvořenými biotopy a přírodními biotopy existuje jen nepatrný rozdíl v teplotě, přičemž teplota v umělých lokalitách je mírně vyšší. Umělé biotopy, jako jsou městské oblasti mají tendenci mít vyšší teploty než přírodní prostředí (Holec et al. 1998). Způsobeno to může být skladbou podloží, neboť

v umělých lokalitách je na dně písek, který přispívá ke zvýšení teploty vody. A další faktor je, že umělé pískovny jsou mladší a jsou bez výrazné stromové vegetace.

Poslední dobou se věnuje velká pozornost významu teploty pro životní cykly vážek a jejich role v ekosystémech, což je z velké pravděpodobnosti, díky probíhajícím změnám klimatu. Richter et al. (2008) ve svém výzkumu zkoumali reakci organismů na změny klimatu, zaměřili se na změny ve fenologii. Zjistili, že nepříznivé počasí může mít vliv na vylíhnutí larválních stádií vážek, a to oddálit ho (Richter et al., 2008). Podle studie Hassal et Thomson (2008) je pravděpodobné, že budoucí dopady klimatických změn na Odonatu budou zahrnovat prostorový posun společenství a s tím spojené ekologické interakce. Celkově lze tedy říci, že teplota prostředí hraje klíčovou roli v mnoha aspektech, jako je ovipozice a interakce u Odonata a závisí na mnoha faktorech včetně konkrétního druhu, lokality a změny v klimatu. Tyto změny klimatu výrazně ovlivňují teplotní podmínky prostředí a tím pádem i chování vážek.

Studujeme-li vliv klimatických změn na interakce mezi druhy, zjišťujeme, že je to oblast, ve které máme stále poměrně omezené poznání. V současnosti převládá myšlenka, že druhy reagují na klimatické změny nezávisle na sobě, což znamená, že každý druh může reagovat na změny prostředí různým způsobem a individuálně (Everling et Johansson, 2022). Například změny v dostupnosti potravy mohou ovlivnit potravní řetězce a konkurenci mezi druhy. Vedle dopadů na interakce mezi původními druhy mohou klimatické změny také způsobit usazování invazních druhů (Yang et Rudolf, 2010). Podle Everling et Johansson (2022) příchod invazních druhů do nových oblastí může vést k novým interakcím, které mají negativní dopady na původní druhy.

Narůstající globální změny klimatu jsou vážným problémem v oblasti ochrany přírody a vyžadují přehodnocení našich předchozích představ o tom, jak mohou druhy reagovat na nové klimatické podmínky. Tyto změny jsou spojeny s jednou z největších celosvětových ztrát biologické rozmanitosti (Thomas et al., 2004). Ott (2010) provedl studii zaměřenou na expanzi populace vážek v posledních desetiletích v Německu. Jeho výzkum odhalil, že populace téměř ohroženého druhu *Coenagrion hastulatum* čelí výraznému poklesu ve Falcku (Ott, 2010).

Vzhledem k tomu, že vážky jsou důležitými indikátory ve vodním prostředí, je klíčové pokračovat v monitoringu a výzkumu. V budoucnosti nám to může hodně pomoci s udržením sladkovodních ekosystémů. Podle studie Nobis (2018) jsou

sladkovodní ekosystémy klíčovými oblastmi biodiverzity, které hrají zásadní roli v poskytování ekosystémových služeb. Ale díky vysoce narůstající lidské populaci a tím pádem zvyšující se spotřebou vody, jsou tyto ekosystémy vystaveny velikému ohrožení (Nobis et al., 2018).

Výzkum vývoje larválních stádií a procesu ovipozice u vážek je důležitý pro hlubší porozumění biologie vážek. Studie, které se už zabývaly vývojem larválních stádií a ovipozicí u vážek, přinášejí cenné informace o chování a ekologii vážek a umožňují predikovat vývoj jednotlivých společenstev při různých teplotních scénářích. Toto může být klíčové pro ochranu sladkovodních ekosystémů pod vlivem klimatické změny. Tato bakalářská práce může pomoci s pochopením, jaký typ prostředí vážky pro ovipozici preferují, což může být zásadní pro porozumění toho, jak budou reagovat na klimatické změny.

6 Závěr

V teoretické části mé práce jsem se zaměřila na vliv teplotní variability prostředí na ovipozici u vážek. Podrobně jsem popisovala, jak teplota ovlivňuje vývoj larev vážek a jak se promítá do životního cyklu dospělců. Dále jsem se věnovala sladkovodním ekosystémům, které představují důležitý habitat pro vážky a které často navštěvují v průběhu svého života. Nakonec jsem se zabývala charakteristikou a ekologií samotných vážek, včetně jejich preferencí v oblasti prostředí a potravy.

