

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**Katedra ekologie**



**Vliv teploty na výběr prostředí pro ovipozici u vážek**

Effect of temperature on oviposition site selection in  
dragonflies

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

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

Diplomantka: Bc. Tereza Nebeská

2024

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tereza Nebeská

Ochrana přírody

Název práce

**Vliv teploty na výběr prostředí pro ovipozici u vážek**

Název anglicky

**Effect of temperature on oviposition site selection in dragonflies**

---

### Cíle práce

Teplota má významný dopad na život vážek (Odonata) v různých fázích jejich životního cyklu. V kontextu zvyšování globální teploty, kdy s narůstajícími teplotami může postupně docházet nejen ke ztrátám vodního prostředí a expanzi teplomilných druhů, ale i změnám ve fungování dříve dobře fungujících mechanismů. Dospělci totiž často využívají tzv. zástupné indikátory jako je struktura vegetace nebo aktuální teplota, podle kterých identifikují optimální podmínky pro vývoj vajíček a larválních stádií. O tom, jak přesně funguje identifikace vhodných míst pro ovipozici toho víme jen velmi málo.

Cílem práce je zjistit, zda teplota prostředí ovlivňuje preferenci dospělých samic vážek pro kladení během ovipozice.

### Metodika

Experiment bude probíhat od srpna do září 2023 na 4 lokalitách v Polabí, jejichž atraktivita byla předem zjišťována a stanovena. Dvě lokality budou přirozené a dvě uměle zatopené pískovny. Na všechny lokality bude po dobu jednoho týdne umístěno 6 dataloggerů pomocí, kterých bude měřena v různých částech lokality teplota vody. Výsledná data budou statisticky zpracována a bude porovnáváno, jestli teplota ovlivňuje preference samic pro kladení.

**Doporučený rozsah práce**

30 stran + přílohy

**Klíčová slova**

teplota, sladkovodní biotopy

---

**Doporučené zdroje informací**

McNamara S. C., Pintar M. R. and Resetarits W. J. Jr. (2021). Temperature but not nutrient addition affects abundance and assemblage structure of colonizing aquatic insects. *Ecology*. 102(1)

Sih A. (2013). Understanding variation in behavioural responses to human-induced rapid environmental change: a conceptual overview. *Animal Behaviour*. 85(5)

Svensson E. I., Gomez-Llano M. and Waller J. T. (2020). Selection on phenotypic plasticity favor thermal canalization. *PNAS*. 117(47)

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Filip Harabiš, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2024

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv teploty na výběr prostředí pro 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 diplomovou 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 diplomové 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 28. 3. 2024

.....

(podpis autora práce)

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu práce Mgr. Filipu Harabišovi, Ph.D., za odborné vedení při psaní práce, cenné rady a čas, který mi věnoval při zpracovávání této práce. Dále bych chtěla poděkovat svojí rodině, především mé mamince za psychickou podporu a trpělivost.

## Abstrakt

Teplota hraje jednu z nejdůležitějších rolí v životě ektotermních organismů, mezi něž patří i vážky, kdy má významný dopad na různé fáze životního cyklu či jejich ekologii. Není však jasné, jaký má vliv na identifikaci vhodných míst pro ovipozici u dospělých samic. Cílem této práce tedy bylo porovnat, jestli teplota prostředí ovlivňuje preferenci dospělých samic vážek rodu *Sympetrum* spp. pro kladení během ovipozice. Terénní výzkum probíhal na čtyřech lokalitách v Polabí, kde byly vybrány dvě přírodní lokality a dvě umělého původu. Na každé lokalitě byly rozmístěny dataloggery, které měřily v různých částech lokality teplotu vody. Na lokalitách byla také zaznamenávána místa s výskytem samic během ovipozice. Výsledky ukázaly, že teplota prostředí ovlivňuje preferenci samic vážek pro kladení během ovipozice. Průměrná teplota vody se významně lišila mezi místy, kde docházelo k ovipozici a místy, kde ovipozice nebyla zaznamenána. Vyšší průměrné teploty byly naměřeny na místech, která samice preferovala pro kladení vajíček. Dále bylo také zjištěno, že se významně lišily i průměrné, maximální a minimální teploty vody mezi místy s přítomností ovipozice a bez přítomnosti ovipozice na jednotlivých lokalitách. V rámci experimentu se též ukázalo, že průměrná teplota vody se významně nelišila mezi přírodními a umělými lokalitami. Nicméně, umělé lokality se projevovaly jako teplejší. Preference samic pro teplejší místa při výběru míst pro ovipozici je pravděpodobně z důvodu, že na těchto místech panují lepší teplotní podmínky pro optimální vývoj vajíček a larev.

## Klíčová slova

teplota prostředí, sladkovodní biotopy, hmyz, chování při kladení vajíček

## **Abstract**

Temperature play some of the most important roles in the life of ectothermic organisms, including dragonflies, where it has a significant impact on different phases of the life cycle or their ecology. However, it is not clear what effect it has on the identification oviposition site selection in adult females. The aim of this thesis was to compare whether ambient temperature influences the preference of adult female dragonflies of the genus *Sympetrum* spp. for oviposition. The field research took place at four locations in the Polabí region, where two natural locations and two locations of artificial origin were selected. Dataloggers were placed at each location, which measured the water temperature in different parts of the location. On location was also recorded site with the presence female during oviposition. The results showed that the temperature of the environment affects the preference of female dragonflies for oviposition. Mean water temperature differed significantly between sites where oviposition occurred and sites where oviposition was not recorded. Higher average temperatures were measured in places that the female preferred for laying eggs. Furthermore, it was also found that the mean, maximum and minimum water temperatures differed significantly between places with the presence of oviposition and without the presence of oviposition at individual locations. The experiment also showed that average water temperature did not differ significantly between natural and artificial locations. However, the artificial locations did prove to be warmer. The preference of females for warmer places when choosing place for oviposition is probably due to the fact that these places have better temperature conditions for optimal development of eggs and larvae.

## **Keywords**

ambient temperature, freshwater habitats, insect, egg laying behavior

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíle práce .....	3
3	Literární rešerše .....	4
3.1	Životní cyklus vážek .....	4
3.2	Preference dospělců při výběr habitatu .....	6
3.3	Adaptace na teplotní podmínky prostředí .....	7
3.4	Vliv teploty na vývoj a přežití larev vážek .....	10
3.5	Teplota těla a termoregulace .....	13
4	Metodika .....	16
4.1	Charakteristika zájmového území .....	16
4.2	Výběr lokalit.....	17
4.3	Sběr dat.....	18
4.4	Statistická analýza.....	20
5	Výsledky .....	22
6	Diskuse .....	29
7	Závěr .....	34
8	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	35
9	Seznam příloh .....	42
10	Přílohy .....	43



# 1 Úvod

Vodní ekosystémy poskytují důležité prostředí pro mnoho živočichů, včetně vážek. Procesy, které určují rozšíření a hojnost druhů, mají klíčový význam v ekologii. Biotické faktory, jako predace a konkurence, mohou hrát důležitou roli při obsazování stanovišť. Avšak abiotické podmínky, jako je například teplota, představují zásadní úlohu v počátečním procesu selekce (McNamara et al., 2021). Teplota je jedním z klíčových faktorů ovlivňující biologické procesy a ekologické interakce vážek. Termorecepce zároveň patří mezi nejdůležitější smyslové funkce (Lazzari, 2019). Každá fáze životního cyklu těchto hmyzích druhů je citlivá na teplotní podmínky prostředí. Například teplota ovlivňuje četnost a časování líhnutí, růst a vývoj larev, teplotu těla a termoregulaci, aktivitu dospělých jedinců a volbu vhodných stanovišť (Corbet, 1999; Corbet et May, 2008).

Řada organismů, včetně vážek, si podle vývojové fáze a dispozice vybírá různá stanoviště, aby uspokojila specifické požadavky v souladu s aktuální situací, které jedinci čelí (Wildermuth, 1994). Larvy žijí ve vodním prostředí, zatímco dospělci se vyskytují na suchozemských stanovištích v okolí. Obývají širokou škálu sladkovodních biotopů, někteří preferují tekoucí vody od pramenišť až po velké řeky, jiní upřednostňují stojaté vody, jako jsou rybníky nebo vodní nádrže. Určité druhy vyhledávají vodní biotopy s neobvyklými podmínkami, například vysokohorská rašeliniště, nebo se specializují na sekundární biotopy, které vznikly v důsledku lidské činnosti (Dolný et al., 2016). Dospělci dávají přednost určitým stanovištím, a to v závislosti na teplotě, která jim poskytuje optimální podmínky pro přežití, což ovlivňuje jejich prostorové a časové distribuce. Teplota se však může na stanovištích značně odlišovat, jak prostorově mezi mikrostanovišti, tak i časově v průběhu dne. Dospělé vážky tak vyhledávají místa, která splňují požadavky pro dospívání, zdroje potravy, odpočinek a rozmnožování. Zvláště důležité je místo pro kladení vajíček. Správnou volbou místa pro ovipozici samice ovlivňuje míru přežití vajíček a larev. Pro vážky je larvální stádium kritické, neboť téměř všechny druhy v tomto stádiu tráví většinu svého života (Buskirk et Sherman, 1985). Kromě toho jsou schopny se přizpůsobit různým teplotním podmínkám prostřednictvím adaptací a termoregulačních mechanismů, které jim umožňují udržovat stabilní tělesnou teplotu a optimalizovat svou fyziologii.

Porozumění těmto teplotním vlivům je nezbytné pro odhad dopadů změn klimatu, protože v důsledku narůstajících teplot můžeme postupně pozorovat nejen ztráty vodního prostředí, ale také změny ve fungování dříve dobře ustálených mechanismů v životě vážek (Flenner et al., 2010; Hassall et Thompson, 2008). V rámci mé diplomové práce, jsem se snažila v literární rešerši nastínit znalosti o problematice vlivu teploty na vážky a jejich přizpůsobení se různým teplotním podmínkám. V experimentální části se věnuji vlivu teploty vody na ovipozici u vážek rodu *Sympetrum* spp.

## **2 Cíle práce**

Cílem této diplomové práce je zjistit, jestli teplota prostředí ovlivňuje preferenci dospělých samic vážek pro kladení během ovipozice. V rámci experimentu probíhajícího v oblasti Polabí bude na sledovaných lokalitách měřena teplota vody a zároveň bude na lokalitách zaznamenáváno, kde dochází k ovipozici. Poté bude vyhodnocováno, zda se teplota vody liší mezi místy, kde docházelo ke kladení vajíček samicemi a místy, na kterých ovipozice neprobíhala.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Životní cyklus vážek

Vážky (Odonata) patří do třídy hmyzu (Insecta) (Dolný et al., 2007). Životní cyklus vážek, zejména pak vývoj larev a rychlost růstu jsou ovlivněny především teplotou a fotoperiodou (Corbet, 1999; Bradshaw et Holzapfel, 2007). Teplota ovlivňuje, jak načasování, tak trvání všech fází života (vajíčka, larvy, dospělce). Cyklus začíná kladením vajíček samicí. Délka vývoje vajíčka závisí především na tom, zda je součástí vývoje diapauza. Z vajíček nakladených na jaře se po dvou až šesti týdnech vyvíjí prolarva a poté vlastní larva, a to v závislosti na teplotě vody. Naproti tomu, vajíčka, která byla kladena ke konci léta prodělávají diapauzu a jejich vývoj pokračuje na jaře (Dolný et al., 2007). Rychlost vývoje a doba líhnutí přezimujících vajíček jsou regulovány sezónně existencí tří fází nazývaných prediapauza, diapauza a postdiapauza, z nichž každá je charakterizována typickou reakcí na teplotu (Corbet, 1980). Například Koch (2015) uvádí, že přirozeně se měnící teplota a fotoperioda hrají významnou roli v sezónní regulaci embryonálního vývoje. V rámci své studie zjistila, že vývoj vajíček a líhnutí larev *Sympetrum striolatum* probíhá na podzim i při méně než devíti hodinách světla za den, dokud průměrná denní teplota nebyla nižší než 6 °C. Na jaře nicméně líhnutí larev nenastalo okamžitě poté, co denní teploty přesáhly 6 °C. Líhnutí začalo pouze tehdy, když se průměrná teplota vzduchu dostala nad 6 °C a za podmínek dlouhého dne, kdy je více než dvanáct hodiny světla za den (Koch, 2015).

Během následujícího larválního vývoje jedinec prochází nejčastěji od 9 do 15 instarů larev, jejich počet se liší nejen v rámci druhů, ale také do jisté míry i mezi jednotlivými jedinci stejného druhu. Při každém přechodu na nový instar se larva vyvíjí, roste a dochází ke svlečení staré kutikuly. Rychlost celého procesu může trvat řádově od pár týdnů až po několik let, v závislosti na podmínkách prostředí (Corbet, 1980; Dolný et al., 2007). Rychlost růstu larev, kde se zdá být primárně ovlivněna teplotou a dostupností potravy, se nachází v tropech a u několika druhů mírného pásma, které přezimují pouze ve stádiu vajíčka nebo dospělce. Některé druhy z podřádů Zygoptera (stejnokřídlice) i Anisoptera (různokřídlice) obývající tropické a mírné podnebí, nejčastěji dokončují vývoj larev zhruba za dva měsíce (Corbet, 1980). U druhů z podřádu Anisoptera, které se vyskytují v dočasných tůních je čas růstu ještě poněkud kratší, aby se dokončil jejich vývoj před vyschnutím stanovišť (Johansson et

Suhling, 2004). Vzhledem k tomu, že larva slouží jako přezimující stádium pro většinu druhů v mírném pásu, je její rychlost růstu ovlivněna nejen teplotou a dostupností potravy, ale i interakcí s fotoperiodou. Tato dynamika znamená, že vývoj larvy může být zastaven nebo naopak urychlen v různých ročních obdobích (Corbet, 1980).

Před přeměnou posledního larválního stadia na dospělé, larva opouští vodní prostředí. Po vylíhnutí dospělé prochází jedinec tzv. prereprodukčním stádiem, kdy není schopen rozmnožování (Tennessee, 2009). V tomto období dochází u jedinců obvykle k rozptýlu po okolí. V případě příhodných podmínek prostředí, zejména při výskytu vhodné vegetace, kde se mohou jedinci ukrýt, zůstávají na místě. Vývoj do doby pohlavní zralosti se u jednotlivých druhů liší. Druhy z podřádu Zygoptera většinou dospívají v rozmezí od dvou dnů do jednoho měsíce. Převážná část druhů z Anisoptera pak za 6 až 45 dní (Corbet, 1980; Tennessee, 2009). Prereprodukční stádium je u samců běžně o něco kratší než u samic a prodlužuje se s chladným počasím. (Corbet, 1980).

