

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Distribuce vajíček komárů a vývoj larev
v jarních periodických tůních lužního lesa**

Distribution of mosquito eggs and larvae development
in the spring periodic pools of floodplain forest

Bc. Lucie Fišarová

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Hydrobiologie

Vedoucí práce: doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D.

Olomouc 2024

Fišarová L. 2024. Distribuce vajíček komárů a vývoj larev v jarních periodických tůních lužního lesa [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 59 s. 11 příloh. Česky.

Abstrakt

Oblast CHKO Litovelské Pomoraví je známá pro hojný výskyt komárů vyvíjejících se v systému periodicky zaplavovaných tůní. Cílem práce bylo zjištění detailní distribuce a denzity komářích vajíček v sedimentech tůní a délky vývoje larev v jarním období. Pro výzkum byly zvoleny 4 lokality. Na podzim 2022 a 2023 zde bylo odebráno celkem 237 vzorků sedimentu pomocí pedologické sondy ve 3 vyznačených transektech napříč tůní po 50cm intervalech od středu tůně. V laboratoři byly vzorky rozplaveny vodou, pod stereoskopickým mikroskopem spočítáno množství vajíček a přepočteno na plochu dané tůně. Na vysychajících březích tůní, které byly v jarním období zaplaveny, bylo nalezeno signifikantně více komářích vajíček než na jejich dně. Celková denzita vajíček na plochu 1 m² kolísala meziročně a výrazně i mezi lokalitami (1 860 vajíček·m⁻²–11 864 vajíček·m⁻²). V daném roce lze předpokládat, že se na obnažené vlhké ploše vysychajících tůní může potenciálně nacházet 337 107 až 507 359 vajíček komárů. Po zaplavení tůní na jaře 2023 byly, s ohledem na vzestup vody (16.04.2023), odběry larev rozděleny na dvě období. Celková doba vývoje larev v první fázi (25.02–01.05.2023) byla v průměru 60 dnů (8–10 týdnů). Relativní míra růstu larev byla nízká a kolísala v průměru mezi 0.16–0.19. V první fázi odběrů bylo společenstvo komárů zastoupeno pouze jarními druhy, kdežto při druhé se současně vyskytovaly i druhy letní. Ve druhém období (24.04–15.05.2023) byl vývoj podstatně kratší, trval pouze 25 dnů (3–4 týdny). Relativní míra růstu larev byla vyšší ve srovnání s první etapou a kolísala v průměru mezi 0.18–0.35. Z těchto měření byla stanovena závislost růstové rychlosti larev na teplotě vody, a to pro druhé období. Informace o distribuci vajíček, měnícím se hydrologickém režimu území a vývojových charakteristikách larev mohou pomoci predikovat, při jaké hloubce zaplavení tůní lze očekávat spíše větší hustotu komářích larev a včasné naplánovat případné preventivní zásahy (např. aplikace larvicidních preparátů).

Klíčová slova: *Aedes*, distribuce vajíček, míra růstu, *Ochlerotatus*, vaječná banka

Fišarová L. 2024. Distribution of mosquito eggs and larvae development in the spring periodic pools of floodplain forest [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc. 59 p. 11 Appendices. Czech.

Abstract

The Litovelské Pomoraví Protected Landscape Area is known for the abundance of mosquitoes developing in the system of periodically flooded pools. The aim of this study was to determine the detailed distribution and density of mosquito eggs in the sediments of these pools and the length of larval development in the spring period. Four sites were selected for the research. In autumn 2022 and 2023, a total of 237 sediment samples were collected using a pedological probe in 3 marked transects across the pools at 50cm intervals from the centre of each pool. In the laboratory, the samples were dispersed in water, the quantity of eggs was counted under a stereoscopic microscope and then converted to the area of the pool. On the drying banks of pools, which were flooded in spring, significantly more mosquito eggs were found than on their bottom. The total density of eggs per 1 m² varied annually and significantly between sites (1,860 eggs·m⁻² to 11,864 eggs·m⁻²). In a given year, it can be assumed that the exposed wet area of drying pools could potentially contain 337,107 to 507,359 mosquito eggs. After the flooding of the pools in spring 2023, larval sampling was split into two periods due to the rise of water (16.04.2023). The total larval development time in the first phase (25.02–01.05.2023) was on average 60 days (8–10 weeks). The relative larval growth rate was low and varied on average between 0.16–0.19. During the first phase of sampling, the mosquito community was represented only by spring species, whereas during the second phase, summer species were present simultaneously. In the second period (24.04–15.05.2023), the development was much shorter, lasting only 25 days (3–4 weeks). The relative growth rate of larvae was higher compared to the first stage and varied on average between 0.18–0.35. From these measurements, the dependence of larval growth rate on water temperature was determined for the second period. Information on egg distribution, the changing hydrological regime of the area and larval developmental characteristics can help to predict at what depth of pool inundation a higher density of mosquito larvae can be expected and to plan possible preventive interventions (e.g. application of larvicides) in time.

Key words: *Aedes*, egg bank, eggs distribution, growth rate, *Ochlerotatus*

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Martina Rulíka, Ph.D. a jen s použitím citované literatury.

V Olomouci 10. května 2024

.....