V průběhu mého výzkumu jsem se zaměřila na zkoumání dopadu teploty na proces ovipozice u vážek. Konkrétně jsem prováděla experiment v lokalitách Neratovic a Brandýsa nad Labem. Porovnávala jsem mezi čtyřmi lokalitami, z nichž dvě byly přírodního a dvě umělého charakteru. Zkoumala jsem, zda si vážky vybíraly místa s vyšší nebo nižší teplotou a zda upřednostňovaly přírodní či umělé prostředí. Tento přístup mi umožnil získat důležité poznatky o adaptabilitě a preference vážek v různých životních podmínkách.

Díky této práci bylo zjištěno, že teplota prostředí má signifikantní vliv na výběr stanoviště při ovipozici u vážek. Na základě analýzy dat bylo zřejmé, že vážky preferují teplejší oblasti při kladení vajíček. Tento výsledek naznačuje, že teplota hraje klíčovou roli v reprodukčním chování těchto organismů. Naopak u biotopů, se zjistilo že průměrná teplota prostředí nebyla signifikantně vyšší na umělých lokalitách ve srovnání s přírodními. Tento výsledek naznačuje, že umělé prostředí nenabízí výraznější tepelné výhody pro ovipozici u vážek ve srovnání s přírodními lokalitami. Nulová hypotéza vyšla opakem, než co jsem předpokládala. Předpokladem mé hypotézy bylo, že teplota nebude mít signifikantní vliv na výběr stanoviště při ovipozici.

Výsledky této práce potvrzují, že teplota hraje klíčovou roli v životě vážek. Zjištění naznačují, že teplotní podmínky mají zásadní vliv na chování, reprodukční procesy a vývoj larev vážek. Vysoké teploty mohou například urychlovat ovipozici a zkracovat dobu vývoje larev, což může vést k vyšší reprodukční aktivitě populace. Tyto poznatky jsou důležité pro pochopení ekologii vážek a také pro ochranu těchto druhů v rámci úsilí o zachování biodiverzity. Zároveň poskytují důležité informace pro plánování ochranných opatření v reakci na změny klimatických podmínek životního prostředí.

7 Přehled literatury a použitých zdrojů

- Bates, Douglas, Martin Mächler, Benjamin M. Bolker, and Steven C. Walker. 2015. 'Fitting Linear Mixed-Effects Models Using Lme4'. *Journal of Statistical Software* 67 (1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
- Bäumler, Fabian, Stanislav N. Gorb, and Sebastian Büsse. 2018. 'Comparative Morphology of the Thorax Musculature of Adult Anisoptera (Insecta: Odonata): Functional Aspects of the Flight Apparatus'. *Arthropod Structure and Development* 47 (4): 430–41. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2018.04.003>.
- Bernáth B. 2002. 'How Can Dragonflies Discern Bright and Dark Waters from a Distance? The Degree of Polarisation of Reflected Light as a Possible Cue for Dragonfly Habitat Selection'. www.schneideroptics.com.
- Bonebrake, Timothy C., Carol L. Boggs, Jessica M. McNally, Jai Ranganathan, and Paul R. Ehrlich. 2010. 'Oviposition Behavior and Offspring Performance in Herbivorous Insects: Consequences of Climatic and Habitat Heterogeneity'. *Oikos* 119 (6): 927–34. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17759.x>.
- Buskirk, Ruth E, and Karen J Sherman. 1985. 'The Influence of Larval Ecology on Oviposition and Mating Strategies in Dragonflies'. *Source: The Florida Entomologist*. Vol. 68. <https://about.jstor.org/terms>.
- Claessen, David, André M. De Roos, and Lennart Persson. 2004. 'Population Dynamic Theory of Size-Dependent Cannibalism'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271 (1537): 333–40. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2555>.
- Corbet, Philip S. 1980. 'BIOLOGY OF ODONATA +6188'. *Ann. Rev. Entomol.* Vol. 25. www.annualreviews.org.
- Corbet, Philip S. 1999. *Dragonflies : Behavior and Ecology of Odonata*. Harley Books.
- Corbet, Philip S., and Michael L. May. 2008. 'Fliers and Perchers among Odonata: Dichotomy or Multidimensional Continuum? A Provisional