S dosažením pohlavní dospělosti, kdy se již projevuje sexuální chování, se jedinci opět navracejí k vodním plochám, kde probíhá jejich rozmnožování (Corbet, 1962). Jako mnoho jiných biologických procesů u ektotermních živočichů, jejichž tělesná teplota závisí především na prostředí je i rozmnožování včetně sexuálního chování řízeno teplotou (Brandt et al., 2018). Pravděpodobnost, že se jedinec zúčastní pre-kopulační aktivity a samotného páření je podmíněno okolní teplotou, přičemž nejvyšší aktivity byly zaznamenány při středních teplotách. Nicméně optimální teploty se často odlišují mezi pohlavími (Leith et al., 2021). Samice patrně preferují vyšší teploty pro páření (Brandt et al., 2018). S tím mohou souviset i zjištěné výsledky Tsubaki et al. (2010), kteří odhalili, že samci s vyšší teplotou hrudníku měli větší pravděpodobnost úspěšných námluv. Kopulace probíhá za letu, kdy sameček uchopí samičku pomocí zadečkových přívěsků a dojde k vytvoření tandemové formace. Ihned po páření zpravidla samičky přistupují ke kladení vajíček neboli ovipozici (Corbet, 1962). Výběr konkrétního místa pro ovipozici se odlišuje mezi jednotlivými druhy a dostupnými mikrohabitaty. Samice se při výběru snaží najít místo, které bude neoptimálnější pro úspěšný vývoj svých potomků (Buskirk et Sherman, 1985). U samotné ovipozice rozlišujeme dva základní typy. Při první endofytické ovipozici samička klade vajíčka do živých nebo odumřelých rostlinných pletiv. Vajíčka nakladená do rostlinných pletiv jsou chráněna před predací a změnami vlhkosti

(Béthoux et al., 2004). Tento typ se vyskytuje u většiny zástupců Zygoptera a čeledi Aeshnidae. Druhým typem je exofytická ovipozice při níž samičky kladou v letu do mokrého substrátu na březích, podkladu dna, volně do vody nebo na povrch rostlin. (Dolný et al., 2007). Doba reprodukčního období trvá v průměru u Zygoptera 1–2 týdny, u některých až 5–8 týdnů. U Anisoptera se doba pohybuje nejčastěji v rozmezí 2–3 týdnů a 3–6 týdnů (Corbet, 1980).

### **3.2 Preference dospělců při výběr habitatu**

Téměř každý aspekt fitness jedince je ovlivněn tím, kde se rozhodne žít, proto se předpokládá, že výběr habitatu je podmíněn ekologickými potřebami všech fází jeho životního cyklu. V heterogenních prostředích může být schopnost vybrat si vhodné stanoviště jednou z nejdůležitějších adaptací pro přežití (Morris, 2003). Požadavky na stanoviště se u vážek mění v průběhu jejich vývojového cyklu. Zatímco larvy žijí ve vodním prostředí, dospělci obývají suchozemská stanoviště, která se často nachází i ve větších vzdálenostech od vodního prostředí (Dolný et al., 2016). Důvodem je, že jednotlivé životní procesy a činnosti mezi něž patří vývoj, dospívání, získávání potravy, rozmnožování, kladení vajíček a odpočinek vyžadují příhodné prostorově heterogenní zdroje (Wildermuth, 1994). Pro určení kvalitního habitatu, tak musí být dospělci schopni vyhledávat a rozpoznávat jej pomocí klíčových ekologických faktorů. Za významné faktory se považují, dostupnost teplotních zdrojů, kvalita okolního světla, struktura břehové vegetace, velikost a hloubka vodní plochy, dostupnost stínu a přístup k místům pro kladení vajíček (Corbet, 1980; Wildermuth, 1994). K rozpoznávání používají vážky v podstatě čtyři senzorické systémy: vizuální, termální, hmatový a čichový (Wildermuth, 1994).

Uvádí se, že nejvíce vyvinutým smyslem vážek je jejich zrak. Díky tomu se za jeden z nejdůležitějších podnětů, podle kterého se vážky řídí při výběru svého stanoviště, považuje horizontálně polarizované světlo odrážené od vodní hladiny nebo vlhkého substrátu (Wildermuth, 1994). Hmyz včetně vážek je schopen vnímat polarizované světlo pomocí speciálních fotoreceptorů v oku. Podle charakteristických odrazově polarizačních vlastností jsou tak schopny detekovat jednotlivé složky okolního prostředí například hloubku, průhlednost, barvu vody a složení substrátu.

Polarizované světlo navíc může pomoci s orientací i na větší vzdálenosti, kde mohou být jiné podněty již neúčinné (Bernáth et al., 2002).

Další velmi důležitou smyslovou funkcí u hmyzu je detekce teploty, která se podílí na preferencích prostředí a vyhýbání škodlivým podmínkám, a je tak rozhodující pro jejich přežití (Lazzari, 2019). U vážek je na sensorické úrovni termorecepce zajišťována specifickými termoreceptorovými neurony umístěnými na tykadlech (Piersanti et al., 2011). S tím souvisí vnímání teploty v mikroklimatickém měřítku, protože se jedná o živočichy závislé na okolní teplotě, tudíž se musí přesouvat do míst s příznivou teplotou sledováním malého tepelného gradientu vzduchu (Mizunami et al., 2016). Za předpokladu, že se nároky dospělých jedinců na stanoviště mění v závislosti na denní době, motivaci, věku a počasí, jeví se při orientaci teplotní variabilita podmínek jednotlivých mikrohabitatů uvnitř jejich stanoviště jako důležitá (Wildermuth, 1994; Mizunami et al., 2016).

Jak se může různit využívání biotopů během dne, lze hezky demonstrovat na studii od Hykel et al. (2018), kde srovnávali výběr míst pro denní aktivity a noční odpočinek vážky druhu *Sympetrum depressiusculum*. Studie prokázala, že se volba stanovišť jasně lišila. V jejich experimentu dospělci pro denní aktivity využívali rybníky a jejich přímé příbřežní zóny, zatímco pro noční odpočinek se těmto místům vyhýbali. Teorií je, že vyhýbání se břehové oblasti je spojeno s nepříznivými mikroklimatickými podmínkami, kde panují nižší teploty, jenž nepříznivě ovlivňují termoregulaci (Hykel et al., 2018).

### **3.3 Adaptace na teplotní podmínky prostředí**

Teplota hraje klíčovou roli v ekofyziologickém chování ektotermních organismů, které musí absorbovat tepelnou energii ze svého prostředí, aby byly aktivní a udržovaly základní fyziologické procesy. Většina druhů je přizpůsobena specifickým teplotním rozsahům, při kterých může žít a rozmnožovat se (Suhling et al., 2015). Podle teoretických studií Gillooly et al. (2002) a Charnov et Gillooly (2003) je šířka tepelného rozsahu pro každý druh přibližně 20 °C. V důsledku toho, je teplota často považována za hlavní faktor prostorové a časové distribuce hmyzu (Suhling et al., 2015). Pro hmyz obecně platí, pokud je vystaven nižším teplotám, než jsou ty, které jsou považovány za optimální pro přežití, může vstoupit do klidového nebo

diapauzického stavu. V tomto stavu dochází ke zpomalení metabolismu a vývoji. Při návratu optimálních teplot pak existuje šance na přežití (Lee, 1991). Na druhou stranu, pokud je hmyz vystaven teplotám vyšším než přijatelné optimum, může dojít k urychlení vývoje a metabolismu. Velmi vysoké teploty již s největší pravděpodobností vedou ke smrti (Huey et Kingsolver, 1993). Většina létajícího hmyzu trpí tepelným šokem při teplotách mezi 45–47 °C a při teplotách 50–53 °C už není schopna přežít (Oliveira de Alcântara et al., 2023). Vážky, stejně jako ostatní vodní hmyz, jsou poměrně dobře přizpůsobeny vyšším teplotám (Corbet, 1999).

Šířka tolerovaného rozmezí teplot, nazývaná též teplotní valence, může být u některých druhů velmi úzká, což znamená, že jsou málo přizpůsobiví na jakékoliv změny teplot. Tyto druhy se nazývají teplotní specialisté, mají striktně daný nízký rozsah teplot, a pokud jsou vystaveny teplotám mimo svůj rozsah špatně se s tím vyrovnávají. Naopak jedinci teplotních generalistů, kteří mají širší teplotní valenci, jsou dobře adaptováni k proměnlivým teplotním podmínkám (Angilletta, 2009). Typickým teplotním generalistou u vážek je druh *Argia vidia* obývající oblasti s různými teplotami (Hassall et Thompson, 2008). Druhy, které se vyskytují v prostředích, kde panuje extrémní kolísání teplot, musí buď vyvinout schopnost tolerovat tyto dramatické výkyvy nebo se těmto podmínkám vyhnout, aby přežily. Mohou toho dosáhnout například migrací, změnou svého mikrohabitatu nebo vytvořením dormantních stádií (Harrington, 1995; Shi et al., 2016).

S cílem pochopit schopnosti mikrohabitatů vyrovnat se s extrémním jevy, se řada studií zaměřila na jejich tepelnou pufraci. Jako tepelný pufrací účinek mikrostanovišť byl definován rozdíl mezi teplotou okolního vzduchu a teplotou v mikrostanovištích (Shi et al., 2016). Na základě studií může schopnost jednotlivých mikrohabitatů tlumit teplotní extrémy o 1,6 – 10 °C (Isaac et al., 2008; Shoo et al., 2010). Například Ma et al. (2018) zjistili, že mšice (Aphidoidea), pokud dojde ke zvýšení teploty u listů jejich hostitelské rostliny a jsou tak pod tlakem tepelného stresu, rostlinu opouštějí a vydávají se hledat chladnější místa. Podobné termoregulační chování, aby se snížilo vystavení teplotním extrémům, bylo zjištěno také u jiných ektotermních organismů (Ma et al., 2018).

Fenotypová plasticita je pravděpodobně nejpodstatnější reakce a adaptace druhů k teplotním podmínkám prostředí (tepelná plasticita). Tato schopnost je rozhodující pro přizpůsobení jedinců na proměnlivé prostředí a umožňuje jim



optimalizovat své životní funkce v různých podmínkách. Fenotypová plasticita zahrnuje morfologické, fyziologické i behaviorální adaptace na různé podmínky prostředí (Huey et al., 2012).

Patrně dva nejdůležitější morfologické znaky, které jsou podmíněné teplotou, jsou barva, zejména světlost barvy (melanismus) a velikost těla. Oba znaky souvisí s tepelnými zisky a ztrátami jedinců. Tmavší zbarvení těla lépe absorbuje sluneční záření a s tím i tepelné zisky. Větší tělesná velikost zvyšuje poměr tělesné hmotnosti k povrchu těla, což umožňuje zadržovat teplo efektivněji v chladných podmínkách a snižují se tepelné ztráty (Clusella Trullas et al., 2007; Shelomi, 2012). Acquah-Lamprey et al. (2020) uvádějí, že světlost barvy evropských společenstev váček se zvyšuje s rostoucí průměrnou teplotou, a naopak velikost těla se snižuje s rostoucí teplotou. Potvrzují tak hypotézu, že společenstva v teplejších oblastech budou složena ze světlejších a menších druhů ve srovnání se společenstvy v chladnějších oblastech (Acquah-Lamprey et al., 2020). Variace ve zbarvení se u společenstev váček objevuje také v závislosti na teplotních změnách v průběhu sezóny. Na začátku a konci sezóny jsou tmavší, v polovině sezóny světlejší (Novella-Fernandez et al., 2023).

Kromě morfologických adaptací je pro hmyz z hlediska přežití, důležité přizpůsobit své vzorce chování tak, aby fungovaly za příznivých podmínek. To zahrnuje změny v denní nebo sezónní aktivitě, což se projevuje v různých aspektech. Někteří jedinci mohou zvýšit svou aktivitu v teplejších hodinách dne, zatímco jiní mohou být aktivní spíše v chladnějších částech dne nebo v noci. Kupříkladu hmyz má sklon vyhýbat se hledání potravy během nejvyšších poledních teplot (Lahondère, 2023). S teplotními podmínkami jsou také úzce spojeny reprodukční strategie, kdy teplota má vliv na čas a intenzitu reprodukční aktivity. Vyšší teploty stimulují páření a kladení vajíček, kdežto nižší teploty reprodukční aktivitu zpomalují či zastavují (Zhu et al., 2012). Nicméně vysoké rychlosti metabolismu při vysokých teplotách mohou rychleji vyčerpávat zásoby energie, což má potenciál ovlivnit reprodukční výkon, protože let a ovipozice při vysokých teplotách jsou pravděpodobně energeticky nákladnější než při nižších teplotách (Gibbs et al., 2010). Z tohoto důvodu samice přistupují ke strategii, kdy za vyšších teplot zkracují dobu kladení vajíček (Khelifa, 2012). Pro mnoho druhů hmyzu se složitějšími životními cykly, mezi něž patří i váčky je důležité i příhodné tepelné prostředí vajíček a larev. Samice mohou částečně

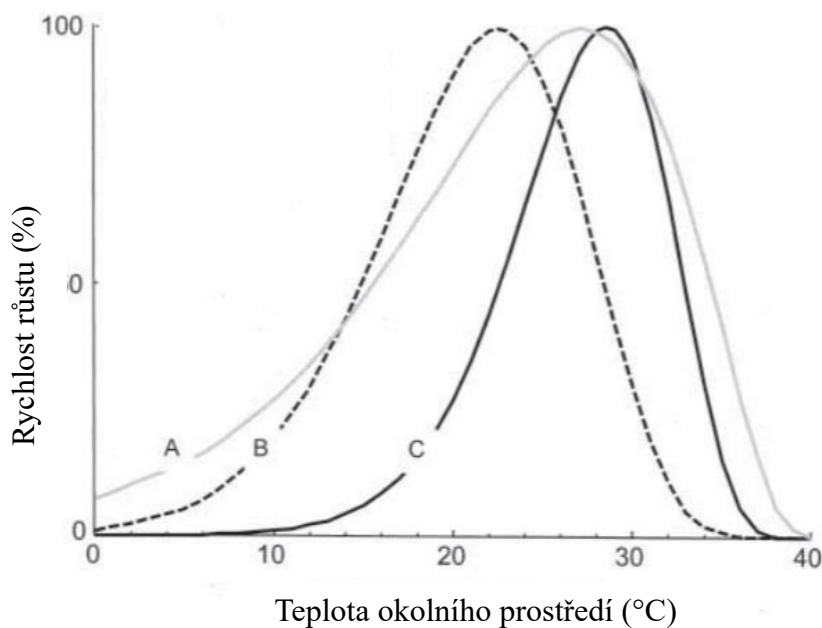
regulovat tepelné podmínky, kterým budou její vajíčka a larvy vystavena změnou místa nebo obdobím kladení (Huey et al., 2012; Stoks et Cordóba-Aguilar, 2012).