Bc. Lucie Fišarová

Obsah

Seznam tabulek	viii
Seznam obrázků	ix
Seznam příloh	xi
Poděkování.....	xii
1 Úvod.....	1
2 Životní cyklus komárů	3
2.1 Kladení vajíček rod <i>Aedes</i> a <i>Ochlerotatus</i>	4
2.2 Líhnutí.....	7
2.3 Vývoj larev.....	8
3 Cíle práce	10
4 Materiál a metody	11
4.1 Studovaná oblast	11
4.1.1 Lokalita č.1.....	12
4.1.2 Lokalita č.2.....	13
4.1.3 Lokalita č.3.....	13
4.1.4 Lokalita č.4.....	14
4.2 Abiotické faktory.....	15
4.2.1 Měření vlhkosti půdy	15
4.2.2 Stanovení celkového organického uhlíku v sedimentu	15
4.2.3 Fyzikálně-chemické parametry vody	16
4.3 Odběry vzorků.....	16
4.3.1 Odběr sedimentů pro detekci vajíček.....	16
4.3.2 Odběry larev.....	18
4.3.3 Stanovení růstové rychlosti.....	19
4.3.4 Determinace larev	20
4.4 Analýza dat.....	21

5	Výsledky	22
5.1	Abiotické podmínky	22
5.1.1	Vlhkost půdy	22
5.1.2	Celkový organický uhlík v sedimentu.....	22
5.1.3	Fyzikálně-chemické parametry vody	22
5.2	Vajíčka	25
5.2.1	Vertikální distribuce.....	25
5.2.2	Horizontální distribuce.....	26
5.2.3	Denzita vajíček.....	28
5.2.4	Vztah mezi distribucí vajíček a environmentálními faktory	28
5.3	Larvy	29
5.3.1	Délka vývoje	29
5.3.2	Růstová rychlost.....	31
5.3.3	Druhové složení na lokalitách.....	32
5.3.4	Vztah mezi růstem larev a abiotickými faktory	33
5.3.5	Porovnání růstových charakteristik larev	34
6	Diskuze	35
7	Závěr	40
8	Literatura.....	41
9	Přílohy.....	49

Seznam tabulek

Tabulka 1. Průměry vlhkostí půdy a TOC	22
Tabulka 2. Přehled potenciální hustoty vajíček (vaječné banky)	28
Tabulka 3. Přehled nalezených druhů	32
Tabulka 4. Korelační koeficienty pro měřené parametry ve vztahu k délce těla larev pro všechny lokality dohromady za první sledované období.	33
Tabulka 5. Korelační koeficienty pro měřené parametry ve vztahu k délce těla larev pro všechny lokality dohromady za druhé sledované období.....	33
Tabulka 6. Porovnání zjištěných charakteristik vývoje komárů z CHKO Litovelské Pomoraví (Chmelíková 2013; Fišarová 2024) a NPR Libický luh (Sobotková 2023) v letech 2010–2023	34

Seznam obrázků

Obrázek 1. Životní cyklus komárů z komplexu rodu <i>Aedes</i>	4
Obrázek 2. Vajíčko komplexu rodu <i>Aedes</i>	5
Obrázek 3. Líhnutí larvy prvního instaru z vajíčka po odklopení víčka.....	8
Obrázek 4. Mapa lokalit – 1. lokalita, 2. lokalita, 3. lokalita, 4. lokalita	12
Obrázek 5. Část meandru na lokalitě č.1 zaplavená (duben) a vyschlá (červen)	13
Obrázek 6. Část meandru na lokalitě č.2 zaplavená (duben) a vyschlá (červen)	13
Obrázek 7. Část smuhy na lokalitě č.3 zaplavená (únor) a téměř vyschlá (září).....	14
Obrázek 8. Tůň na lokalitě č.4 zaplavená (květen) a téměř vyschlá (září).....	14
Obrázek 9. Kopeckého válečky pro odběr vzorků na stanovení vlhkosti půdy a koncentrace TOC.....	15
Obrázek 10. Vzorky sedimentů po spálení organické hmoty	16
Obrázek 11. Pedologická sonda pro odběr sedimentů (lokalita č. 4), vpravo vzorek sedimentu před rozdělením na hloubkové podvzorky.....	17
Obrázek 12. Počítání nalezených vajíček v sedimentu pod stereomikroskopem	18
Obrázek 13. Čerstvě obnažená plocha dostupná pro kladení vajíček.....	18
Obrázek 14. Měření délky těla larev pod stereomikroskopem za použití milimetrového měřítka	19
Obrázek 15. Determinace larev do druhu (<i>Ochlerotatus cantans</i>).....	20
Obrázek 16. Porovnání parametrů vody jednotlivých tůní.....	23
Obrázek 17. Kolísání hloubky vody na všech lokalitách za období 25.02.–15.05.2023 (1.–12. týden).	24
Obrázek 18. Průběh teploty na všech lokalitách za období 25.02.–15.05.2023(1.–12. týden).....	24
Obrázek 19. Porovnání vertikální distribuce vajíček v sedimentu v roce 2022.	25
Obrázek 20. Porovnání horizontální distribuce vajíček na lokalitě č.1 a 2	26
Obrázek 21. Porovnání horizontální distribuce vajíček na lokalitě č.3 a 4.	26
Obrázek 22. GLM závislosti početnosti vajíček·sonda ⁻¹ na vzdálenosti od středu tůně	27
Obrázek 23. GLM závislosti početnosti vajíček·sonda ⁻¹ na procentuální vlhkosti půdy	27
Obrázek 24. GLM závislosti početnosti vajíček·sonda ⁻¹ na koncentraci TOC.....	27
Obrázek 25. GLM závislosti početnosti vajíček·sonda ⁻¹ na ploše tůní.....	27