- Reappraisal'. *International Journal of Odonatology* 11 (2): 155–71.
<https://doi.org/10.1080/13887890.2008.9748320>.
- Crumrine, Patrick W. 2005. 'Size Structure and Substitutability in an Odonate Intraguild Predation System'. *Oecologia* 145 (1): 132–39.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0084-6>.
- Culek, Martin. 2013. 'Geological And Morphological Evolution of The Socotra Archipelago (Yemen) from the Biogeographical View'. *Journal of Landscape Ecology* 6 (3): 84–108. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2014-0005>.
- Denis, Alice S., Ophélie Payet, Samuel Danflous, Nicolas Gouix, Frédéric Santoul, Laëtitia Buisson, and Laurent Pelozuelo. 2018. 'Intraspecific Variability of the Phenology and Morphology of Three Protected Dragonflies between Natural and Artificial Habitats'. *Journal of Insect Conservation* 22 (3–4): 419–31. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0070-z>.
- Dijkstra, K. D.B., and V. J. Kalkman. 2012. 'Phylogeny, Classification and Taxonomy of European Dragonflies and Damselflies (Odonata): A Review'. *Organisms Diversity and Evolution* 12 (3): 209–27.
<https://doi.org/10.1007/s13127-012-0080-8>.
- Dingemanse, Niels J., and Vincent J. Kalkman. 2008. 'Changing Temperature Regimes Have Advanced the Phenology of Odonata in the Netherlands'. *Ecological Entomology* 33 (3): 394–402. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00982.x>.
- Dolný A, Harabiš F. 2016. *Vážky (Insecta: Odonata) České Republiky*.
- Dolný, Aleš, Bárta, D. 2007. *Vážky České Republiky: Ekologie, Ochrana a Rozšíření = Dragonflies of the Czech Republic : Ecology, Conservation and Distribution*.
- Doorslaer, Wendy Van, and Robby Stoks. 2005. 'Growth Rate Plasticity to Temperature in Two Damselfly Species Differing in Latitude: Contributions of Behaviour and Physiology'. *Oikos* 111 (3): 599–605.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2005.14335.x>.

- Everling, Sanne, and Frank Johansson. 2022. 'The Effect of Temperature and Behaviour on the Interaction between Two Dragonfly Larvae Species within the Native and Expanded Range'. *Ecological Entomology* 47 (3): 460–74. <https://doi.org/10.1111/een.13130>.
- Grimaldi, D. 2007. *Evolution of the Insects. Florida Entomologist*. Vol. 90. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[588:eoti\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[588:eoti]2.0.co;2).
- Harabiš, Filip, and Aleš Dolný. 2010. 'Ecological Factors Determining the Density-Distribution of Central European Dragonflies (Odonata)'. *European Journal of Entomology* 107 (4): 571–77. <https://doi.org/10.14411/eje.2010.066>.
- Hassall, Christopher, and David J. Thompson. 2008. 'The Effects of Environmental Warming on Odonata: A Review'. *International Journal of Odonatology* 11 (2): 131–53. <https://doi.org/10.1080/13887890.2008.9748319>.
- Holec, Juraj, Ján Feranec, Pavel Šťastný, Daniel Szatmári, Monika Kopecká, and Marcel Garaj. 1998. 'Evolution and Assessment of Urban Heat Island between the Years 1998 and 2016: Case Study of the Cities Bratislava and Trnava in Western Slovakia'. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03197-1/Published>.
- Holt, Robert D., and Gary A. Polis. 1997. 'A Theoretical Framework for Intraguild Predation'. *American Naturalist* 149 (4): 745–64. <https://doi.org/10.1086/286018>.
- Horváth G. 1995. 'Reflection-Polarization Patterns at Flat Water Surfaces and Their Relevance for Insect Polarization Vision'. *J. Theor. Biol.* Vol. 175.
- Ichikawa, Yuta, Tomoyuki Yokoi, and Mamoru Watanabe. 2017. 'Thermal Factors Affecting Egg Development in the Wandering Glider Dragonfly, *Pantala flavescens* (Odonata: Libellulidae)'. *Applied Entomology and Zoology* 52 (1): 89–95. <https://doi.org/10.1007/s13355-016-0457-9>.
- Kalkman, Vincent J., Jean Pierre Boudot, Rafał Bernard, Geert De Knijf, Frank Suhling, and Tim Termaat. 2018. 'Diversity and Conservation of European

- Dragonflies and Damselflies (Odonata)'. *Hydrobiologia* 811 (1): 269–82.
<https://doi.org/10.1007/s10750-017-3495-6>.
- Koch, Kamilla. 2015. 'Influence of Temperature and Photoperiod on Embryonic Development in the Dragonfly *Sympetrum Striolatum* (Odonata: Libellulidae)'. *Physiological Entomology* 40 (1): 90–101.
<https://doi.org/10.1111/phen.12091>.
- Kolar. 2021. 'Evidence-based Restoration of Freshwater Biodiversity after Mining Experience.Pdf'.
- Kondratieff, B C, and C J Pyott. 1987. 'The Anisoptera of the Savannah River Plant, South Carolina, United States: Thirty Years Later'. *Odonatologica*. Vol. 16.
- Kral, Karl. 2016. 'Implications of Insect Responses to Supernormal Visual Releasing Stimuli in Intersexual Communication and Flower-Visiting Behaviour: A Review'. *European Journal of Entomology* 113: 429–37.
<https://doi.org/10.14411/eje.2016.056>.
- Lazzari, Claudio R, and Manuscript_1db6bb7ad6cf84d52e33be4c76b4ac96
 Lazzari. 2019. 'The Thermal Sense of Blood-Sucking Insects: Why Physics Matters'.
- Leggott, M, and G Pritchard. 1985. 'The Life Cycle of *Argia Vivida* Hagen: Developmental Types, Growth Ratios and Instar Identification (Zygoptera: Coenagrionidae)'. *Odonatologica*. Vol. 14.
- Leith, Noah T., Anthony Macchiano, Michael P. Moore, and Kasey D. Fowler-Finn. 2021. 'Temperature Impacts All Behavioral Interactions during Insect and Arachnid Reproduction'. *Current Opinion in Insect Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.03.005>.
- Ložek V., Kubíková J., Spryňar P. a kol. 2005. *Chráněná Území ČR. XIII., Střední Čechy*. Brno: Ekocentrum Brno.
- Lutz, Paul E. 1974. 'This Content Downloaded from 128.235.251.160 on Sun'.
Source: Ecology. Vol. 55.