### **3.4 Vliv teploty na vývoj a přežití larev vážek**

Vážky tráví většinu života ve formě vodních larev, tudíž se odhaduje, že v těchto vodních stádiích může úmrtnost dosahovat až 99 % (Buskirk et Sherman, 1985). U vážek mají samičky jen omezený vliv na přežití vajíček a larev, jelikož jim nedovedou poskytnout žádnou formu rodičovské péče. Přesto se, ale snaží klást svá vajíčka do míst, která jsou nejvhodnější pro přežití jejich potomstva v raných stádiích larev. Nicméně, s přihlédnutím k tomu, že larvy v pozdějších instarech jsou pohyblivější a pravděpodobně si vybírají vlastní mikrohabitaty, je předpoklad, že chování samic má menší přímý vliv na přežití v těchto fázích (Corbet, 1962). Ideální místa pro kladení vajíček by měla splňovat fyzikální podmínky podporující vývoj, jako je optimální teplota, dostatečná koncentrace kyslíku a proudění vody. Tato místa by rovněž měla poskytovat dostatečné množství potravy pro rostoucí larvy (Buskirk et Sherman, 1985).

Teplota je jedním z hlavních faktorů ovlivňující inkubační dobu vajíček. Inkubace zahrnuje mnoho biochemických a fyziologických procesů, které jsou citlivé na teplotní změny. Vyšší teploty obecně zkracují embryonální vývoj tím, že zvyšují rychlost metabolických dějů uvnitř vajíčka. To může vést ke zkrácení doby potřebné k vylíhnutí. Optimální teplota pro embryogenezi a líhnutí je 30–35 °C a pod 10 °C již u většiny druhů k vývoji nedochází (Pritchard et al., 1996).

Tempo růstu larev vážek je podobně jako u mnoha jiných druhů vodního hmyzu, výrazně ovlivněno teplotou prostředí, ve kterém se vyvíjejí. Každý druh má své vlastní tepelné preference, ale obecně lze pozorovat určitý trend. Při nízkých teplotách je vývoj do značné míry zastaven, zvyšuje se při středních teplotách a poté následuje zpomalení při vysokých teplotách (Dixon et al., 2009; Van Doorslaer et Stoks, 2005).



Obr. 1: Rychlost růstu v závislosti na teplotě u tří druhů larev: A – *Orthetrum coerulescens* – teplotní generalista s vysokou rychlostí růstu v širokém rozmezí teplot, B – *Coenagrion resolutum* – teplotně specializovanější s relativně nízkým teplotním optimem, C – *Crocothemis erythraea* – teplotní specialista s vysokým teplotním optimem (Suhling et al., 2015; upravila T. Nebeská)

Podstatnými faktory vyjadřující závislost rychlosti růstu na teplotě jsou horní a dolní teplotní limity a také optimální teplota. Dolní teplotní limit představuje minimální teplotu, při které mohou larvy růst bez negativního dopadu na jejich vývoj. Tato teplota je klíčová pro aktivaci metabolických procesů a fyziologických funkcí (Suhling et al., 2015). Larvy jsou schopné přežít při relativně nízkých teplotách, přičemž u mnoha druhů je smrtelné minimum pravděpodobně pod 0 °C (Corbet, 1999). Minimální teplota pro růst je však vyšší, nejčastěji od 8 ° do 12 °C. Optimální teplota představuje bod, kde rychlost růstu je nejvyšší. Při této teplotě jsou fyziologické procesy nejlépe regulovány a efektivně využívají dostupné zdroje. Suhling et al. (2015) ve své studii zjišťovali optimální teploty pro 25 druhů. Ukázalo se, že pro převážnou část druhů je optimální teplota výrazně nad 20 °C. Avšak byl nalezen poměrně široký rozsah teplot mezi těmito druhy. Nejnižší optimální teplotu 21, 2 °C vykazoval druh *Coenagrion puella*, naopak nejvyšší 31,9 °C byla u *Amphiagrion abbreviatum*. Horní teplotní limit pak určuje maximální teplotu, kdy růst již nepokračuje (Suhling et al., 2015).

Nicméně samotný vývoj není ovlivněn pouze teplotou prostředí, ale také mezidruhovými a vnitrodruhovými interakcemi (Uzsko et al., 2017). Hrozba predátora

může vyvolat u kořisti různé behaviorální, morfologické a fyziologické reakce. Kořist může snížit svou aktivitu při hledání, změnit své preferované stanoviště a vyvolat obranné mechanismy v reakci na možné nebezpečí predace. Tyto reakce mohou ovlivnit způsob získávání potravy a zvýšit energetické náklady na přežití, a tím i na rychlost růstu kořisti (Lima, 1998). Culler et al. (2014) vyhodnocovali, jak teplota a riziko predace ovlivnily rychlost růstu larev druhu *Enallagma vesperum*. Při absenci rybiho predátora se rychlost růstu larev zvyšovala s rostoucí teplotou až do 23,5 °C, kdy byla rychlost nejvyšší a poté i přes stále se zvyšující teplotu rychlost klesala. Při riziku predace predátorem byla rychlost růstu obecně nižší. Reakce růstových rychlostí na změny teploty byla tedy méně výrazná, když byl přítomen predátor (Culler et al., 2014).

Larvy vážek však nejsou pouze kořisti, ale považují se ve vodním prostředí za velké predátory. Častým jevem je predace mezi vážkami navzájem (včetně kanibalismu), a to jak na vnitrodruhové, tak mezidruhové úrovni (Dolný et al., 2007). Míra predačního tlaku je častokrát spojována s velikostně strukturovanými populacemi (Polis, 1981). Teplota může změnit míru kanibalismu prostřednictvím svého vlivu na růstové a velikostní rozdíly mezi jedinci. Obecně vyšší teploty podporují růst a vývoj, takže malé počáteční rozdíly ve velikosti mezi jedinci se mohou v průběhu času výrazně zvětšit, když jsou jedinci schopni dosáhnout maximální rychlosti růstu. Zároveň s vyššími teplotami roste i aktivita, která může zvyšovat stupeň setkávání mezi jedinci (Crumrine, 2010). V souladu s uvedenými předpoklady jsou i výsledky studie prováděné Star et al. (2017), kdy se vnitrodruhový kanibalismus u *Lestes congener* zvyšoval s rostoucí teplotou v důsledku zvýšené míry aktivity a rozdílů ve velikosti těla zvýšením rychlosti růstu (Star et al., 2017).

S ohledem na stále se zvyšující teplotu prostředí v důsledku oteplování klimatu může docházet ke změnám životní historie organismů. Larvy mohou v souvislosti s oteplováním vykazovat zrychlený růst. Nicméně, tento urychlený vývoj může mít dopady na jejich přežití (McCauley et al., 2015). Při experimentálním chování larev druhu *Enallagma civile* ve čtyřech teplotních režimech vody, které představují současné (26 °C) a očekávané budoucí podmínky, které mohou nastat při oteplování klimatu (32, 38, 41 °C). Larvy chované ve dvou teplejších vodách byly menší a měly větší úmrtnost, zatímco jedinci v chladnějších vodách byly větší a přežívaly do dospělosti (Starr et McIntyre, 2020). U larev druhu *Ischnura elegans* zase chování při

vyšších teplotách a s tím spojené fyziologické náklady na zrychlený růst způsobily sníženou odolnost proti chladu (Stoks et de Block, 2011).

Stále více důkazů naznačuje, že oteplování klimatu působí především na sezónní načasování aktivity organismů, tj. jejich fenologii. Pokroky ve fenologii mohou zahrnovat několik dní až týdnů ve srovnání s historickými záznamy (Parmesan, 2006). Například McCauley et al. (2015) došli k závěru, že zvýšení teploty o 5 °C ve vývojovém biotopu larev, urychlí vývoj a posune načasování líhnutí dospělců přibližně o 3 týdny. Fenologie může mít řadu účinků na ekologické procesy a fenologické posuny mohou vést k tomu, že ovlivní synchronizaci klíčových činností s dostupností potravy nebo vhodných stanovišť. Druhy, které zažívají fenologické posuny, mohou být vystaveny interakcím s jinými skupinami druhů nebo odlišnými vývojovými stadii druhů, se kterými dříve interagovaly. Tato nová situace může pozměnit výsledky mezidruhových vztahů (Yang et Rudolf, 2010).

### **3.5 Teplota těla a termoregulace**

Vážky se řadí mezi poikilotermní a ektotermní organismy. Jedná se tedy o živočichy, kteří si nedokáží stabilně udržet tělesnou teplotu, a proto jsou odkázáni na zdroj tepla z vnějšího prostředí. V určitých situacích a po omezenou dobu mohou využívat teplo produkované během svého metabolismu a v některých ohledech, se tak přibližují endotermním organismům (Corbet, 1999). Tato částečná endotermní schopnost představuje mnoho výhod. Jsou schopni použít komplex termoregulačních strategií a nečekají pasivně na optimální teplotu svého prostředí. V rámci termoregulačních strategií se uplatňují dva mechanismy behaviorální termoregulace, postavená na fyzikálních mechanismech a využití externího tepla a fyziologická termoregulace, založená na vytvoření a zúžitkování metabolického tepla (Corbet et May, 2008).

S ohledem na životní strategie spojené s termoregulací lze vážky rozdělit na dvě skupiny tzv. perchers a fliers. Perchers tráví většinu času na různých typech podkladu (břehová vegetace, kameny, větve, ...) odkud se vydávají shánět potravu a rozmnožovat se, jsou typičtí heliotermové (Corbet, 1999; Corbet et May, 2008). Tělesnou teplotu regulují pomocí orientace těla ke slunci. Pro zvýšení teploty se především vyhřívají na osluněných místech (Corbet et May, 2008). Naopak ke snížení teploty vyhledávají stinná místa nebo zaujímají postoj obelisku, který spočívá ve

zvednutí břicha svisle nad hlavu. V tomto případě břicho funguje jako slunečník chránící hrudník před tepelným zářením. Díky tomuto postoji mohou snížit ozáření až o 50 % (May, 1976). V rámci skupiny perchers je možno ještě rozlišit dvě podskupiny. Malý perchers mají vysoce závislou tělesnou teplotu na okolní teplotě, kvůli jejich menšímu vzrůstu a špatné izolaci. V důsledku toho je u nich velmi nepravděpodobné přehřátí. Tato skupina je tvořena zejména malými druhy z podřádu Zygoptera. Velcí perchers mají větší velikost těla. Vzhledem k tomu, že schopnost těla absorbovat teplo z okolního prostředí se zvyšuje s velikostí organismu, velcí perchers mohou efektivněji zvyšovat teplotu svého hrudníku než jejich menší protějšky. Tato skupina je více heterogenní, protože zahrnuje druhy z obou podřádů. Perchers tedy upravují svou tělesnou teplotu především orientací těla ke slunci, volbou mikrohabitátů a přizpůsobením denní aktivity (Corbet et May, 2008).

Skupina fliers většinu času tráví v letu, proto mají malou schopnost ovládat svou orientaci ke slunci. Jejich termoregulace je tedy založená především na endotermii spojená s dobrou izolací subkutikulárními vzduchovými vaky. Za nízkých okolních teplot využívají víření křídel, které slouží ke zvýšení jejich hrudní teploty a zároveň pro zabránění ztráty tepla, omezují cirkulaci hemolymfy z hrudníku do břicha. Při dosažení vysokých tělesných teplot, obvykle spojených s dlouhou letovou aktivitou, ochlazují své tělo zvýšeným tokem hemolymfy, což jim umožňuje odvádět teplo. Některé druhy pro zvýšení účinku břišní cirkulace ohýbají břicho během letu tak, aby jeho povrch směřoval proti větru (Corbet et May, 2008). Navíc regulace hrudní teploty pomocí cirkulace hemolymfy nemusí být jen mezi hrudníkem a břichem. May (1995) zjistil, že u vážky *Anax junius* probíhá výměna tepla rovněž mezi hlavou a hrudníkem (May, 1995). Pro vyrovnání tělesné teploty často záměrně střídají výkonný let s výraznou svalovou činností s plachtěním, kdy šetří energii a snižují rychlost produkovaného tepla létacími svaly (Dolný et al., 2007). Endotermní způsobilost umožňuje fliers být činný po delší dobu během dne nebo v sezóně. Druhy vážek, které podnikají dlouhé lety jsou častokrát aktivní před východem a po západu slunce, což není případ u druhů ze skupiny perchers (May, 1976).

Na termoregulaci se u hmyzu může podílet také tracheální systém (Lahondère, 2023). U vážek se touto problematikou zabýval ve své studii Miller (1962), kde popsal význam pohybů hrudních průduchů pro termoregulaci souběžně s jejich respirační funkcí. Když je teplota prostředí vysoká, vážky mohou otevřít své hrudní průduchy,

což jim umožňuje zvýšit proudění vzduchu a tím urychlit ochlazování těla. Zabrání se tedy přehřátí a udržuje se optimální teplota těla. Naopak při nízkých teplotách mohou přistoupit k uzavření hrudních průduchů, aby minimalizovaly tepelné ztráty a udržely si teplo v těle (Miller, 1962).

Daviche (2021) ve své studii zpozoroval dosud nepopsané termoregulační chování u dvou druhů (*Anax junius* a *Rhionaeschna multicolor*) z čeledi Aeshnidae. Dospělí jedinci měli ve zvyku se při velmi vysokých okolních teplotách (> 43 °C) během nejteplejší části dne, částečně ponořit do vody. Teorie předpokládá, že částečné ponoření při vysoké teplotě plní termoregulační funkci tím, že usnadňuje odvod tělesného tepla z břicha (Daviche, 2021).

Druhy, které žijí v horkém prostředí musí čelit extrémním teplotám a překonávat omezení spojená s přehřátím. U některých se vyvinuly pozoruhodné adaptace pro regulaci tělesné teploty, často ve formě anatomických struktur, které slouží jako "tepelná okna" k odvádění nadbytečného tepla a ochlazování těla. Například u vážek *Zenithoptera lanei* jsou jejich křídla pokryta voskovými nanokrystaly, která dovedou odrážet infračervené a ultrafialové světlo. Kromě toho mají křídelní membránu propletenou složitým systémem průdušnic a ty se podílejí na akumulaci a odvodu tepla v závislosti na poloze samotného křídla (Guillermo-Ferreira et Gorb, 2021).

Termoregulační vlastnosti mohou v konečném důsledku určovat obsazení ekologické niky a preferovaného stanoviště v rámci ekosystému (De Marco et al., 2015). S narůstajícími termoregulačními schopnostmi klesá teplotní omezení spojené s prostředím. Nicméně u druhů s minimální možností termoregulace je ještě důležitější vybrat odpovídající mikrostanoviště, která vyhovují jejich fyziologickým potřebám, minimalizují tepelný stres a udržují jejich životaschopnost (Lahondère, 2023).

## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Všechny vybrané lokality se nacházejí ve střední části středních Čech v oblasti Polabí. Převažující reliéf má charakter roviny s výškovou členitostí do 30 m, pouze v oblasti výskytu výrazných vyvýšenin tzv. svědeckých vrchů má charakter ploché pahorkatiny s členitostí v rozmezí 30 až 75 m (Culek et al., 2013). Nadmořská výška se pohybuje od 150 m n. m. do 300 m n. m. (Ložek et al., 2005). Hlavní geomorfologické celky tvoří Mělnická a Nymburská kotlina spadající do Středolabské tabule a Tereziánská kotlina spadající do severovýchodní části Dolnooharské tabule (Culek et al., 2013; Demek et Mackovčín, 2013). Téměř na celém území převažují sedimenty kvartéru, které v různé míře zastupují písčité až jílové hlíny labské nivy, štěrkopísky až písky nižších teras, které rozsáhle pokrývají obvod nivy. Na nízkých terasách, které obklopují nivu, lze nalézt i větší oblasti písečných přesypů nebo vátých písků. Starší podloží se nachází na hranách teras a ojedinělých svědeckých vyvýšenin, které převážně pozůstává z turonských slínovců nebo opuk. Slínovce tvoří také podklad kotlin při okrajích oblasti. V Mělnické kotlině se nacházejí mocná ložiska jezerních kříd a vápnitých slatin pozdně glaciálního až časně holocenního stáří (Culek et al., 2013; Ložek et al., 2005).

Podnebí v oblasti je značně teplé. Podle Quitta (1971) se Polabí nachází v teplé klimatické oblasti T2. Roční průměrná teplota vzduchu se pohybuje v rozmezí 7,5 – 8,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek je v rozmezí 500–600 mm, kdy srážky stoupají od západu k východu (Culek et al., 2013; Ložek et al., 2005).

V místech terasových štěrkopísků vystupují ardenické kambizemě, na vátých píscích málo vyvinuté půdy typu kyselých rankerů. Na rozsáhlých plochách spraší se vyvinuly černozemně, které často přechází do černozemích hnědozemní a hnědozemí. Na slínech a opukách se vyskytují kambizemní až perlické pararendziny. V Mělnické kotlině se vyskytují i typické černice. V rozsáhlém pásu nivy Labe převažuje fluvizem typu vegy narudlé barvy s ostrůvky glejových půd v zazemněných ramenech řeky (Culek et al., 2013; Ložek et al., 2005).

Celé Polabí spadá do povodí Labe. Nejvýznamnější vodní toky na území jsou řeky Labe a Vltava, které se u Mělníka stékají a dochází tak ke spojení dvou největších českých řek. Řeka Labe zároveň tvoří osu celé oblasti. Dalšími významnými toky jsou



Jizera, Liběchovka a Pšovka. Z části patří region do chráněné oblasti přirozené akumulace vod Severočeská křída, v níž jsou významné zdroje podzemní vody (Ložek et al., 2005).

Z hlediska fytogeografického členění patří Polabí do oblasti termofytika. Flóra je poměrně rozmanitá, kdy převažují soubory nivních druhů středoevropského typu. Zvláště na slatinách, které mají reliktní charakter, se vyskytují i exklávní prvky a výjimečně i endemity. Vzhledem k tomu, že krajina regionu je dosti pozměňená hospodářskou činností a vodohospodářskými úpravami nachází se zde ve větší míře náhradní společenstva kulturní stepi a druhotná lesní stanoviště. V nivě Labe jsou zachovány pozůstatky lužních lesů, v současné době již v podstatě nezaplavované. K významným druhům patří např. kavyly (*Stipa sp. div.*), mochna písečná (*Potentilla arenaria*), ostřice nízká (*Carex humilis*), sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*), česnek medvědí (*Allium ursinum*) (Culek et al., 2013; Ložek et al., 2005).

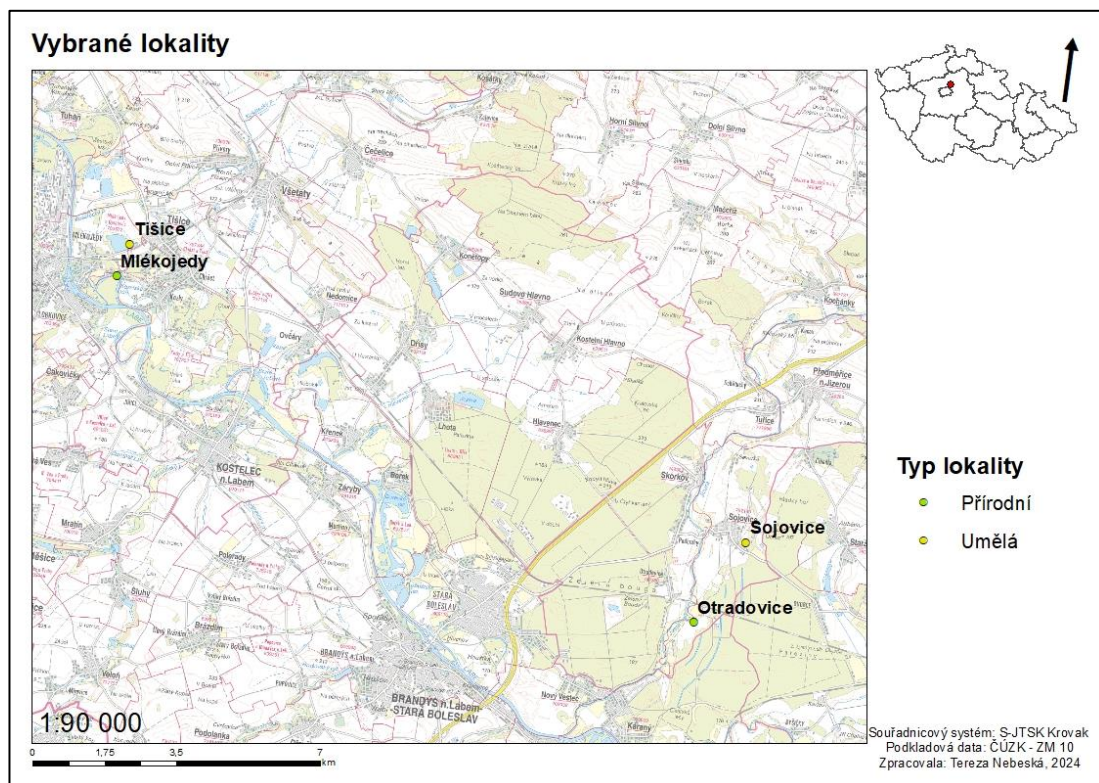
Větší živočichové patří převážně k běžnějším druhům české kulturní krajiny. Význam mají především polabské luhy, v nichž kromě běžné lesní fauny žije datel černý (*Dryocopus martius*), slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*) a cvrlička říční (*Locustella fluviatilis*), z bezobratlých pak typičtí plži *Aegopinella nitidula* a *Trichia sericea*. V území se nachází poslední naleziště kriticky ohroženého hnědáka osikového v České republice (Culek et al., 2013; Ložek et al., 2005).

## 4.2 Výběr lokalit

Vybrané lokality pro experimentální část mé diplomové práce se nacházely v oblasti Polabí, protože zde panují vhodné podmínky pro uskutečnění experimentu. Při výběru bylo hlavní prioritou zvolit takové území ve kterém se v dostatečné blízkosti nacházejí jak přirozené vodní plochy, tak uměle vytvořené, aby bylo možné porovnat různorodá prostředí, a zároveň v oblasti panují stejné výchozí podmínky prostředí, jako je podnebí, nadmořská výška, srážky a další.

Pro experiment byly vybrány celkem čtyři lokality: Mlékojedy, Tišice, Otradovice a Sojovice. První dvě lokality se nachází u města Neratovice. Lokalita Mlékojedy je přírodního původu, kdy se jedná o mrtvé rameno řeky Labe. Lokalita Tišice je umělého původu vzniklá zatopením pískovny. Další dvě lokality, opět jedna přírodního původu a jedna umělého původu, leží poblíž města Čelákovice. Lokalita

Otradovice (přírodní) je mrtvé rameno řeky Jizery a Sojovice (umělá) je zatopená písčovina.



Obr. 2: Studijní lokality v oblasti Polabí

### 4.3 Sběr dat

Terénní výzkum byl realizován po dobu dvou měsíců od srpna do září roku 2023. V tuto dobu byly na vybrané čtyři lokality umístěny datalogery (typ HOBO Pendant Temperature/Light), které zaznamenávaly teplotu vodního prostředí. Na lokalitách bylo důležité rozmístit datalogery tak, aby teplota vody byla měřena v jejich různých částech. Nejčastěji byly umístěny podél břehu, kde se vyskytovala břehová vegetace. Při instalaci byly jednotlivé datalogery pečlivě označeny identifikačním číslem (Příloha 9) a zdokumentovány fotografií (Příloha 10). Dále byla popsána okolní vegetace. Z vegetace se nejvíce vyskytovala vrba (*Salix*), bika (*Luzula*) a sítina (*Juncus*). Celkem bylo na každou lokalitu rozmístěno 6 datalogerů po dobu jednoho týdne. Po uplynutí této doby byly datalogery vyzvednuty a zaznamenaná data byla nahrána pro další zpracování do počítače. Původním záměrem bylo umístit

dataloggery na celkem dvanáct lokalit, ale v důsledku panování nepříznivého počasí v době sběru dat, kdy bylo obtížné zjišťovat potřebná data o dospělých vážek, byly vybrány pouze některé lokality.

Data o dospělých vážek byla sbírána ve slunečných a teplých dnech (nad 22 °C), kdy jsou ideální podmínky na pozorování vážek. Nejprve jsem každou lokalitu prošla a vymezila si pozorovací transekt. Stanovené transekty měly přibližně rozměry 20 x 20 metrů. Tyto úseky jsem ve vymezené době 20 minut systematicky procházela s cílem pozorovat tandemy vážek při němž je spojen sameček se samičkou. Během sledování jsem se zaměřila pouze na rod *Sympetrum* spp. Při spatření tandemu jsem si pečlivě zaznamenala místo, kde byl tandem zpozorován. Toto bylo důležité pro další část výzkumu, protože bylo nutné rozlišit místa, kde na lokalitě dochází ke kopulaci a následné ovipozici a kde ne. Jednotlivé tandemy jsem se zároveň snažila zachytit pomocí entomologické sítě a rozbít. Poté jsem srovnávala, jak se lokality od sebe liší počtem výskytů tandemů. Lokality jsem pravidelně navštěvovala v časovém intervalu od 9:00 do 15:00 hodin. Tento postup jsem prováděla po celou dobu výzkumu. V rámci experimentu jsem každou lokalitu navštívila pětkrát.

Pro experiment byly vybrány vážky rodu *Symetrum* spp., patřící do čeledi Libellulidae. V České republice se zástupci tohoto rodu nejčastěji vyskytují v nižších až středních polohách. Dospělí samečci se vyznačují oranžovým až rudým zadečkem. Někteří mají na bázi zadních křídel žlutou skvrnu. Na hrudi podél švů se nacházejí tmavé pruhy. Tyto druhy obývají různé typy stojatých nebo mírně tekoucích vod, včetně rašelinišť. Pro jejich výskyt je velmi důležitá bohatě rozvinutá břehová vegetace. Samci často přebývají v blízkosti vodních biotopů ve větším počtu, kde většinu času hlídají poblíž míst vhodných míst pro ovipozici. Naopak samice se častěji vzdalují od vody. Kladení vajíček obvykle probíhá v tandemu (Dolný et al., 2016).

## 4.4 Statistická analýza

V rámci experimentu bylo vyhodnocení dat provedeno formou statistické analýzy v programu R verze 4.2.3 (R Core Team, 2023). První testovaná otázka byla, jestli existuje rozdíl mezi průměrnou teplotou vody mezi místy, kde byla zjištěná ovipozice vážek a kde neprobíhala ovipozice. Testovaná nulová hypotéza vyjadřovala, že průměrná teplota vody se neliší mezi místy. K otestování byl vytvořen obecný smíšený lineární model s normálním rozdělením chyb, kde vysvětlovanou proměnnou byla průměrná teplota vody za daný konkrétní den. Vysvětlující proměnnou byla přítomnost kladoucích jedinců o dvou kategoriích (bez ovipozice a s ovipozicí). Jako náhodný efekt byla zahrnuta proměnná lokalita. Tato proměnná byla zahrnuta, protože teplota byla zjišťována z různých míst na jednotlivých lokalitách.

Dalšími testovanými otázkami byly, jestli se liší průměrná, maximální a minimální teplota mezi místy, kde nedocházelo k ovipozice a kde byla zaznamenána ovipozice, na jednotlivých sledovaných lokalitách. K hodnocení byl vytvořen pro každou teplotu zvláštní obecný lineární model s normálním rozdělením chyb, kde vysvětlovanou proměnnou byla hodnocená teplota (průměrná/maximální/minimální) za daný konkrétní den. Vysvětlující proměnnou bylo místo na dané lokalitě o dvou kategoriích (bez ovipozice a s ovipozicí).

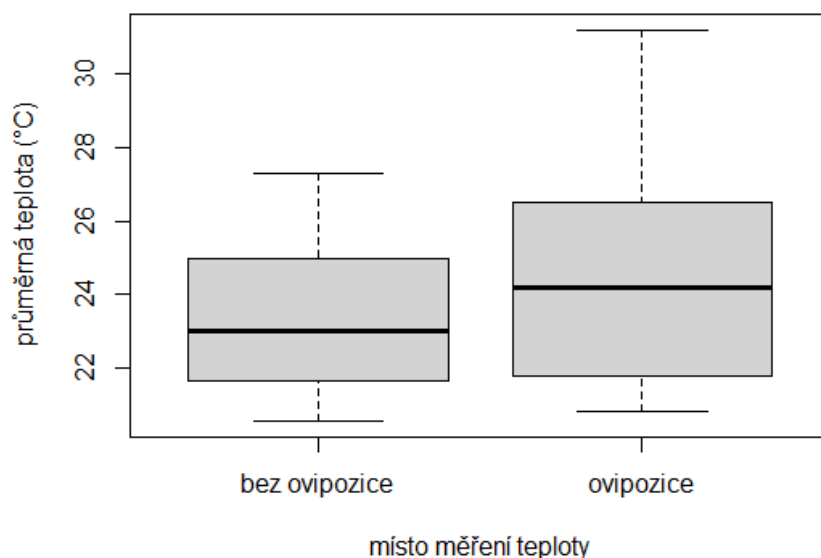
Dále nás také zajímalo, jak se liší průměrná teplota v místech, která si jedinci (tandemy) během ovipozice vybíraly, mezi přírodními a umělými stanovišti. Tato otázka byla testována pomocí obecného smíšeného modelu s normálním rozdělením chyb, kde náhodným efektem byl efekt lokality a vysvětlovanou proměnnou byla průměrná teplota za daný konkrétní den. Vysvětlující proměnnou byl typ stanoviště (přírodní/umělé).