Obrázek 26. Omezený ordinační RDA model znázorňující vztahy mezi početností vajíček·sonda ⁻¹	29
Obrázek 27. Srovnání vývoje larev na sledovaných lokalitách za první období 25.02.–01.05.2023 (1.–10. týden).	30
Obrázek 28. Srovnání vývoje larev na sledovaných lokalitách za druhé období 24.04.–15.05.2023 (1.–4. týden)..	30
Obrázek 29. Vývoj průměrné délky larev 1. a 2. kohorty a průměrné teploty vody ze všech sledovaných tůní během jarních měsíců od 25.02.2023 do 15.05.2023. ..	31
Obrázek 30. Růstová rychlost proložená teplotou vody v období 25.02.–01.05.2023 (1.–12. týden).....	32
Obrázek 31. Lineární regrese závislosti délky těla larev na teplotě vody v období od 25.02.–01.05.2023.....	33
Obrázek 32. Lineární regrese závislosti růstové rychlosti na teplotě vody v období 24.04.–15.05.2023.....	34

Seznam příloh

Příloha 1. Vyznačení transektů na jednotlivých lokalitách.....	49
Příloha 2. Odeběr vrchních 0–3 cm ze vzorku sedimentu	49
Příloha 3. Zpracování vzorků v laboratoři	50
Příloha 4. Stoupnutí hladiny vody v tůních 16.04.2023	50
Příloha 5. Stav vody před (31.03.2023) a po (24.04.2023) stoupnutí vodní hladiny v tůních.....	51
Příloha 6. Larva rodu <i>Mochlonyx</i> (koretrovití – Chaoboridae) požírající larvu komára z komplexu rodu <i>Aedes</i>	51
Příloha 7. Uhynulé larvy z komplexu rodu <i>Aedes</i> po aplikaci larvicidu VectoBac.....	52
Příloha 8. Lineární regrese délky těla larev v období od 24.04.–15.05.2023	52
Příloha 9. Lineární regrese délky těla larev s hloubkou tůní pro všechny sledované lokality (25.02.– 01.05.2023).....	53
Příloha 10. Lineární regrese délky těla larev s hloubkou tůní (24.04.–15.05.2023) pro všechny sledované lokality.....	53
Příloha 11. Publikace Jak se rozmnožují komáři v tůních lužního lesa? (Čechová P, Fišarová L et Rulík M. 2024).....	54

Poděkování

Mé velké poděkování patří všem, kteří mě podpořili při tvorbě diplomové práce. Moc děkuji doc. RNDr. Martinu Rulíkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při terénních odběrech vzorků, cenné rady a připomínky. Dále bych ráda poděkovala RNDr. Tomáši Kurasovi, Ph.D. a Mgr. Lukáši Weberovi, Ph.D. za pomoc a rady při statistickém zpracování dat, Petře Čechové za spolupráci v terénu a při určování larev a Josefu Mihulkovi za pomoc při využití digitálního mikroskopu. Bc. et Bc. Lukáši Lebduškovi moc děkuji za tvorbu mapy lokalit a podporu při sepisování této práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za veškerou podporu při studiu.

V Olomouci 10. května 2024

Výzkum jarních tůní s výskytem komárů byl podpořen projektem MOSPREMA (registrační číslo 3211100011), prostřednictvím Norských fondů.

1 Úvod

Komárovití (Culicidae) náleží mezi nejpočetnější čeled' hmyzu sající krev na zvířatech i člověku. Díky tomu jsou významnými přenašeči nákaz nejen v tropických oblastech, ale v posledních letech i v České republice. Dosud je pro ČR známo 45 druhů komárů, avšak šíří se k nám různé invazní a nepůvodní druhy (Šebesta et Gelbič 2016). Ve světě je komárům věnována velká pozornost především kvůli přenosu nebezpečných onemocnění (malárie; virů: žluté zimnice, dengue, Zika, japonské encefalitidy, ťahyňa nebo chikungunya) na člověka. Výzkum spojený s životním cyklem komárů se zaměřuje přednostně na druhy *Aedes aegypti*, *A. albopictus*, *A. japonicus*, *A. koreicus*, které jsou významnými přenašeči nákaz, a zejména na účinnou likvidaci druhů v rizikových oblastech (Campos 2008; Balenghien et al. 2010; Byttebier et al. 2014; Soares-Pinheiro et al. 2017; Gimenez et al. 2020; Rossi da Silva et al. 2021; Arévalo-Cortés et al. 2022; Dalpadado et al. 2022; Obholz et al. 2022; Beleri et al. 2023). I na území ČR je komárům věnována velká pozornost, především z důvodu jejich masového výskytu v době zaplavení lůžnic v jarním a letním období. V dolní části povodí Moravy a Dyje neustále probíhají výzkumy zaměřené na šíření nepůvodních druhů a komáří kalamity, které zde působí především letní druhy (Olejníček et al. 2003; Šebesta et al. 2012; Berec et al. 2014; Šebesta et Gelbič 2016).