- Ma, Gang, Chun Ming Bai, Xue Jing Wang, Muhammad Z. Majeed, and Chun Sen Ma. 2018. 'Behavioural Thermoregulation Alters Microhabitat Utilization and Demographic Rates in Ectothermic Invertebrates'. *Animal Behaviour* 142 (August): 49–57.
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2018.06.003>.
- Martens, A. 1993. 'Odonatologica 22(4): 487-494 Influence of Conspicifics and Plant Structures on Oviposition Site Selection in *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae)'.
- Martin, W J, C T Garten, and J B Gentry. 1976. 'THERMAL TOLERANCES OF DRAGONFLY NYMPHS. I. SOURCES OF VARIATION IN ESTIMATING CRITICAL THERMAL MAXIMUM'.
<http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>.
- Matushkina, Nataly, and Stanislav Gorb. 2007. 'Mechanical Properties of the Endophytic Ovipositor in Damselflies (Zygoptera, Odonata) and Their Oviposition Substrates'. *Zoology* 110 (3): 167–75.
<https://doi.org/10.1016/j.zool.2006.11.003>.
- May, M L. 1978. 'Thermal Adaptations of Dragonflies'.
- Mccauley, Shannon J., John I. Hammond, Dachin N. Frances, and Karen E. Mabry. 2015. 'Effects of Experimental Warming on Survival, Phenology, and Morphology of an Aquatic Insect (Odonata)'. *Ecological Entomology* 40 (3): 211–20. <https://doi.org/10.1111/een.12175>.
- Michiels, Nico K, and Andri~ A Dhondt. 1990. 'Costs and Benefits Associated with Oviposition Site Selection in the Dragonfly *Sympetrum Danae* (Odonata: Libellulidae)'. *Anita. Behav.* Vol. 40.
- Nobis, Agnieszka, Arkadiusz Nowak, and Kaja Rola. 2018. 'Do Invasive Alien Plants Really Threaten River Bank Vegetation? A Case Study Based on Plant Communities Typical for *Chenopodium ficifolium*—An Indicator of Large River Valleys'. *PLoS ONE* 13 (3).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194473>.
- Oliveira de Alcântara, Carolina, Pedro Giovânia da Silva, and Malva Isabel Medina Hernández. 2023. 'Body Size and Body Conditions of Two Dung

- Beetles Species (Coleoptera: Scarabaeidae) Related to Environmental Temperatures'. *Revista Brasileira de Entomologia* 67 (2): 1–8.
<https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0099>.
- Ott, Jürgen. 2010. 'Dragonflies and Climatic Change - Recent Trends in Germany and Europe'. *BioRisk* 5 (December): 253–86.
<https://doi.org/10.3897/biorisk.5.857>.
- Perron, Mary Ann C., and Frances R. Pick. 2020. 'Water Quality Effects on Dragonfly and Damselfly Nymph Communities: A Comparison of Urban and Natural Ponds'. *Environmental Pollution* 263: 114472.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114472>.
- Pincebourde, Sylvain, and H. Arthur Woods. 2020. 'There Is Plenty of Room at the Bottom: Microclimates Drive Insect Vulnerability to Climate Change'. *Current Opinion in Insect Science*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.07.001>.
- Prach, Karel. 2009. 'Ekologie Obnovy Narušených Míst VI . Shrnutí a Závěrečné Poznámky', no. 2008: 262–64.
- Pritchard, Gordon, Lawrence D Harder, and Robert A Mutch~. 1995. 'Development of Aquatic Insect Eggs in Relation to Temperature and Strategies for Dealing with Different Thermal Environments'. *Biological Journal of the Linwan Soneg*. Vol. 58.
<https://academic.oup.com/biolinnean/article/58/2/221/2662873>.
- Quenta Herrera, Estefania, Jérôme Casas, Olivier Dangles, and Sylvain Pincebourde. 2018. 'Temperature Effects on Ballistic Prey Capture by a Dragonfly Larva'. *Ecology and Evolution* 8 (8): 4303–11.
<https://doi.org/10.1002/ece3.3975>.
- Quitt E. 1971. *Klimatické Oblasti Československa*. Brno: Geologický ústav ČSAV.
- R Core Team R. 2023. 'A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing'. Vienna.