Vzhledem k tomu, že použité dataloggery poskytovaly i data ohledně intenzity osvětlení bylo do experimentu zařazeno, jestli se liší průměrná intenzita osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice. K vyhodnocení byl opět použit obecný smíšený model s normálním rozdělením chyb. Vysvětlovaná proměnná zde byla průměrná intenzita osvětlení za jednotlivé dny. Vysvětlující proměnná byla opět přítomnost kladoucích jedinců (bez ovipozice/ovipozice). Jako náhodný efekt byl zahrnut efekt lokality.

K vyhodnocení všech modelů byla použita funkce „lmer“, knihovna „lme4“ (Bates et al, 2015). Nulové hypotézy byly zamítány na hladině významnosti  $P < 0,05$ . V rámci statistické analýzy byl také pro všechny testované otázky vytvořen krabicový graf prostřednictvím funkce boxplot.

## 5 Výsledky

Na základě naměřených teplot v průběhu experimentu bylo podle očekávání zjištěno, že teplota vody se mění na jednotlivých místech v rámci sledovaných lokalit. Statistická analýza ukázala, že průměrná teplota vody se signifikantně liší mezi místy, kde nedochází k ovipozici u vážek a kde byla ovipozice zaznamenána ( $F = 8,175$ ;  $P = 0,005$ ). Z přiloženého krabicového grafu (obr. 3) je patrné, že vyšší průměrné teploty vody byly zaznamenány na místech, která samice preferovala pro kladení svých vajíček. Oproti tomu, místa, kde byly naměřeny nižší průměrné teploty vody, a tudíž voda byla chladnější, samice pro kladení nevyhledávala. Z toho lze usuzovat, že samice pravděpodobně při výběru dávají přednost teplejším místům.



Obr. 3: Graf znázorňující průměrné teploty v místech bez ovipozice a s ovipozicí

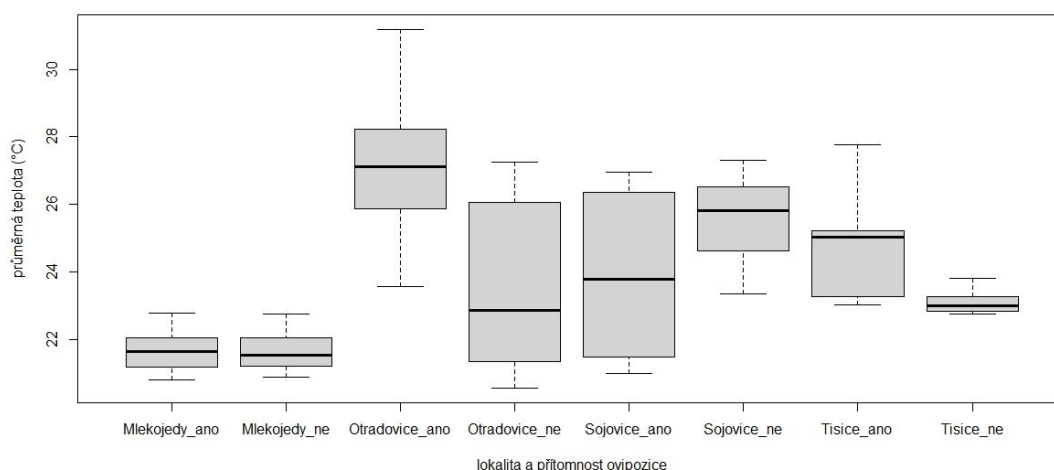
Další otázka byla, jestli se liší průměrná, maximální a minimální teplota vody mezi místy bez přítomnosti a s přítomností ovipozice na jednotlivých lokalitách. Statistická analýza prokázala, že průměrná teplota vody se na jednotlivých lokalitách signifikantně liší mezi místy, kde byla pozorována ovipozice a kde nebyla ( $F = 27,104$ ;  $P < 0,001$ ). Maximální a minimální teploty vody se také významně lišily mezi místy bez přítomnosti a s přítomností ovipozice s výslednou  $P$  hodnotou pro obě teploty menší než 0,001. Pro maximální teplotu byla  $F = 9,204$  a pro minimální teplotu se  $F = 18,077$ .

V následující tabulce (obr. 4) je uvedena celková průměrná teplota vody vypočítána z průměrných teplot za konkrétní dny a směrodatná odchylka pro průměrnou teplotu na místech bez ovipozice a s ovipozicí na sledovaných lokalitách. Dále je zobrazena nejvyšší maximální naměřená teplota, nejnižší naměřená minimální teplota, průměrná maximální teplota, průměrná minimální teplota a směrodatné odchylky pro maximální a minimální teplotu vody v místech, kde se nevyskytovaly tandemy a kde, byly zaznamenány na sledovaných lokalitách.

Lokallita	Přítomnost ovipozice	Průměrná teplota (°C)	Směr. odchylka prům. teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Prům. max. teplota (°C)	Směr. odchylka max. teplota (°C)	Minimální teplota (°C)	Prům. min. teplota (°C)	Směr. odchylka min. teplota (°C)
Mlékojedy	ano	21,66	0,59	28,46	24,79	1,74	19,19	19,82	0,51
Mlékojedy	ne	21,65	0,61	27,27	24,69	1,61	19,19	19,89	0,54
Otradovice	ano	27,13	2,01	33,43	29,52	1,67	20,62	25,39	2,53
Otradovice	ne	23,53	2,47	35,86	27,90	2,72	17,48	21,10	3,43
Sojovice	ano	23,88	2,22	41,23	27,68	4,37	18,05	21,10	2,55
Sojovice	ne	25,56	1,25	29,85	28,85	1,28	20,52	23,24	1,63
Tišice	ano	24,62	1,35	41,58	29,31	5,34	21,47	23,20	1,42
Tišice	ne	23,11	0,34	26,98	25,18	1,01	21,57	21,99	0,31

Obr. 4: Tabulka s vybranými teplotami na místech bez ovipozice a s ovipozicí na sledovaných lokalitách

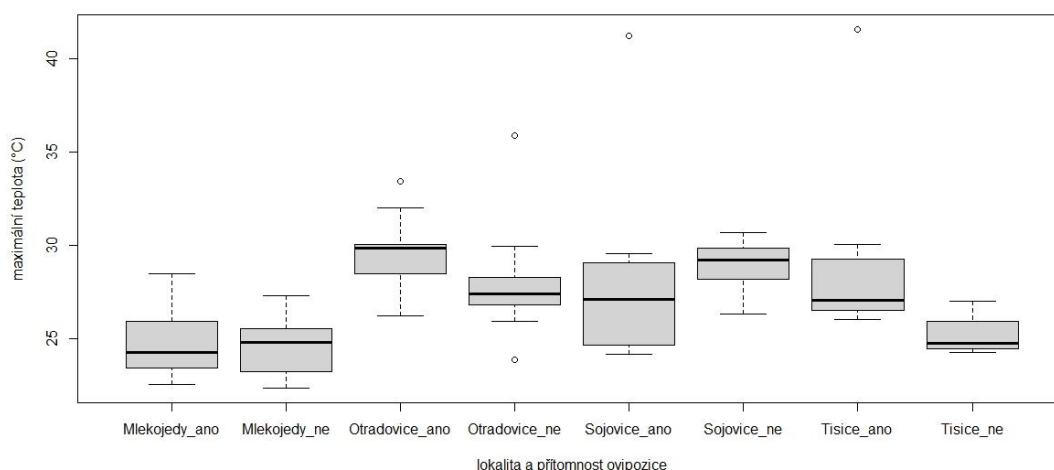
Na krabicovém grafu (obr. 5) pomocí, kterého jsou porovnávány průměrné teploty vody mezi místy s ovipozicí a bez na jednotlivých lokalitách je vidět, že rozdíl v teplotách je mezi lokalitami poměrně velký. Zároveň se ukazuje, že jsou i velké rozdíly průměrných teplot mezi místy v rámci sledovaných lokalit. Výjimkou byla lokalita Mlékojedy, kde tento trend neplatí. Zaznamenané teploty na všech místech v rámci této lokality byly relativně nízké. Na všech lokalitách s výjimkou lokality Sojovice dosahovaly vyšší průměrné teploty vody v místech, kde samice vajíčka kladla (i když u lokality Mlékojedy byl rozdíl jen velmi nepatrný). Nejvyšší průměrné teploty byly naměřeny na lokalitě Otradovice v místech s přítomností ovipozice, na těchto místech byla také úplně nejvyšší průměrná teplota. Nejvíce se průměrná teplota vody během měření měnila na místech bez ovipozice u lokality Otradovice a na místech vyhledávaných pro ovipozici u Sojovic.



*Obr. 5: Graf znázorňující průměrné teploty na místech bez ovipozice a s ovipozicí na sledovaných lokalitách*

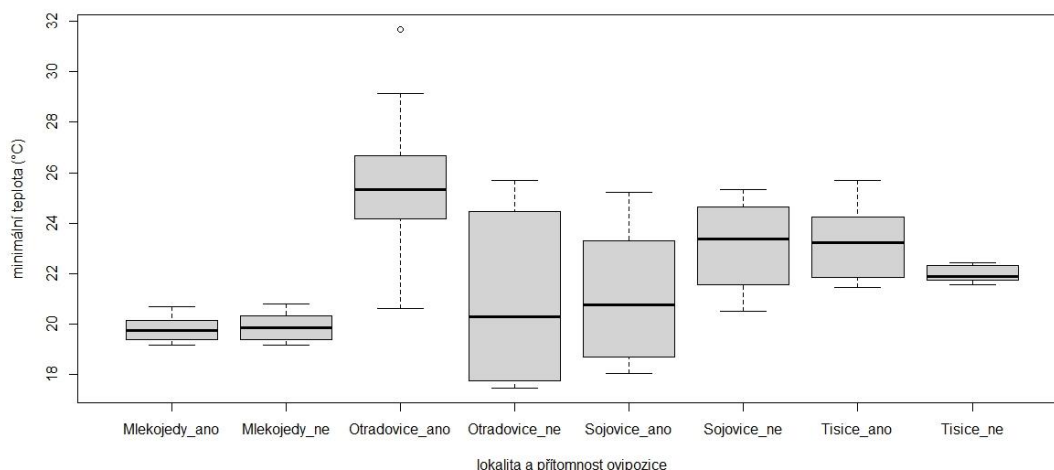
Maximální teploty vody byly, jak mezi místy uvnitř sledovaných lokalit, tak mezi lokalitami již více vyrovnané oproti průměrným teplotám (obr. 6). U většiny lokalit se maximální teploty vody na jednotlivých místech měření nejčastěji pohybovaly v rozmezí 25–30 °C. Nejmenší rozdíl v maximálních teplotách byl zjištěn mezi místy bez ovipozice a místy s ovipozicí u Mlékojed, kde byly naměřené teploty nejstabilnější, ale také nejnižší. Celkově nejvyšší maximální teploty, byly v průběhu experimentu zjištěny na místech, která byla samicemi preferovaná pro ovipozici na lokalitě Otradovice. Nicméně nejvyšší maximální teplota (41,58 °C) byla změřena na lokalitě Tišice v místech, kde probíhala ovipozice.





*Obr. 6: Graf znázorňující maximální teploty na místech bez ovipozice a s ovipozicí na sledovaných lokalitách*

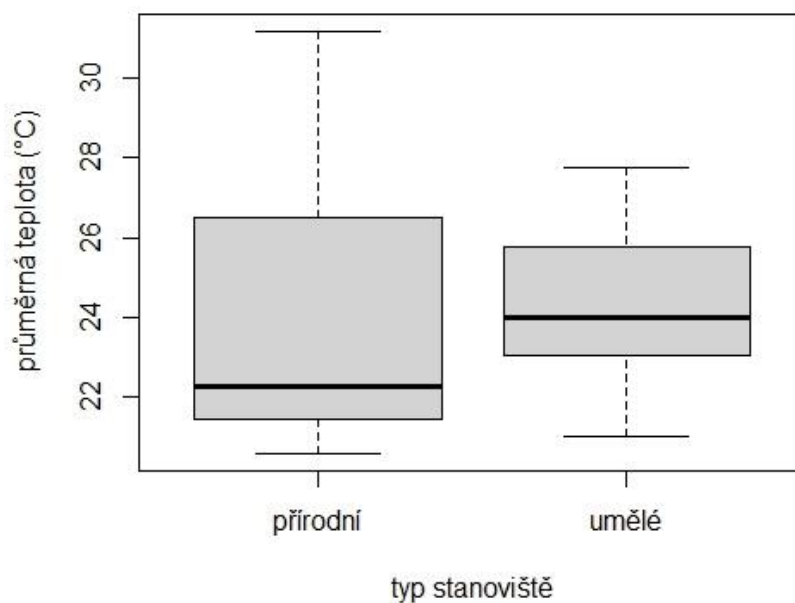
Příložený graf (obr. 7) znázorňuje podobné výsledky také u minimální teploty vody i zde je rozdíl v naměřených teplotách mezi lokalitami. Pro většinu lokalit také platí, že byly naměřeny jiné minimální teploty na místech s přítomností ovipozice a bez ovipozice. Na lokalitě Mlékojedy to ovšem neplatilo, zde se teploty pohybovaly ve stejném rozmezí. Stejně jako v případě maximálních teplot vody byly nejvyšší minimální teploty naměřeny na lokalitě Otradovice na místě, kde byly zpozorovány tandemy vážek. Zde byla také naměřena nejvyšší minimální teplota a to 31,68 °C. Na místech bez ovipozice u lokality Otradovice byl velmi vysoký rozptyl naměřených minimálních teplot vody, rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší minimální teplotou činil přes 8 °C.