Komáři potřebují k vývoji rozmanitá vodní stanoviště ať už stálá, či dočasná. Významným biotopem našich záplavových druhů komárů z komplexu rodu *Aedes* jsou lužní lesy, ve kterých se nacházejí periodické tůně opakovaně vysychající během roku. V mírném pásu dochází k plnění tůní na začátku jara při tání sněhu, posléze mohou být plněny srážkovou, povrchovou či podzemní vodou. Místní fauna je velmi dobře adaptována na nestálost biotopu přečkáváním nepříznivého období ve stádiu vajíčka (Williams 2006). Tato adaptace v našich lužních lesích je známá například u listonohů jarních (*Lepidurus apus*), žábřonůžek sněžných (*Eubranchipus grubii*) i záplavových druhů komárů, k jejichž líhnutí dochází již brzy z jara při tání sněhu nebo po přívalových deštích, jakmile se lužní les zaplaví (Kramář 1958; Williams 2006; Merta et al. 2016).

O biologii a ekologii rodů *Aedes* a *Ochlerotatus* ve střední Evropě se překvapivě zatím moc neví. Především jsou omezeně dostupné znalosti o distribuci vajíček v přírodě (Service 1968a; Rydzanicz et al. 2011; Rowbottom et al. 2017) a vývoji larev v mokřadních oblastech sladkých vod (Dale et Knight 2008). Autoři se nejčastěji zabývali výzkumem vajíček nakladených v laboratorních podmínkách nebo získaných

z ovitrapů – pastí na odchyt gravidních samiček (Service 1977; Campos 2008; Di Battista et al. 2020; Obholz et al. 2022). Výzkumy věnující se distribuci komářích vajíček *in situ* mají velký význam. Poskytují nám informace o místech potenciálního výskytu komárů, aniž by bylo potřeba čekat na přerušení diapauzy a vylíhnutí larev (Lopp 1957; Rowbottom et al. 2017). Nevýhodou studia vajíček z terénu je především časová náročnost při rozebírání vzorků půdy (Silver 2008; Becker et al. 2020). Dosud proběhlé výzkumy ukázaly, že nejvíce komářích vajíček se nachází na okraji prohlubní (Curtis 1985; Rowbottom et al. 2017). Vývoj larev je sledován především z důvodu přenosu nemocí a komářích kalamit působících problémy v obydlených oblastech (Sedda et al. 2020; Kirik et al. 2021). Vzhledem ke klimatickým změnám spojeným s rostoucí teplotou vody byla zjištěna adaptace larev na tyto měnící se podmínky jejich rychlejším vývojem a vyšší růstovou rychlostí (Service 1968b; Service 1977; Sota et Mogi 1994; De Majo et al. 2017; Marini et al. 2020; Couper et al. 2021).

Tato diplomová práce je zaměřena na distribuci komářích vajíček v sedimentu tůň a délku vývoje larev během jarního období na území CHKO Litovelské Pomoraví. Zachované oblasti lužních lesů podél řeky Moravy jsou známé pro hojný výskyt komárů (Olejníček et al. 2003; Minář et al. 2004; Šebesta et al. 2012). Informace o distribuci vajíček a měnícím se hydrologickém režimu studovaného území mohou pomoci predikovat, při jaké hloubce zaplavení tůň lze očekávat spíše větší hustotu komářích larev. Díky znalosti délky vývoje larev mohou být případné preventivní zásahy (aplikace insekticidů) lépe naplánovány tak, aby měly co nejmenší dopad na fungování celého ekosystému lužního lesa (Schäfer et al. 2004; Porphyre et al. 2005; Mokany 2007). Výsledky práce byly zahrnuty do projektu MOSPREMA, který byl řešen na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci v letech 2022–2024 a měl za úkol predikci a management komárů v této oblasti. Dílčí výsledky a poznatky této diplomové práce jsou uvedeny v publikaci Čechová, Fišarová et Rulík (2024) (příloha 11).

2 Životní cyklus komárů

Komáry řadíme do řádu dvoukřídlí (Diptera), do čeledi Culicidae. Jedná se o hmyz s proměnou dokonalou, u kterého se střídá stádium vajíčka, larvy (4 larvální stádia – instary), kukly a dospělého jedince (imaga) (obr. 1). Každé stádium se od sebe liší vzhledem, druhem přijímané potravy, biotopem i způsobem života (Šebesta 2007).