- Richter, Otto, Frank Suhling, Ole Müller, and Dietrich Kern. 2008. 'A Model for Predicting the Emergence of Dragonflies in a Changing Climate'. *Freshwater Biology* 53 (9): 1868–80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02012.x>.
- Schwind, Rudolf. 1991. 'Polarization Vision in Water Insects and Insects Living on a Moist Substrate'. *J Comp Physiol A*. Vol. 169.
- Shi, Haijing, Zhongming Wen, David Paull, and Minghang Guo. 2016. 'A Framework for Quantifying the Thermal Buffering Effect of Microhabitats'. *Biological Conservation*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.006>.
- Šigutová, Hana, Martin Šigut, Alexander Kovalev, and Stanislav N. Gorb. 2020. 'Wing Wettability Gradient in a Damselfly *Lestes sponsa* (Odonata: Lestidae) Reflects the Submergence Behaviour during Underwater Oviposition: Wing Wettability Gradient in *L. sponsa*'. *Royal Society Open Science* 7 (12). <https://doi.org/10.1098/rsos.201258>.
- Start, Denon, Devin Kirk, Dylan Shea, and Benjamin Gilbert. 2017. 'Cannibalism by Damselflies Increases with Rising Temperature'. *Biology Letters* 13 (5). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2017.0175>.
- Stoks, Robby, and Alex Cordoba-Aguilar. 2012. 'Evolutionary Ecology of Odonata: A Complex Life Cycle Perspective'. *Annual Review of Entomology* 57: 249–65. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100557>.
- Suhling, Frank, Ida Suhling, and Otto Richter. 2015. 'Temperature Response of Growth of Larval Dragonflies – an Overview'. *International Journal of Odonatology* 18 (1): 15–30. <https://doi.org/10.1080/13887890.2015.1009392>.
- Suhling, Thorp, James H., and D. Christopher Rogers. 2015. *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology*. Elsevier.
- Tang, Dorothy Hok Yau, and Piero Visconti. 2021. 'Biases of Odonata in Habitats Directive: Trends, Trend Drivers, and Conservation Status of

- European Threatened Odonata'. *Insect Conservation and Diversity* 14 (1): 1–14. <https://doi.org/10.1111/icad.12450>.
- Thomas, Chris D, Alison Cameron, Rhys E Green, Michel Bakkenes, Linda J Beaumont, Yvonne C Collingham, Barend F N Erasmus, et al. 2004. 'Extinction Risk from Climate Change'. www.nature.com/nature.
- Tichanek, Filip, and Robert Tropek. 2015. 'Conservation Value of Post-Mining Headwaters: Drainage Channels at a Lignite Spoil Heap Harbour Threatened Stream Dragonflies'. *Journal of Insect Conservation* 19 (5): 975–85. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9814-1>.
- Vilenica, Marina, Ivana Pozojević, Natalija Vučković, and Zlatko Mihaljević. 2020. 'How Suitable Are Man-Made Water Bodies as Habitats for Odonata?' *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 2019-Janua (421). <https://doi.org/10.1051/kmae/2020008>.
- Wildermuth, H. 1994. 'Recommended : Choosing Precise Oviposition Conspecific Stepwise Using Entwicklungsstadium , Motivation , Tageszeit Lebensvorgänge Entwicklung , Reifung , Nahrungserwerb , Paarung , Eiablage Imaginalstadium Wahlobjekten Entwicklungsge- Auswirkungen Fortpfl', 223–57.
- Wissinger, Scott, Jill Mcgrady, and Jill Mcgrady2. 1993. 'Intraguild Predation and Competition Between Larval Dragonflies: Direct and Indirect Effects on Shared Prey INTRAGUILD PREDATION AND COMPETITION BETWEEN LARVAL DRAGONFLIES: DIRECT AND INDIRECT EFFECTS ON SHARED PREY''. *Source: Ecology*. Vol. 74.
- Wolf, Larry L., and Edward C. Waltz. 1988. 'Oviposition Site Selection and Spatial Predictability of Female White-faced Dragonflies (*Leucorrhinia Intacta*) (Odonata: Libellulidae)'. *Ethology* 78 (4): 306–20. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1988.tb00240.x>.
- Yang, Louie H., and V. H.W. Rudolf. 2010. 'Phenology, Ontogeny and the Effects of Climate Change on the Timing of Species Interactions'. *Ecology Letters* 13 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01402.x>.