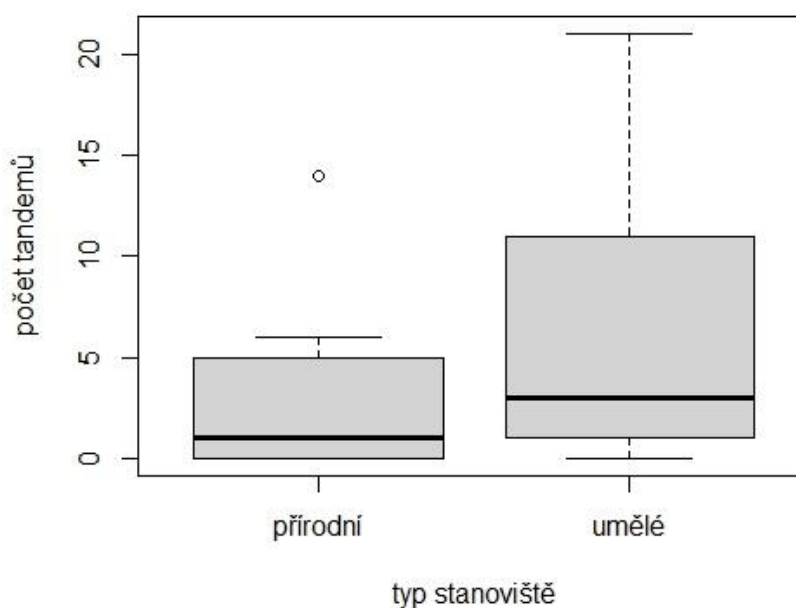
*Obr. 7: Graf znázorňující minimální teploty na místech bez ovipozice a s ovipozicí na sledovaných lokalitách*

V rámci statistické analýzy bylo také testováno, jestli se liší průměrná teplota mezi přírodními a umělými typy stanovišť. Výsledek statické analýzy ukázal, že průměrná teplota se významně neliší mezi přírodními a umělými typy stanovišť ( $F = 0,091$ ;  $P = 0,792$ ). U umělých stanovišť se však celkově pohybovaly průměrné teploty ve vyšších hodnotách než na přírodních stanovištích. Voda na umělých stanovištích tak byla ve výsledku teplejší. Zároveň u přírodních stanovišť byl naměřen větší rozsah průměrných teplot vody oproti umělým stanovištím. To značí, že u umělých stanovišť byla nižší variabilita v teplotách mezi jednotlivými místy, kde byla teplota měřena (obr. 8).

Pro srovnání atraktivity mezi přírodními a umělými stanovišti, kde byly umístěny datalogery přikládám graf s počty zaznamenaných tandemů (obr. 9). Během experimentu bylo na umělých stanovištích zaznamenáno více tandemů, nicméně počty se u nich v průběhu jednotlivých návštěv více měnily. Naproti tomu přírodní stanoviště vykazovala větší stabilitu v zaznamenaných počtech tandemů.



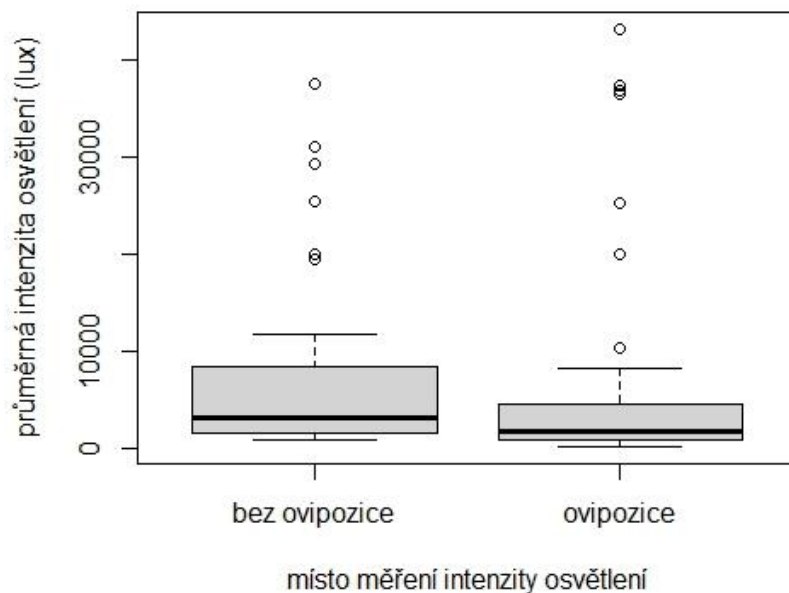
Obr. 8: Graf znázorňující průměrné teploty na přírodních a umělých stanovištích



Obr. 9: Graf znázorňující počty tandemů na přírodních a umělých stanovištích

Jako doplňkový parametr byl do experimentu zařazen rozdíl průměrné intenzity osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice. Statistická analýza nepotvrdila, že by se průměrná intenzita osvětlení významně lišila mezi místy, která vážky upřednostňují pro kladení a která nevyhledávají ( $F = 0,431$ ;  $P = 0,513$ ). Do jisté míry, avšak rozdíl

v průměrné intenzitě mezi místy byl (obr. 10). Na místech bez ovipozice se intenzita osvětlení v průběhu měření více měnila než u míst s ovipozicí. Na těchto místech byla také průměrná intenzita osvětlení o něco větší.



Obr. 10: Graf znázorňující průměrnou intenzitu osvětlení v místech bez ovipozice a s ovipozicí

## 6 Diskuse

V rámci této diplomové práce jsem zkoumala chování samic vážek při výběru prostředí pro kladení svých vajíček. Kladení vajíček představuje zásadní etapu v životním cyklu většiny druhů hmyzu, neboť zajišťuje zachování a pokračování druhu (Corbet, 1999). Na základě statistických analýz bylo prokázáno, že teplota prostředí ovlivňuje preferenci samic při výběru vhodných míst pro kladení vajíček. Samice při ovipozici projevovaly preferenci k místům s vyšší teplotou vody, před místy s teplotou nižší. Tato skutečnost naznačuje, že teplota vody hraje jednu z nejdůležitějších rolí při rozhodování samic vážek ohledně vhodných míst pro kladení. Samice se při výběru pravděpodobně snaží najít takové místo, které bude z hlediska teplotních podmínek optimální pro vývoj vajíček a poté také larvám (Buskirk et Sherman, 1985). Vajíčka vážek potřebují pro svůj ideální embryonální vývoj a následné líhnutí larev poměrně vysoké teploty, kdy se za optimální rozmezí teplot považuje 30 až 35 °C (Pritchard et al., 1996). Se zvyšující teplotou se vajíčka vyvíjejí rychleji. Ideální teploty pro nejrychlejší vývoj vajíček nemusí vždy zaručit nejvyšší úspěšnost líhnutí. Často se ukazuje, že líhnutí larev dosahuje maximální úspěšnosti při teplotách, které jsou o něco nižší než ty, které podporují nejrychlejší vývoj (Dallas et Ross-Gillespie, 2015). Pro celkově vyšší teploty na místech s ovipozicí může být jedním z vysvětlení, že se samice snažily na lokalitách preferovat taková místa, kde se teplota vody co nejvíce přiblížila těmto optimálním teplotám.

Výskyt kladoucích jedinců na místech s vyšší teplotou vody však nemusel být motivován pouze tím, že na těchto místech mohou být výhodnější teplotní podmínky pro vývoj vajíček a larev, ale také pro dospělce vážek. Vážky jako ektotermní živočichové jsou závislé na teplotě prostředí (Corbet, 1999). Vyšší teplota vody mohla znamenat také celkově teplejší mikrostanoviště, kde vyšší okolní teplota mohla být spojena s delším aktivním obdobím pro dospělce vážek. To může vést k častějšímu setkávání samců a samic, a tím se i zvyšuje příležitost pro kopulaci. Například Tsubaki et al. (2010) uvádí, že samci nacházející se na místech s vyšší teplotou, měli větší tepelný zisk z okolního prostředí, díky němuž jejich vyšší tělesná teplota zvyšovala intenzitu námluv a zároveň měli také větší úspěšnost kopulace se samicemi než samci nacházející se v místech s nižší teplotou.

Při zjišťování, jestli se liší průměrná teplota vody mezi místy bez přítomnosti ovipozice a místy s přítomností kladoucích jedinců na jednotlivých lokalitách statická analýza potvrdila, že se teplota signifikantně liší. Zároveň bylo také zjištěno, že se na jednotlivých místech napříč lokalitami průměrné teploty vody dosti lišily. Na některých místech se pohybovaly teploty jen kolem 21, 5 °C, zatímco na jiných byly v rozmezí 23–26 °C. Na jednom dokonce dosahovaly až přes 27 °C. Tento jev se dal poměrně očekávat a je pravděpodobně způsoben charakterem prostředí jednotlivých lokalit. Samice ne vždy u všech lokalit preferovaly pro kladení, místa s vyššími teplotami vody. Lokalita Sojovice vykazovala opačný trend oproti ostatním lokalitám, kdy na této lokalitě byly vyšší průměrné teploty vody na místech bez ovipozice. Vzhledem k tomu, že lokalita Sojovice byla jedna z nejteplejších, průměrné teploty vody na místech bez ovipozice byly jedny z nejvyšších, samice mohly volit místa s nižší teplotou, protože vyšší teploty nemusí být vždy nejvýhodnější pro následný vývoj larev. Se zvyšující teplotou dochází nejen k rychlejšímu vývoji larev, ale jak uvádí ve svých studiích Crumrine (2010) a Start et al. (2017) roste také míra kanibalismu. Při vyšších teplotách larvy také zvyšují nároky na potravu (Frances et McCauley, 2018). Což by mohlo značit volbu mezi rychlejším vývojem a rizikem zvýšené úmrtnosti způsobené kanibalismem a kompeticí o zdroje potravy.

Preference pro místa s nižší teplotou vody na lokalitě Sojovice může být také příčinou nedostatečná vegetace na místech s vyšší teplotou vody, protože vážky z rodu *Sympetrum* spp. preferují stanoviště s bohatě rozvinutou vegetací (Dolný et al., 2016). Přítomnost dostatečného množství vodních rostlin je také důležitá pro larvy, které žijí nejčastěji v mělké vodě mezi vodními rostlinami (Waldhauser et Černý, 2014), která jim může pomáhat zmírnit predaci. Zjištění u lokality Sojovice mohou být ukázkou toho, že existuje trade-off, kdy samice při volbě místa pro ovipozici hodnotí více faktorů prostředí než jen vhodné teplotní podmínky pro vývoj larev (Buskirk et Sherman, 1985). Například Guillermo-Ferreira et Del-Claro (2011) uvádějí, že druhové složení vodní vegetace v prostředí, stejně jako rozšíření a početnost rostlin, může být hlavním určujícím faktorem při výběru místa pro ovipozici. Vliv i jiných faktorů na výběr míst, kde samice kladla svá vajíčka může být také výsledkem na lokalitě Mlékojedy, protože na této lokalitě byl rozdíl v průměrné teplotě vody mezi místy bez přítomnosti ovipozice a místy s ovipozicí jen velmi minimální.

Maximální a minimální teploty se také lišily mezi místy bez přítomnosti a s přítomností kladoucích jedinců, jak v rámci lokality, a tak mezi jednotlivými lokalitami. Rozdíly v teplotách, avšak nebyly tak velké jako v případě průměrných teplot. Suhling et al. (2015) udává, že minimální teplota pro růst larev z čeledi Libellulidae je 12 °C. V mých datech se na místech s přítomností ovipozice pohybovaly minimální teploty nejčastěji od 19 do 27 °C, což nepředstavuje žádné riziko pro správný vývoj larev. Maximální teploty na místech, která samice preferovala pro kladení vajíček dosahovaly teploty v průběhu měření převážně rozmezí od 25 do 30 °C. Ojedinele byly, ale také naměřeny teploty vody přesahující 41 °C, které se blíží k hranici letální teploty pro larvy vážek (Suhling et al., 2015). Krátkodobé vystavení těmto teplotám pro larvy nemusí být fatální. Nicméně s neustále rostoucími globálními teplotami, díky kterým bude také narůstat teplota vody, mohou být larvy v budoucnu vystaveny vysokým teplotám dlouhodobě. Řada studií potvrzuje, že larvy žijící při vysokých teplotách mají větší úmrtnost nebo horší tělesnou kondici (Frances et al., 2017; Starr et McIntyre, 2020; Stoks et de Block, 2011). Limitujícím faktorem při vysokých teplotách je často nedostatek kyslíku. Při vysokých teplotách s rostoucí rychlostí růstu larev dochází také ke zvýšení metabolických požadavků na kyslík. Rozpustnost kyslíku ve vodě ovšem klesá s rostoucí teplotou, a tím dochází k jeho nedostatku (Dallas et Ross-Gillespie, 2015). V důsledku zvyšování teplot ve vodním prostředí, tak může postupně docházet ke ztrátám nebo snižování počtu vhodných míst pro kladení vajíček. V rámci mého experimentu, ale nebyl zjišťován vliv teplotních podmínek na larvy na jednotlivých místech, která samice preferovala pro kladení. S ohledem na zjištěné rozdíly v naměřených teplotách na místech s přítomností ovipozice se nabízí otázka zhodnotit úspěšnost přežití a vývoj larev na těchto místech dalším experimentem.

Z výsledků statistické analýzy se také ukázalo, že teplota vody se významně neliší na přírodních a umělých stanovištích. Umělá stanoviště, se projevovala jako celkově teplejší oproti přírodním stanovištím. Vyšší teplota těchto stanovišť může být zapříčiněna tím, že umělé vodní plochy vzniklé po ukončení těžby zemních materiálů jsou ranějších sukcesních stádií, kde často není tolik rozvinuta bohatá okolní vegetace se zastoupením větších stromů, které mohou zabraňovat prohřívání vodní hladiny.

Srovnání počtu zaznamenaných tandemů na přírodních a umělých stanovištích přineslo zajímavé výsledky. Počty tandemů byly na lokalitách s umístěnými

dataloggery vyšší na umělých stanovištích, ale zároveň se počty v průběhu experimentu mezi jednotlivými návštěvami více měnily než na přírodních stanovištích. Z těchto výsledků se může zdát, že umělá stanoviště byla pro vážky z rodu *Sympetrum* spp. z hlediska výběru prostředí pro ovipozici atraktivnější. Tyto závěry, ale nepotvrzují výsledky s celkovými zaznamenanými počty tandemů ze všech 12 lokalit, na kterých bylo původně v plánu umístit dataloggery. Graf s celkovými počty tandemů je umístěn v přílohách (Příloha 1). Při srovnání atraktivity mezi přírodními a umělými stanovišti na 12 lokalitách bylo výrazně více tandemů zaznamenáno na přírodních stanovištích. Výsledky rozdílných atraktivit mezi přírodními a umělými stanovišti, by mohly být způsobeny tím, že při výběru lokalit, kde budou umístěny dataloggery byly vybrány umělé lokality, které měly největší atraktivitu. Tyto umělé lokality, tak mohly oproti ostatním umělým lokalitám nabízet nejen vhodná místa pro kladení vajíček, ale také jiné zdroje a podmínky, které jsou důležité pro určení kvalitního biotopu, jak pro dospělce vážek, tak i pro vajíčka a larvy (Wildermuth, 1994). Tyto závěry by bylo vhodné ověřit dalším výzkumem. Nicméně přírodní lokality se celkově jeví jako kvalitnější prostředí pro výskyt vážek. Taková zjištění potvrzují výsledky jiných autorů, že faktory prostředí, jako je například struktura vegetace, přítomnost potravy, charakter břehů, přítomnost predátorů, teplota a chemické vlastnosti vody ovlivňují výskyt druhů (např. Johansson et Brodin, 2003; Hofmann et Mason, 2005; Nakanishi et al., 2014).