U čeledi Culicidae rozlišujeme dva způsoby kladení vajíček samičkami. První skupina rodů *Culex*, *Culiseta* a *Anopheles* kladou vajíčka na vodní hladinu. *Anopheles* klade jednotlivá vajíčka opatřená plovacím zařízením, zatímco *Culex* a *Culiseta* lepí k sobě až stovky vajíček do typických člunků. Vývoj embryí trvá 2–7 dní v závislosti na teplotě, poté jsou schopna se líhnout. Druhá skupina, kam v našich podmínkách řadíme rody *Aedes* a *Ochlerotatus*, klade diapazující vajíčka jednotlivě do vlhké půdy v blízkosti periodicky zaplavovaných vodních biotopů. Samičky kladou 100–400 vajíček v závislosti na celé řadě faktorů, jedním z nich může být velikost samičky. Čím větší, tím více vajíček může klást (Service 1977; Briegel 1990). Snůšku mohou během života několikrát opakovat. Vývoj embryí trvá o něco déle než u rodů kladoucích na hladinu. Mohou se líhnout po 4–8 dnech při teplotě 20–25 °C, avšak v přírodě k tomu nedochází vlivem kolísajících abiotických faktorů. Larvy procházejí čtyřmi instary oddělenými od sebe trojím svlékáním, než se zakuklí. Ve stádiu kukly larvální orgány procházejí metamorfózou, potravu nepřijímají, zdržují se u hladiny, kde dýchají vzdušný kyslík a směrem ke dnu se pohybují pouze při podráždění. Stádium kukly trvá okolo 2 dnů, ale doba opět závisí na teplotě vody. Výlety imag nastávají i v době kdy je lokalita téměř vyschlá (Kramář 1958; Becker et al. 2020).

Po dokončení všech vývojových stádií z populace komárů nejdříve emergují samečkové, kteří musí ještě pohlavně dozrát. Během večerních až ranních hodin tvoří roje, do nichž lákají samičky, které se líhnou o 1–2 dny později. Poté dochází k páření – samičky se mohou pářit pouze jednou za život. Následně hledají vhodného hostitele, na kterém by se nasály krve, aby mohla vajíčka dozrát. Tento proces je označován jako gonotrofický cyklus. *Aedes vexans* může mít i 2 gonotrofické cykly, u jarních druhů nebyla tato skutečnost ve volné přírodě prokázána (Becker et al. 2020).

Teprve po dozrání vajíček je samička může klást na vhodná místa. Samičky jarních druhů *Ochlerotatus communis* zůstávají v oblasti, kde se samy vylíhly, jelikož doletí pouze na krátké vzdálenosti v rozmezí 45 m až 1.6 km (Joslyn et Fish 1986).

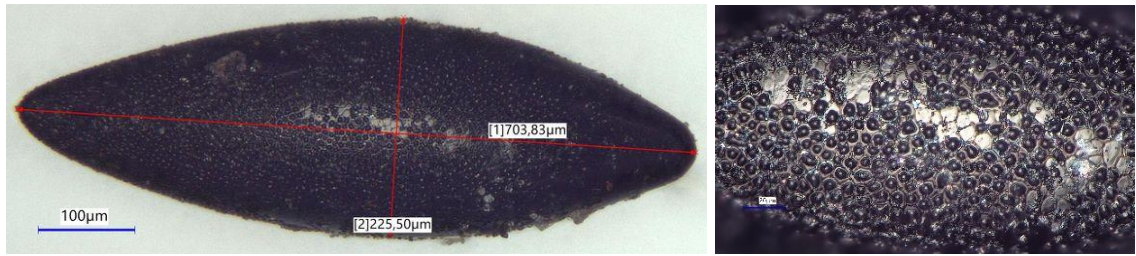
Naopak samičky letních druhů *Aedes vexans* překonávají i značné vzdálenosti, takže mohou obtěžovat obyvatelstvo vzdálené 10 i více kilometrů od líhniště (Kramář 1958; Schäfer et al. 1997; Šebesta et al. 2012; Verdonshot et Besse-Lototskaya 2014).



Obrázek 1. Životní cyklus komárů z komplexu rodu *Aedes* (© Lucie Fišarová)

2.1 Kladení vajíček rod *Aedes* a *Ochlerotatus*

Samičky rodu *Aedes* a *Ochlerotatus* kladou jednotlivá vajíčka přímo do půdy, opadaného listí nebo detritu na povrchu půdy v blízkosti dočasně pokleslé vodní hladiny. Vajíčka mají protáhle vejčitý tvar a tmavou, černou nebo tmavě hnědou barvu v závislosti na druhu. Jejich délka je variabilní v rozmezí 500–900 μm . Exochorion (vnější obal) tvoří na povrchu polygonální struktury (obr. 2), střední vrstvu tvoří endochorion a nejnvnitřnější je vitelinní membrána (Kay et Jorgensen 1986; Service et al. 1997; Becker et al. 2020).



Obrázek 2. Vajíčko komplexu rodu *Aedes*, vpravo detail polygonální struktury na povrchu vajíčka (VHX-7000 series digital microscope KEYENCE) (© Lucie Fišarová)