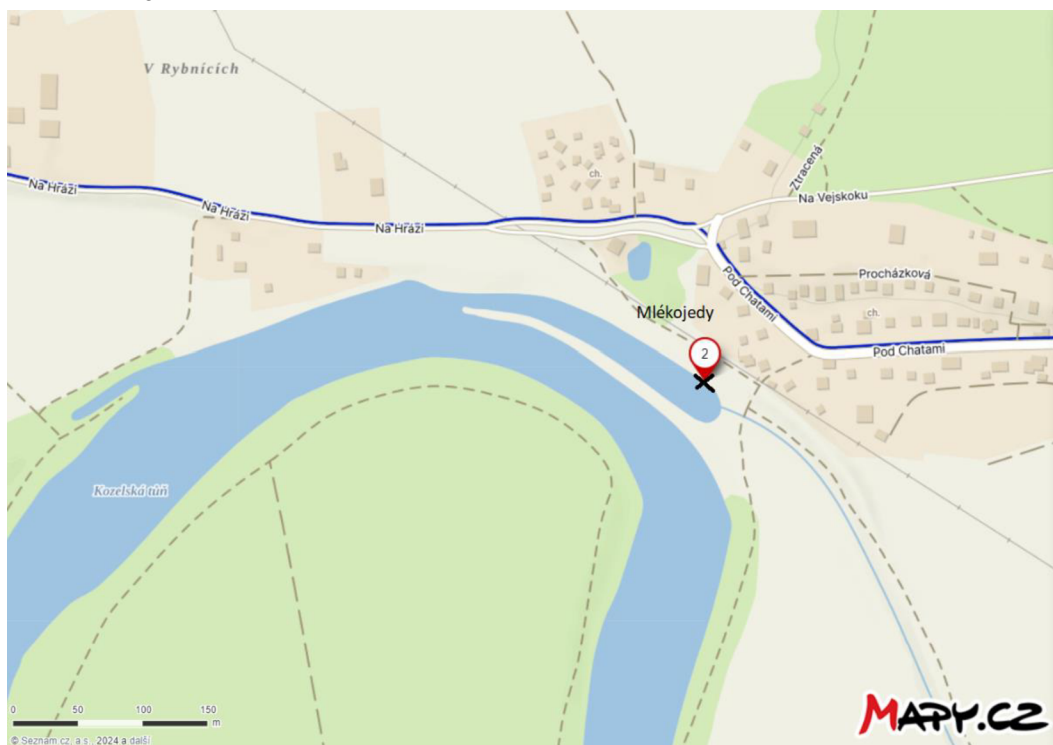
8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdíl mezi podřády Anisoptera a Zygoptera a jejich larev (Scherr & Langelotto, 2019).....	6
Obrázek 2: Vážky tvořící srdčitý prstenec při páření (Nadace na ochranu zvířat, 2021)	7
Obrázek 3: Mapa lokalit (Mapy.cz, upravila Bernardová, 2024).....	27
Obrázek 4: Přírodní lokalita Mlékojedy (vlastní foto).....	28
Obrázek 5: Uměle vytvořená lokalita Sojovice (vlastní foto).....	28
Obrázek 6: Umístění dataloggeru (vlastní foto).....	29
Obrázek 7: Rozdíl v teplotě na mikrostanovištích s ovipozicí a bez ovipozice.....	31
Obrázek 8: Rozdíl v teplotě mezi umělým a přírodním prostředím.....	31