Průměrná intenzita osvětlení se statisticky mezi místy bez přítomnosti ovipozice a s přítomností nelišila. Místa s preferencí pro ovipozici byla v průměru o něco méně osvětlená, zároveň u těchto míst byla, zjištěna větší vyrovnanost v intenzitě osvětlení, což by mohlo při výběru míst pro ovipozici značit preferování určité intenzity osvětlení.

Na základě zjištěných výsledků se domnívám, že teplota vody hraje důležitou roli při výběru míst pro ovipozici, nicméně při volbě vhodného stanoviště se uplatňují i jiné faktory prostředí. Výsledky této práce také přispějí k hlubšímu pochopení mechanismů, které vážky využívají při výběru vhodných míst pro ovipozici a odhalení, jaké podmínky prostředí preferují. Potvrzení, že teplota hraje důležitou roli při výběru stanoviště, může být klíčové také v kontextu klimatických změn, kdy dochází ke změnám ve vodním prostředí. Spolu se studii, které se již experimentálně zabývaly



vývojem larev při různých teplotách a zjištěné výsledky této práce nám také mohou pomoci s pochopením, jak budou společenstva vážek reagovat na změny klimatu.

## 7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit, jestli teplota prostředí ovlivňuje preferenci dospělých samic vážek při výběru míst pro kladení vajíček během ovipozice. V části literární rešerše popisují životní cyklus vážek v souvislosti s teplotou. Dále jsem nastínila problematiku, jak si dospělci vážek volí svá stanoviště. V rámci literární rešerši jsem také shrnula poznatky o adaptacích na teplotní podmínky prostředí u hmyzu, termoregulačních strategií u vážek a vlivu teploty na přežití a vývoj larev vážek. Pro experiment byly vybrány přírodní a umělé lokality nacházející se v Polabí.

Díky této práci, bylo zjištěno, že teplota prostředí se podílí na preferenci dospělých samic při výběru vhodných míst pro kladení. Teplota vody se významně lišila mezi místy, která samice využívala pro kladení vajíček a místy, která nebyla využívána. Při výběru míst samice celkově preferovala místa, kde byla voda teplejší. Tím bylo dokázáno, že samice při identifikaci vhodných míst pro kladení vajíček využívají teplotu, jako jeden z indikátorů pro optimální vývoj larev. Výsledky také ukázaly, že teplota vody se mezi místy, která byla využívána pro kladení vajíček se napříč lokalitami lišily. V rámci experimentu také nebyl zjištěn významný rozdíl v teplotách vody mezi přírodními a umělými lokalitami, i když umělé lokality se jevíly celkově jako teplejší s nižší variabilitou teplot mezi jednotlivými místy měření.

Hlavním přínosem práce bylo obeznámit se s problematikou, zda teplota ovlivňuje u samic vážek výběr míst pro kladení vajíček, která nebyla dosud detailněji prozkoumána. Výsledky této práce a veškeré teze tvořené na jejich základě jsou ovšem omezené vzorkem dat a chybějícími podobnými studiemi pro jejich porovnání. Pro potvrzení výsledků by bylo vhodné experiment opakovat s větším množstvím dat.

Porozumění preferencím samic vážek při výběru míst pro ovipozici v souvislosti s teplotou prostředí nám může umožnit lépe hodnotit kvalitu a ekologickou integritu vodních prostředí. Identifikace lokalit s vysokou preferencí pro kladení vajíček může sloužit jako ukazatel biodiverzity a důležitých biotopů, které je potřeba ochraňovat. Výsledky této práce mohou také pomoci při plánování managementových nebo rekultivačních opatření, jelikož odhalují, jaké charakteristiky prostředí jsou pro vážky zásadní a upozorňují na to, že při managementu a vytváření biotopů musíme brát teplotu stanoviště v potaz.

## 8 Přehled literatury a použitých zdrojů

- Angilletta M. L. Jr., 2009: Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis. Oxford University Press, Oxford.
- Acquah-Lamprey D., Brändle M., Brandl R., Pinkert S., 2020: Temperature-driven color lightness and body size variation scale to local assemblages of European Odonata but are modified by propensity for dispersal. *Ecology and Evolution*, 10 (16): 8936–8948.
- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S., 2015: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67 (1): 1–48.
- Bradshaw W. E. et Holzapfel C. M., 2007: Evolution of animal photoperiodism. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38: 1–25.
- Bernáth B., Szedenics G., Wildermuth H., Horváth G., 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. *Freshwater Biology*, 47 (9): 1707–1719.
- Béthoux O., Galtier J., Nel A., 2004: Earliest evidence of insect endophytic oviposition. *Palaios*, 19: 408–413.
- Brandt E. E., Kelley J. P., Elias D. O., 2018: Temperature alters multimodal signaling and mating success in an ectotherm. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72: 1–14.
- Buskirk R. E. et Sherman K. J., 1985: The influence of larval ecology on oviposition and mating strategies in dragonflies. *Florida Entomologist*, 39–51.
- Charnov E. L. et Gillooly J. F., 2003: Thermal time: Body size, food quality and the 10 C rule. *Evolutionary Ecology Research*, 5 (1): 43–51.
- Clusella Trullas S., van Wyk J. H., Spotila, J. R., 2007: Thermal melanism in ectotherms. *Journal of Thermal Biology*, 32 (5): 235–245.
- Corbet P. S., 1962: *A Biology of Dragonflies*. Witherby, London, Warwick.
- Corbet P. S., 1980: Biology of odonata. *Annual review of entomology*, 25 (1): 189–217.

- Corbet P. S., 1999: *Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata*. Harley books, Colchester.
- Corbet P. S. et May M. L., 2008: Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology*, 11 (2): 155–171.
- Crumrine P. W., 2010: Body size, temperature, and seasonal differences in size structure influence the occurrence of cannibalism in larvae of the migratory dragonfly, *Anax junius*. *Aquatic Ecology*, 44 (4): 761–770.
- Culek M., Grulich V., Laštůvka Z., Divíšek J., 2013: Biogeografické členění České republiky. Masarykova univerzita, Brno.
- Culler L. E., McPeck M. A., Ayres M. P., 2014: Predation risk shapes thermal physiology of a predaceous damselfly. *Oecologia*, 176 (3): 653–660.
- Dallas H. F. et Ross-Gillespie V., 2015: Sublethal effects of temperature on freshwater organisms, with special reference to aquatic insects. *Water SA*, 41 (5): 712–726.
- Daviche P., 2021: Partial submergence: An undescribed behavioral adjustment for thermoregulation at high ambient temperature in Aeshnidae. *International Journal of Odonatology*, 24: 71–81.
- De Marco P., Batista J. D., Cabette H. S. R., 2015: Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. *PLoS ONE*, 10 (4): e0123023.
- Demek J. et Mackovčín P. (eds.), 2006: *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno.
- Dixon A. F. G., 2003: Climate change and phenological asynchrony. *Ecological Entomology*, 28 (3): 380–381.
- Dixon A. F. G., Honěk A., Keil P., Kotela M. A. A., Šizling A. L., Jarošík V., 2009: Relationship between the minimum and maximum temperature thresholds for development in insects. *Functional Ecology*, 23 (2): 257–264.
- Dolný A., Harabiš F., Bárta D., 2016: *Vážky (Insecta: Odonata) České republiky*. Academia, Praha.

- Dolný A., Bárta D., Waldhauser M., Holuša O., Hanel L., et al. (eds.), 2007: *Vážky České republiky: Ekologie, ochrana a rozšíření*. Český svaz ochránců přírody Vlašim, Vlašim.
- Flenner I., Richter O., Suhling F., 2010: Rising temperature and development in dragonfly populations at different latitudes. *Freshwater Biology*, 55 (2): 397–410.
- Frances D. N. et McCauley S. J., 2018: Warming drives higher rates of prey consumption and increases rates of intraguild predation. *Oecologia*, 187: 585–596.
- Frances D. N., Moon J. Y., McCauley S. J., 2017: Effects of environmental warming during early life history on libellulid odonates. *Canadian Journal of Zoology*, 95 (6): 373–382.
- Gibbs M., Van Dyck H., Karlsson B., 2010: Reproductive plasticity, ovarian dynamics and maternal effects in response to temperature and flight in *Pararge aegeria*. *Journal of Insect Physiology*, 56 (9): 1275–1283.
- Gillooly J. F., Charnov E. L., West G. B., Savage V. M., Brown J. H., 2002: Effects of size and temperature on developmental time. *Nature*, 417: 70–73.
- Guillermo-Ferreira R. et Gorb S. N., 2021: Heat-distribution in the body and wings of the morpho dragonfly *Zenithoptera lanei* (Anisoptera: Libellulidae) and a possible mechanism of thermoregulation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 133 (1): 179–186.
- Hassall C. et Thompson D. J., 2008: The effects of environmental warming on Odonata: a review. *International Journal of Odonatology*, 11 (2): 131–153.
- Harrington L. A. et Stork N. E., 1995: *Insects in a changing environment*. Academia press, London.
- Hofmann T. A. et Mason C. F., 2005: Habitat characteristics and the distribution of Odonata in a lowland river catchment in eastern England. *Hydrobiologia*, 539: 137–147.
- Huey R. B., Kearney M. R., Krockenberger A., Holtum J. A. M., Jess M., Williams S. E., 2012: Predicting organismal vulnerability to climate warming: Roles of behaviour, physiology and adaptation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367 (1596): 1665–1679.

- Huey R. B. et Kingsolver J. G., 1993: Evolution of resistance to high temperature in ectotherms. *American Naturalist*, 142: 21–46.
- Hykel M., Harabiš F., Dolný A., 2018: Diel changes in habitat use by dragonflies: Nocturnal roosting site selection by the threatened dragonfly *Sympetrum depressiusculum* (Odonata: Libellulidae). *Entomological Science*, 21 (1): 154–163.
- Isaac J. L., De Gabriel J. L., Goodman B. A., 2008: Microclimate of daytime den sites in a tropical possum: Implications for the conservation of tropical arboreal marsupials. *Animal Conservation*, 11 (4): 281–287.
- Johansson F. et Brodin T., 2003: Effects of fish predators and abiotic factors on dragonfly community structure. *Journal of Freshwater Ecology*, 18 (3): 415–423.
- Johansson F. et Suhling F., 2004: Behaviour and growth of dragonfly larvae along a permanent to temporary water habitat gradient. *Ecological Entomology*, 29 (2): 196–202.
- Koch K., 2015: Influence of temperature and photoperiod on embryonic development in the dragonfly *Sympetrum striolatum* (Odonata: Libellulidae). *Physiological Entomology*, 40 (1): 90–101.
- Lahondère C., 2023: Recent advances in insect thermoregulation. *Journal of Experimental Biology*, 226 (18): jeb245751.
- Lazzari C. R., 2019: The thermal sense of blood-sucking insects: why physics matters. *Current Opinion in Insect Science*, 34: 112–116.
- Lee R. E., 1991: Principles of insect low temperature tolerance. In: Lee R. E. et Denlinger D. L. (eds.): *Insects at Low Temperature*. Springer, Boston: 17–46.
- Leith N. T., Macchiano A., Moore M. P., Fowler-Finn K. D., 2021: Temperature impacts all behavioral interactions during insect and arachnid reproduction. *Current Opinion in Insect Science*, 45: 106–114.
- Lima S. L., 1998: Nonlethal effects in the ecology of predator-prey interactions. *Bioscience*, 48 (1): 25–3.

- Ložek V., Kubíková J., Spryňar P. et al., 2005: Střední Čechy. In: Mackovčín P. et Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek XIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.
- Ma G., Bai C. M., Wang X. J., Majeed M. Z., Ma C. S., 2018: Behavioural thermoregulation alters microhabitat utilization and demographic rates in ectothermic invertebrates. *Animal Behaviour*, 142: 49–57.
- May M. L., 1976: Thermoregulation and Adaptation to Temperature in Dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecological Monographs*, 46 (1): 1–32.
- May M. L., 1995: Simultaneous control of head and thoracic temperature by the green darner dragonfly *Anax junius* (Odonata: Aeshnidae). *Journal of Experimental Biology*, 198 (11): 2373–2384.
- McCauley S. J., Hammond J. I., Frances D. N., Mabry K. E., 2015: Effects of experimental warming on survival, phenology, and morphology of an aquatic insect (Odonata). *Ecological Entomology*, 40 (3): 211–220.
- McNamara S. C., Pintar M. R., Resetarits W. J., 2021: Temperature but not nutrient addition affects abundance and assemblage structure of colonizing aquatic insects. *Ecology*, 102 (1): e03209.
- Miller P. L., 1962: Spiracle control in adult dragonflies (Odonata). *Journal of Experimental Biology*, 39 (4): 513–535.
- Mizunami M., Nishino H., Yokohari F., 2016: Status of and future research on thermosensory processing. *Frontiers in Physiology*, 7: 184097.
- Morris D. W., 2003: Toward an ecological synthesis: A case for habitat selection. *Oecologia*, 136 (1): 1–13.
- Nakanishi K., Nishida T., Kon M., Sawada H., 2014: Effects of environmental factors on the species composition of aquatic insects in irrigation ponds. *Entomological Science*, 17 (2): 251–261.
- Novella-Fernandez R., Brandl R., Pinkert S., Zeuss D., Hof C., 2023: Seasonal variation in dragonfly assemblage colouration suggests a link between thermal melanism and phenology. *Nature Communications*, 14 (1): 8427.

- Oliveira de Alcântara C., Giovânia da Silva P., Hernández M. I. M., 2023: Body size and body conditions of two dung beetles species (Coleoptera: Scarabaeidae) related to environmental temperatures. *Revista Brasileira de Entomologia*, 67: e20220099.
- Parmesan C., 2006: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637–669).
- Piersanti S., Reborá M., Almaas T. J., Salerno G., Gaino E., 2011: Electrophysiological identification of thermo- and hygro-sensitive receptor neurons on the antennae of the dragonfly *Libellula depressa*. *Journal of Insect Physiology*, 57 (10): 1391–1398.
- Polis G. A., 1981: The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 12 (1): 225–251.
- Pritchard G., Harder L. D., Mutch R. A., 1996: Development of aquatic insect eggs in relation to temperature and strategies for dealing with different thermal environments. *Biological Journal of the Linnean Society*, 58 (2): 221–244.
- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Geologický ústav ČSAV, Brno.
- R Core Team, 2023: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Shelomi M., 2012: Where are we now? Bergmann's rule Sensu Lato in insects. *The American Naturalist*, 180 (4): 511–519.
- Shi H., Wen Z., Paull D., Guo M., 2016: A framework for quantifying the thermal buffering effect of microhabitats. *Biological Conservation*, 204: 175–180.
- Shoo L. P., Storlie C., Williams Y. M., Williams S. E., 2010: Potential for mountaintop boulder fields to buffer species against extreme heat stress under climate change. *International Journal of Biometeorology*, 54 (4): 475–478.
- Starr S. M., et McIntyre N. E., 2020: Effects of Water Temperature under Projected Climate Change on the Development and Survival of *Enallagma civile* (Odonata: Coenagrionidae). *Environmental Entomology*, 49 (1): 230–237.