Samičky mohou žít 100 i více dní v závislosti na podmínkách prostředí. Klazení vajíček záplavových druhů probíhá od června do září (Service 1977). Ideální místo pro klazení si samičky vybírají podle různých kritérií (Bentley et Day 1989). Vlhkost půdy stejně jako pravděpodobnost budoucího zaplavení hrají důležitou roli. Čím větší je vlhkost, tím lépe jsou čerstvě nakladená vajíčka chráněna před vyschnutím a mohou dokončit vývoj nepropustného endochorionu a voskové vrstvy serózní kutikuly, které je chrání před vyschnutím. Ovšem dlouhodobě zaplavená půda je pro ně nevhodná (Horsfall et al. 1975). Samičky preferují jílovitou půdou s menším množstvím humusu a organických látek, jsou tedy schopné rozlišovat mezi různými typy půd. Samičky rodu *Ochlerotatus communis* a *Oc. cantans* kladou vajíčka mezi listy z minulého podzimu a jen velmi málo vajíček se nachází v půdě pod nimi (Wesenberg-Lund 1921; Service 1977). Je známo, že v závislosti na kolísající hladině vody kladou samičky vajíčka v pásech v okolí vodních těles. Tato místa leží pod úrovní okolního terénu, tudíž jsou tyto půdy vlhčí. Zároveň nesmí být vajíčka nakladena na příliš nízká (nejhlubší) místa tůní, protože jsou dlouho pod vodou a nesplňují podmínku střídání periody sucha a zaplavení. Například druh *Aedes vexans* klade vajíčka do vlhké půdy 15–30 cm nad vodní hladinou. V biotopech se stálou vodní hladinou navíc hrozí více přirozených predátorů (ryby, vodní ptáci, čolci a jejich pulci, larvy potápníků, vážek nebo vodních ploštic), kteří představují riziko pro vyvíjející se larvy. Ani místa s velmi krátkou dobou zaplavení nejsou vhodná, jelikož by byla vystavena riziku vyschnutí během embryonálního vývoje (Kramář 1958; Strickman 1980; Becker et al. 2020). Samičky záplavových druhů komárů vykazují slabší reakce na přítomné predátory oproti druhům kladoucím na hladinu. V době klazení vajíček nejsou schopny detekovat případné predační riziko pro larvy, které se vylíhnou po několika týdnech až letech (Vonesh et Blaustein 2010). Díky selektivě dostupných míst je distribuce vajíček v okolí tůní velmi nerovnoměrná (Čechová et al. 2024). Dále na samičky působí feromony, které vycházejí z již nakladených vajíček nebo rostlin, které indikují vlhkost a pravidelné

záplavy. Samičky si vybírají místa s hustou vegetací typickou pro stojaté vody (Day 2016). Pro druhy kladoucí na vodní hladinu je důležitá i přítomnost larev stejného druhu, která indikuje vhodnost habitatu pro následný vývoj (Bentley et Day 1989; Mokany et Shine 2003; Gonzalez et al. 2016). Na rozdíl od druhů tvořících člunky na hladině vody, spotřebují samičky kladoucí do půdy velké množství energie na výběr vhodného místa pro kladení, jelikož si vybírají různá místa pro kladení jednotlivých vajíček (Yoshioka et al. 2012). Avšak jaké faktory či stimuly přesně řídí výběr vhodného místa samičkami pro kladení vajíček není dosud plně známo (Becker et al. 2020).

Druhy kladoucí do vlhké půdy v záplavových oblastech dělíme na univoltinní (jedna generace za rok) a multivoltinní (více generací – obvykle dvě až tři). Vajíčka univoltinních druhů vstupují do diapauzy (řízena snížením teploty anebo měnící se délkou dne). Nejsou tedy schopná líhnouti během letních a podzimních měsíců, kdy jsou potenciální líhniště suchá. Pokud dojde v průběhu léta k zaplavení líhnišť, je možné, že se vylíhnou další larvy těchto druhů, ovšem z jiné, předcházející generace. Proto se označují jako univoltinní druhy, u kterých dochází k emergenci imag v jiném období. Naopak u multivoltinního způsobu života dochází k současnému výskytu dospělých jedinců oddělených generací v téže populaci, tudíž může docházet k tzv. zpětnému křížení (Service 1977). K přerušení diapauzy dochází na podzim s poklesem teploty, a tudíž jsou larvy připravené na líhnutí v průběhu následujícího jara, kdy taje sníh a tůně se opět zaplaví. Pro přerušení diapauzy musí být vajíčka vystavena minimálně jeden měsíc teplotám pod 0 °C (Gjullin et al. 1939). Larvy se mohou líhnout při teplotě vody nižší než 2–3 °C s vysokým obsahem kyslíku (Becker et al. 2020). V diapauze vyčkávají v půdě na vhodné podmínky i několik let. Vajíčka rodu *Aedes* dokáží přežít minimálně po dobu 6 měsíců (Ludueña-Almeida et Gorla 1995; Campos 2008), ale mohou zůstat životaschopná i 4–7 let (Annand 1941; Breeland et Pickard 1967; Horsfall et al. 1973; Bader et Williams 2011). To má samozřejmě dopad na kontrolu stavů kalamitních druhů, protože při záplavách a vyšších stavech vody dochází k líhnutí vajíček nakladených i v předchozích letech (Becker et al. 2020).

2.2 Líhnutí

Při zaplavení se nevylíhnou všechna vajíčka najednou, část jich vyčkává v diapauze, takže nehrozí likvidace celé populace v případě náhlého vyschnutí biotopu. Jedná se o životní strategii líhnutí po částech (hatching in instalments) v nestálých prostředích, charakteristických nejistým přežitím potomstva (Gillet 1955; Andreadis 1990). Zatím není zcela známo, jaké procento vajíček je připraveno při prvním zaplavení k líhnutí. U druhu *Aedes vexans* se v laboratorních podmínkách vylíhlo 57 % larev, po druhém 10 %, po třetím 25 % a po čtvrtém 8 % (Becker 1989). V jiném výzkumu bylo i po šestém zaplavení zjištěno až 40 % životaschopných nevylíhlých vajíček. Nevylíhlá vajíčka slouží jako vaječná banka do dalších let, tudíž nehrozí vymizení celé populace daného druhu při náhlém vyschnutí láníšť (Bader et Williams 2011). Pro líhnutí není důležitá jen teplota, ale i přítomnost mikroorganismů ve vodě, působení mrazu, vyschnutí biotopu nebo pokles rozpuštěného kyslíku ve vodě. U rodu *Aedes vexans* bylo zjištěno, že pouze 2 % vajíček se líhnou při zaplavení čistou vodou. Pokud se do vody přidají rozkládající se rostlinné látky, tak dochází k líhnutí v mnohem větším procentu (Becker et al. 2020).