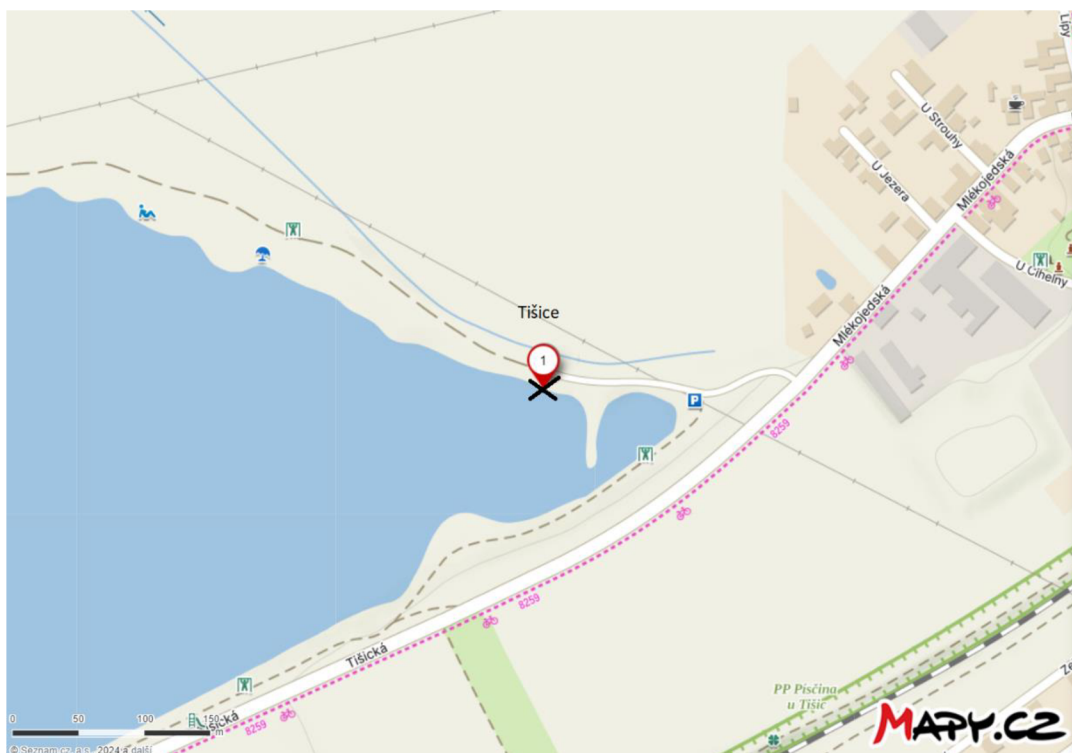
9 Seznam příloh

Příloha 1 Lokalita č. 1 Mlékojedy v okrese Neratovice (mapy.cz, upravila Bernardová 2024).....	48
Příloha 2 Lokalita č. 2 Tišice v okrese Neratovice (mapy.cz, upravila Bernardová 2024)	48
Příloha 3 Lokalita č. 3 Otradovice v okrese Brandýs nad Labem (mapy.cz, upravila Bernardová 2024).....	49
Příloha 4 Lokalita č. 4 Sojovice v okrese Brandýs nad Labem (mapy.cz, upravila Bernardová 2024).....	49
Příloha 5 Graf Ovipozice na všech lokalitách.....	50
Příloha 6 Umělá lokalita Tišice (vlastní foto)	50
Příloha 7 Vegetace pískoven (vlastní foto).....	51
Příloha 8 Druh vážky Sympetrum spp. (vlastní foto)	51
Příloha 9 Vegetace slepých ramen řeky Labe (vlastní foto).....	52
Příloha 10 Lokalita Sojovice z dálky (vlastní foto)	52