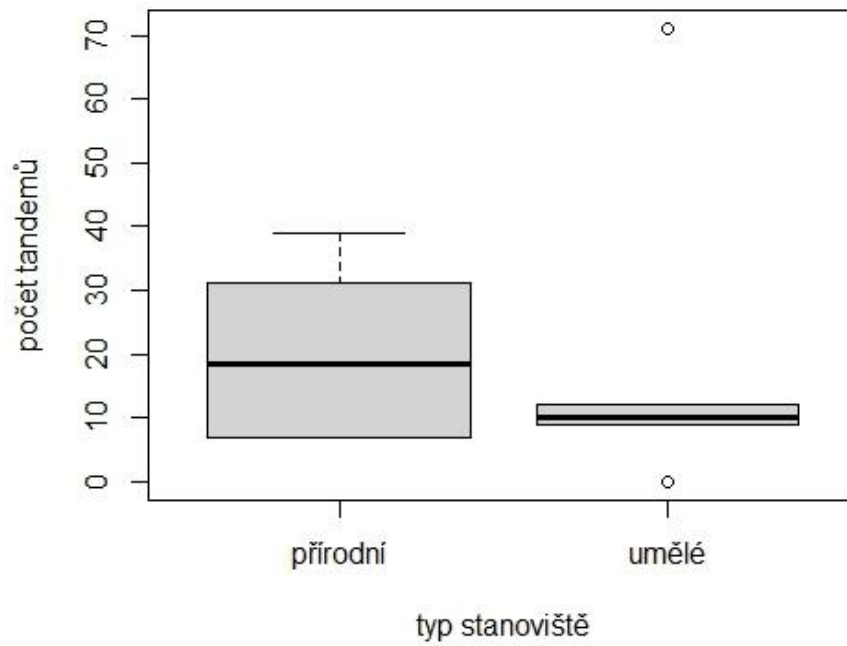


- Start D., Kirk D., Shea D., Gilbert B., 2017: Cannibalism by damselflies increases with rising temperature. *Biology Letters*, 13 (5): 20170175.
- Stoks R. et Córdoba-Aguilar A., 2012: Evolutionary ecology of Odonata: A complex life cycle perspective. *Annual Review of Entomology*, 57: 249–265.
- Stoks R. et de Block M., 2011: Rapid growth reduces cold resistance: Evidence from latitudinal variation in growth rate, cold resistance and stress proteins. *PLoS One*, 6 (2): e16935.
- Suhling F., Suhling I., Richter O., 2015: Temperature response of growth of larval dragonflies – an overview. *International Journal of Odonatology*, 18 (1): 15–30.
- Tennessen K. J., 2009: Odonata: In Resh V. H. et Cardé R. T.: *Encyclopedia of insects*. Academic Press: 721–729.
- Uszko W., Diehl S., Englund G., Amarasekare P., 2017: Effects of warming on predator–prey interactions – a resource-based approach and a theoretical synthesis. *Ecology Letters*, 20 (4): 513–523.
- Van Doorslaer W. et Stoks R., 2005: Growth rate plasticity to temperature in two damselfly species differing in latitude: Contributions of behaviour and physiology. *Oikos*, 111 (3): 599–605.
- Waldhauser M. et Černý M., 2014: *Vážky České republiky: příručka pro určování našich druhů a jejich larev*. Český svaz ochránců přírody Vlašim.
- Wildermuth H., 1994: Habitatselektion bei Libellen. *Advances in Odonatology*, 6 (1): 223–257.
- Yang L. H. et Rudolf V. H. W., 2010: Phenology, ontogeny and the effects of climate change on the timing of species interactions. *Ecology Letters*, 13 (1): 1–10.
- Zhu D. H., Zhu J., Peng Z. P., Wan F. H., 2012: Effects of photoperiod and temperature on reproductive diapause in *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biocontrol agent against *Ambrosia artemisiifolia*. *Insect Science*, 19 (3): 286–294.

## 9 Seznam příloh

Příloha 1: Počet tandemů na přírodních a umělých stanovištích z 12 lokalit .....	43
Příloha 2: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Mlékojedy .....	44
Příloha 3: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Otradovice .....	45
Příloha 4: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Sojovice.....	46
Příloha 5: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Tišice .....	47
Příloha 6: Lokalita Sojovice (umělá lokalita – zatopená pískovna).....	48
Příloha 7: Lokalita Tišice (umělá lokalita – zatopená pískovna).....	49
Příloha 8: Lokalita Mlékojedy (přírodní lokalita – mrtvé rameno řeky Labe) .....	50
Příloha 9: Označení dataloggerů identifikačním číslem před umístěním na lokalitu	51
Příloha 10: Instalovaný datalogger u litorální vegetace na lokalitě Sojovice .....	51
Příloha 11: Instalovaný datalogger na lokalitě Sojovice .....	52
Příloha 12: Instalovaný datalogger u litorální vegetace na lokalitě Otradovice .....	53
Příloha 13: Instalovaný datalogger v naplavených větvích na lokalitě Otradovice ...	54
Příloha 14: Odchycený jedinec druhu <i>Sympetrum striolatum</i> .....	55
Příloha 15: Vybrané lokality – Čelákovicko: Otradovice a Sojovice.....	56
Příloha 16: Vybrané lokality – Neratovicko: Mlékojedy a Tišice .....	56

## 10 Přílohy



*Příloha 1: Počet tandemů na přírodních a umělých stanovištích z 12 lokalit*

Datum	Lokalita	Typ stanoviště	Přítomnost ovipozice	Průměrná teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Minimální teplota (°C)	Průměrná intenzita osvětlení (lux)
05.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,56	24,84	20,71	7082,69
06.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,29	24,93	19,28	4506,90
07.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,19	24,26	19,38	4601,79
08.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,68	25,51	19,38	4834,60
09.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,91	25,13	19,57	4721,39
10.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,78	27,96	19,76	6451,20
11.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,64	26,68	20,14	1682,77
05.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,10	23,20	20,62	1723,13
06.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	20,93	23,39	19,19	1469,88
07.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	20,81	22,53	19,28	945,23
08.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,20	23,48	19,57	886,64
09.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,44	24,06	19,76	836,40
10.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,54	26,00	20,04	1007,43
11.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,77	27,37	20,42	961,06
05.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,06	23,00	20,71	690,85
06.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	20,95	23,87	19,28	339,71
07.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	20,81	22,62	19,38	321,19
08.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,18	23,39	19,57	409,46
09.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,42	23,97	19,76	457,48
10.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	22,51	25,90	20,04	451,24
11.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ano	21,77	28,46	20,33	395,19
05.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	22,44	24,55	20,52	7849,63
06.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,25	25,03	19,19	5731,21
07.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,14	24,26	19,28	6235,13
08.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,65	25,51	19,38	7421,56
09.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,86	25,13	19,57	6967,47
10.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	22,76	27,27	19,95	6178,51
11.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,70	26,98	20,33	2713,97
05.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	22,05	22,81	20,81	2075,66
06.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	20,97	23,20	19,38	2707,34
07.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	20,90	22,33	19,47	3361,14
08.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,22	22,91	19,76	2858,02
09.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,43	23,48	19,95	1439,19
10.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	22,48	25,51	20,33	1231,07
11.09.2023	Mlékojedy	Přírodní	ne	21,44	26,68	20,62	1140,98

*Příloha 2: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Mlékojedy*

Datum	Lokalita	Typ stanoviště	Přítomnost ovipozice	Průměrná teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Minimální teplota (°C)	Průměrná intenzita osvětlení (lux)
05.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	24,74	26,20	22,91	1407,21
06.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	23,57	28,36	20,62	1928,62
07.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	24,44	28,36	21,66	2104,17
08.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	25,89	29,55	23,48	1714,06
09.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	26,58	29,85	24,45	1794,60
10.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	27,13	29,95	24,84	2103,80
11.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	26,60	29,85	25,32	2732,61
05.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	28,43	29,15	26,68	894,22
06.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	26,88	28,46	25,61	1288,35
07.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	26,86	29,05	25,22	1144,32
08.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	27,52	30,05	25,51	1367,40
09.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	27,59	29,05	26,29	1030,16
10.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	28,24	30,96	26,49	1333,58
11.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	27,76	30,36	26,88	1624,02
05.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	25,39	26,29	24,16	1014,21
06.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	24,50	28,16	22,33	2096,95
07.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	27,11	29,85	24,93	1488,57
08.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	28,72	31,17	26,88	1546,20
09.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	29,96	31,98	28,06	1887,96
10.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	31,18	33,43	29,15	1377,33
11.09.2023	Otradovice	Přírodní	ano	30,61	29,85	31,68	1494,04
05.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,35	23,87	18,90	4484,09
06.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	20,57	26,39	17,48	20070,56
07.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,13	26,88	17,76	29297,90
08.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,16	26,78	17,76	19541,77
09.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,52	27,76	17,57	31185,18
10.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,96	29,95	17,76	37679,44
11.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	21,46	35,86	18,33	25573,73
05.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	24,79	25,90	23,97	2236,75
06.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	23,77	26,88	21,66	8064,36
07.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	25,31	27,37	23,58	7287,20
08.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	26,05	28,16	24,45	7880,66
09.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	26,60	28,26	24,93	8866,91
10.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	27,26	29,15	25,51	8627,88
11.09.2023	Otradovice	Přírodní	ne	26,50	27,37	25,71	9279,25

*Příloha 3: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Otradovice*

Datum	Lokalita	Typ stanoviště	Přítomnost ovipozice	Průměrná teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Minimální teplota (°C)	Průměrná intenzita osvětlení (lux)
05.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	24,47	25,71	22,81	20077,48
06.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	23,34	27,47	20,52	10453,25
07.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	24,24	27,57	21,47	7600,44
08.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	25,77	29,05	23,29	6065,85
09.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	26,42	29,15	24,35	7863,42
10.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	26,95	29,55	24,64	5838,53
11.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	26,36	28,66	25,22	2480,34
05.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	22,97	24,16	21,00	223,74
06.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	21,01	24,74	18,05	327,60
07.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	21,19	24,55	18,33	307,67
08.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	21,38	24,35	18,71	308,12
09.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	21,50	24,64	18,71	285,69
10.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	22,22	26,68	19,00	338,40
11.09.2023	Sojovice	Umělé	ano	26,49	41,23	19,28	874,96
05.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	24,99	26,29	23,00	1875,08
06.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	23,53	27,86	20,62	1729,54
07.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	24,62	28,26	21,57	1454,69
08.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	25,93	29,15	23,39	1009,21
09.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	26,75	30,15	24,35	1328,58
10.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	27,31	30,66	24,64	1455,37
11.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	26,51	29,55	25,32	917,24
05.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	24,96	26,68	22,91	1342,63
06.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	23,35	28,16	20,52	1371,64
07.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	24,54	29,55	21,57	1193,26
08.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	25,73	29,25	23,39	837,74
09.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	26,45	29,85	24,26	1182,88
10.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	26,92	29,85	24,64	1896,32
11.09.2023	Sojovice	Umělé	ne	26,26	28,56	25,22	992,78

*Příloha 4: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Sojovice*

Datum	Lokalita	Typ stanoviště	Přítomnost ovipozice	Průměrná teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Minimální teplota (°C)	Průměrná intenzita osvětlení (lux)
05.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,21	41,58	22,33	43249,59
06.09.2023	Tišice	Umělé	ano	23,04	26,10	21,47	25354,89
07.09.2023	Tišice	Umělé	ano	23,10	26,68	21,57	36982,19
08.09.2023	Tišice	Umělé	ano	23,26	27,08	21,76	36990,15
09.09.2023	Tišice	Umělé	ano	23,34	26,98	21,86	37456,59
10.09.2023	Tišice	Umělé	ano	24,15	29,25	21,95	36635,74
11.09.2023	Tišice	Umělé	ano	23,28	30,05	22,33	4557,45
05.09.2023	Tišice	Umělé	ano	27,77	41,58	25,71	8312,02
06.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,41	27,17	24,45	3411,51
07.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,12	26,49	24,26	3035,23
08.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,04	26,29	24,16	4036,05
09.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,11	26,49	24,16	3792,95
10.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,88	28,56	24,26	2169,39
11.09.2023	Tišice	Umělé	ano	25,03	26,00	24,55	457,28
05.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,30	24,35	22,43	3440,55
06.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,76	24,84	21,57	2486,06
07.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,81	24,45	21,76	2137,48
08.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,84	24,55	21,76	2372,38
09.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,96	24,74	21,86	2523,74
10.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,73	26,88	22,05	2567,42
11.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,18	25,90	22,33	2480,31
05.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,28	24,26	22,43	8605,29
06.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,79	24,45	21,57	9419,66
07.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,86	24,55	21,86	10715,73
08.09.2023	Tišice	Umělé	ne	22,96	24,74	21,86	9674,02
09.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,07	25,13	21,95	11808,46
10.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,81	26,78	22,05	8182,21
11.09.2023	Tišice	Umělé	ne	23,21	26,98	22,43	4345,06

*Příloha 5: Tabulka s průměrnými, maximálními a minimálními teplotami a průměrnou intenzitou osvětlení na místech s ovipozicí a bez ovipozice za konkrétní dny na lokalitě Tišice*



*Příloha 6: Lokalita Sojovice (umělá lokalita – zatopená pískovna)*





*Příloha 7: Lokalita Tišice (umělá lokalita – zatopená pískovna)*



*Příloha 8: Lokalita Mlékojedy (přírodní lokalita – mrtvé rameno řeky Labe)*



*Příloha 9: Označení dataloggerů identifikačním číslem před umístěním na lokalitu*



*Příloha 10: Instalovaný datalogger u litorální vegetace na lokalitě Sojovice*



*Příloha 11: Instalovaný datalogger na lokalitě Sojovice*



*Příloha 12: Instalovaný datalogger u litorální vegetace na lokalitě Otradovice*



*Příloha 13: Instalovaný datalogger v naplavených větvích na lokalitě Otradovice*



*Příloha 14: Odchycený jedinec druhu *Sympetrum striolatum**

### Vybrané lokality - Čelákovicko



*Příloha 15: Vybrané lokality – Čelákovicko: Otradovice a Sójovice*

### Vybrané lokality - Neratovicko



*Příloha 16: Vybrané lokality – Neratovicko: Mlékojedy a Tíšice*