Jarní druhy komárů (v angličtině označovány snow-melt mosquitoes) líhnoucí se v terénních depresích a příkopech jsou velmi dobře adaptováni svou diapauzou na měnící se abiotické podmínky. Periodické tůně umožňují během jarních měsíců pomalý vývoj, protože jsou na delší dobu zaplaveny celkem chladnou vodou. Vývoj larev probíhá od ledna a je ukončen na přelomu dubna a května, ale vždy záleží na nárocích konkrétních druhů (Service 1977). K časně jarním druhům líhnoucím se brzy na jaře (březen až začátek dubna) u nás patří *Ochlerotatus communis*, *Oc. cataphylla*, *Oc. leucomelas*, *Oc. intrudens*. K pozdně jarním, líhnoucím se koncem dubna nebo v květnu, se řadí *Oc. excrucians*, *Oc. flavescens*, *Oc. cantans* a *Oc. annulipes* (Olejníček et al. 2003; Šebesta 2007). V důsledku výkyvů jarního počasí souvisejících s oteplováním už toto striktní rozdělení platit nemusí (Čechová et al. 2024).

Letní druhy (tzv. floodwater mosquitoes) se líhnou během zvýšeného stavu vody v důsledku vydatných srážek a vyšší teploty vody, než je tomu na jaře. Vysoká teplota umožňuje jejich rychlejší vývoj, což zajišťuje larvám dokončení vývoje dříve, než biotop vyschne. Nejlepší podmínky pro vývoj jim poskytuje období mezi dubnem a zářím. Vajíčka přečkávají podzim, zimu a začátek jara v diapauze. Tím, že se jedná o multivoltinní druhy, tak potřebují stihnout svůj vývoj co nejrychleji, aby se mohla vylíhnout další generace v závislosti na kolísání vodní hladiny. Navíc je důležitý obsah

kyslíku ve vodě. Jakmile začne klesat v důsledku bakteriální aktivity, tak stimuluje líhnutí. Letní druhy komárů tedy mají vysokou reprodukční schopnost, která je odpovědná za tzv. komáří kalamity, během nichž mohou způsobovat velké potíže obyvatelům obcí nebo lesní zvěři. Z druhů žijících v České republice mezi ně řadíme *Aedes vexans*, *A. cinereus*, *Oc. sticticus* (Šebesta 2007).

2.3 Vývoj larev

Larvy komárů jsou beznohé, jejich tělo se skládá z hlavy, hrudi a zadečku. Zadeček je složen z devíti článků, z nichž předposlední je opatřen dýchacím sifem pro příjem atmosférického kyslíku. Většinu času se larvy zdržují u hladiny, nejčastěji ve shlucích, aby zamezili případné predaci. Larvy se živí filtrováním řas, sinic, organických zbytků a mikroorganismů z vody a vodní hladiny nebo jejich seškrabáváním z ponořených povrchů (Becker et al. 2020).

Během vývoje procházejí čtyřmi instary. Jejich tělo roste kontinuálně na rozdíl od hlavy, jež má typickou velikost pro každé larvální stádium. Larvy prvního instaru mají tzv. vaječný zub, který jim slouží k odklopení víčka vajíčka při líhnutí (obr. 3). Se zvětšováním larev a jejich svlékáním se vyvíjejí typické znaky pro jednotlivé druhy. Především dochází k větvení chloupků, zvyšování počtu šupinek v šupinkové skvrně na bocích osmého zadečkového článku a vývoji zubů na hřebeni sifa. Pro určování do druhů se využívají larvy čtvrtého instaru, které mají vyvinuty všechny rozpoznávací znaky (Kramář 1958, Becker et al. 2020).



Obrázek 3. Líhnutí larvy prvního instaru z vajíčka po odklopení víčka, které je v levé části fotografie (© Lucie Fišarová)

Délka vývoje larev kolísá v závislosti na teplotě vody (optimum se pro jednotlivé druhy liší), době trvání záplav a druhovém složení. Jarní druhy se líhnou při teplotě nižší než 10 °C, ale jejich vývoj trvá po dobu 2–3 měsíců. Letní druhy potřebují mnohem teplejší vodu, proto jejich vývoj probíhá mnohem kratší dobu v řádu jednoho týdne. Např. životní cyklus jarního druhu *Ochlerotatus cantans* při teplotě vody 10 °C trvá 37–42 dní, z toho nejdéle trvá fáze prvního a čtvrtého instaru (Service 1977; Becker et al. 2020). Se zvyšující se teplotou dochází k urychlení vývoje a zmenšování velikosti těla larev (Rueda et al. 1990), avšak teplota nad 25 °C již neumožňuje vývoj těchto jarních druhů. Naopak letní druh *Aedes vexans* se může vyvíjet i při teplotě 25 °C a vyšší, kdy dokončí svůj vývoj za 6–10 dní (Becker et al. 2020).