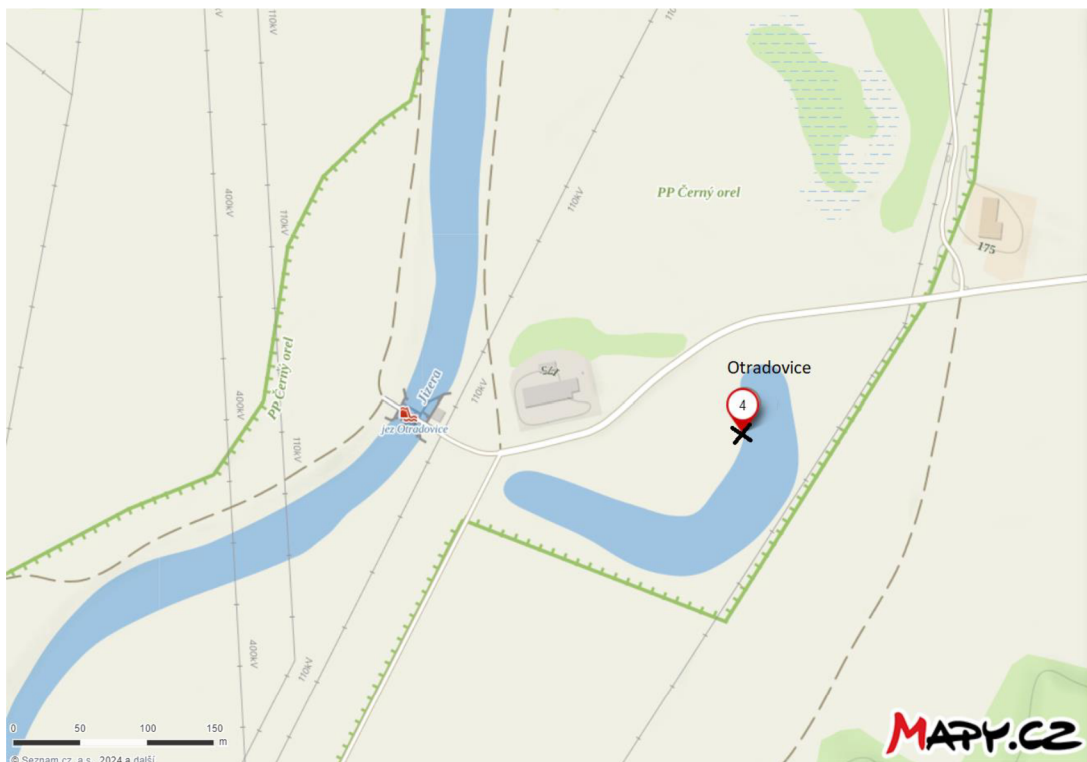
10 Přílohy



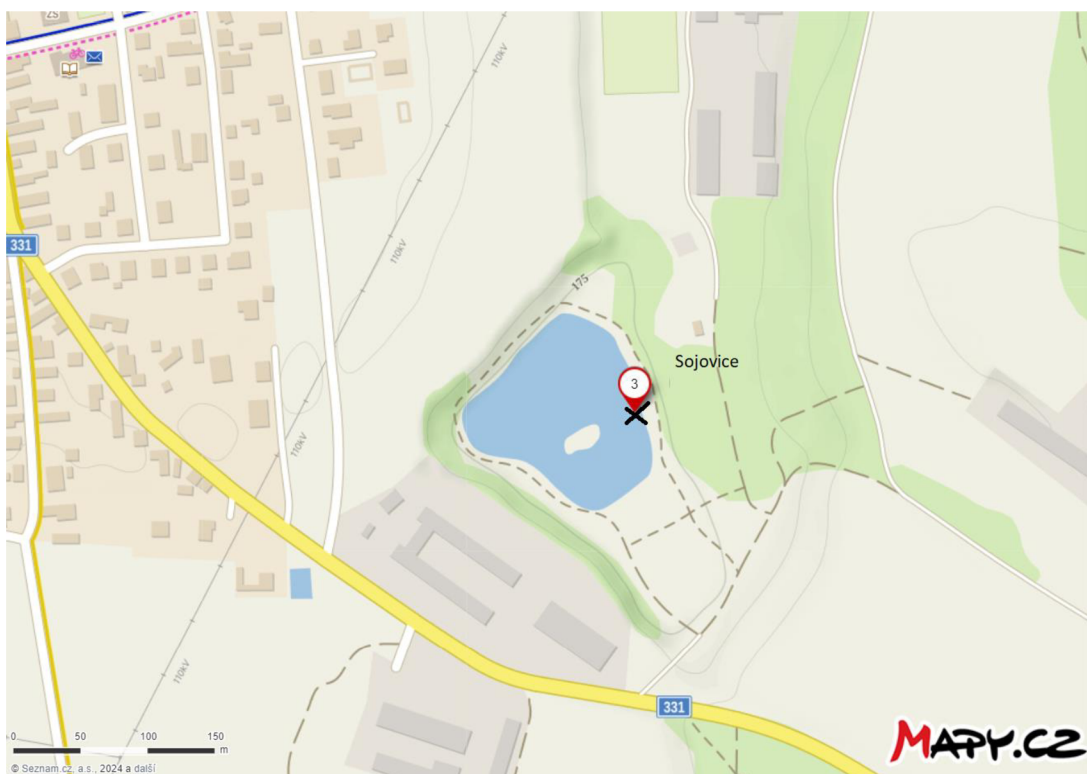
Příloha 1 Lokalita č. 1 Mlékojedy v okrese Neratovice (mapy.cz, upravila Bernardová 2024)



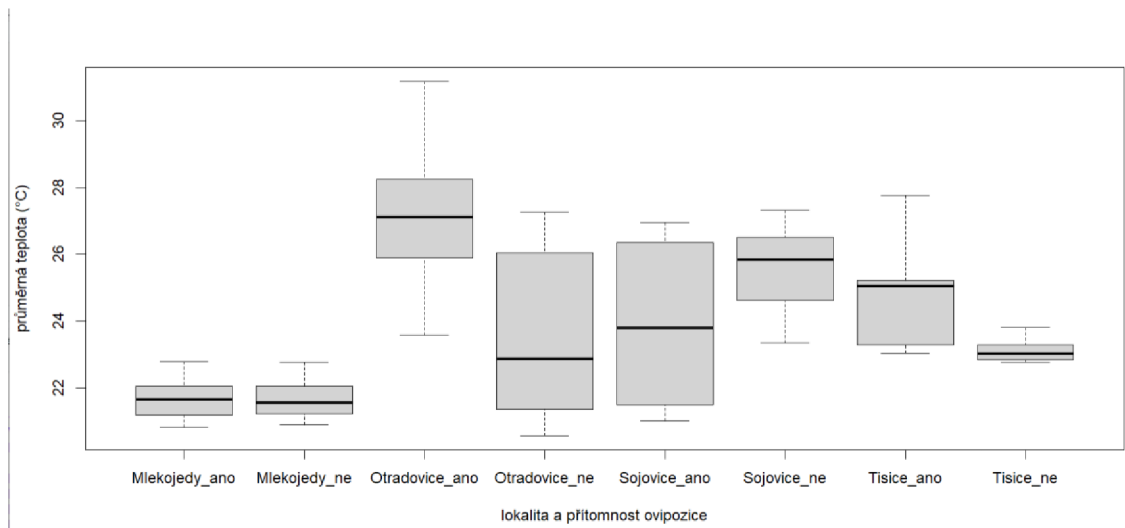
Příloha 2 Lokalita č. 2 Tišice v okrese Neratovice (mapy.cz, upravila Bernardová 2024)



Příloha 3 Lokalita č. 3 Otradovice v okrese Brandýs nad Labem (mapy.cz, upravila Bernardová 2024)



Příloha 4 Lokalita č. 4 Sojovice v okrese Brandýs nad Labem (mapy.cz, upravila Bernardová 2024)



Příloha 5 Graf Ovipozice na všech lokalitách



Příloha 6 Umělá lokalita Tišice (vlastní foto)



Příloha 7 Vegetace pískoven (vlastní foto)



Příloha 8 Druh vážky Sympetrum spp. (vlastní foto)



Příloha 9 Vegetace slepých ramen řeky Labe (vlastní foto)



Příloha 10 Lokalita Soiovice z dálky (vlastní foto)