3 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je:

- 1) zjistit detailní distribuci a denzitu komářích vajíček v sedimentech jarních periodických tůní lužního lesa na území CHKO Litovelské Pomoraví
- 2) odhadnout dostupnou plochu pro kladení vajíček a potenciální velikost vaječné banky
- 3) vyhodnotit růst larev a jejich růstovou rychlost v závislosti na teplotě a poklesu hladiny vody v tůních
- 4) srovnat druhové složení na jednotlivých lokalitách

Hlavní hypotézy práce:

- (1) Na vysychajících březích tůní, které byly v jarním období zaplaveny, bude nalezeno signifikantně více komářích vajíček než na jejich dně.
- (2) Se vzrůstající teplotou se bude růstová rychlost larev zvyšovat.

4 Materiál a metody

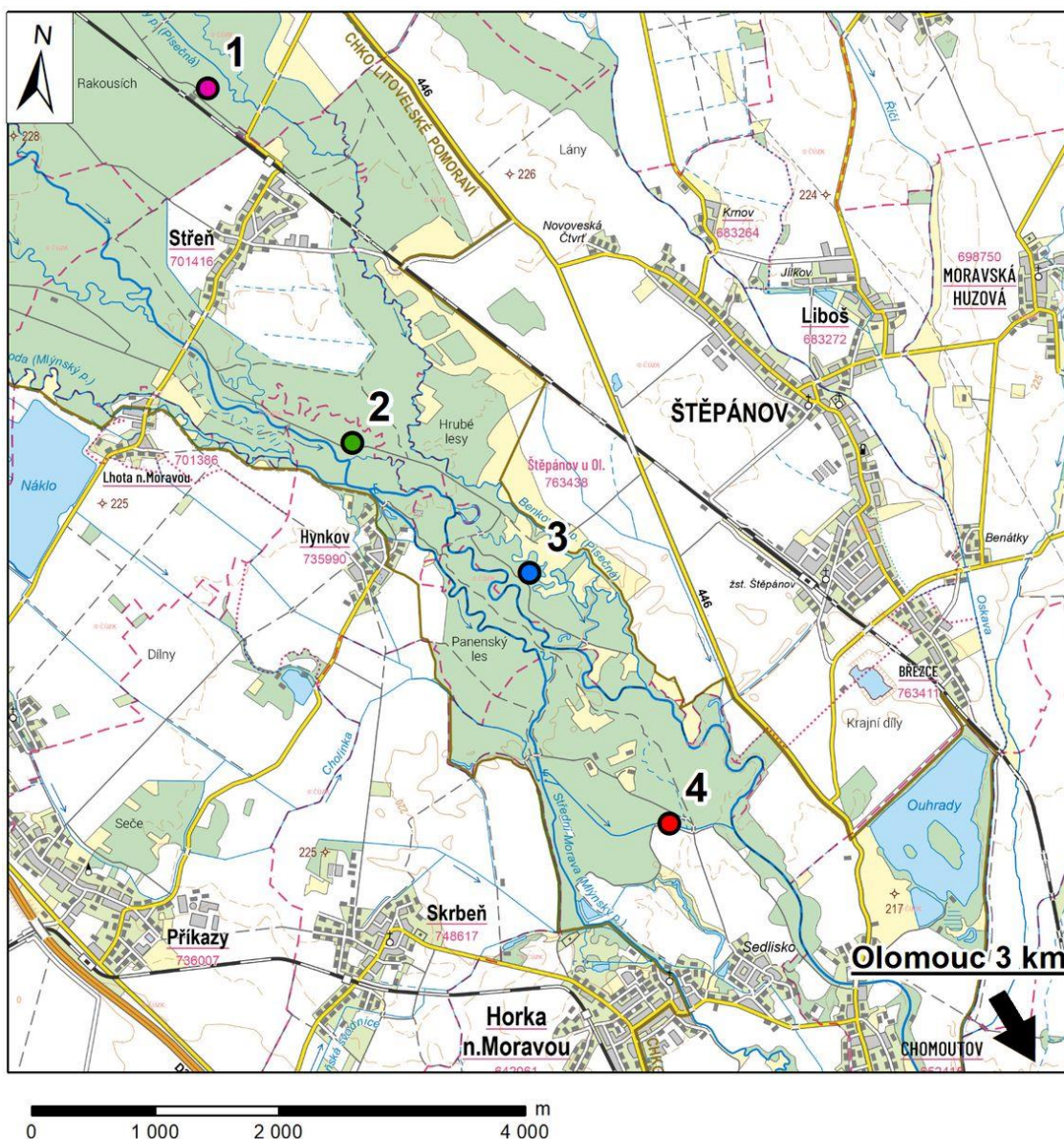
4.1 Studovaná oblast

Chráněná krajinná oblast (CHKO) Litovelské Pomoraví je výjimečná oblast z hlediska ochrany přírody nacházející se na východě České republiky mezi městy Olomouc a Mohelnice. Byla vyhlášena 12. listopadu 1990. V rámci Ramsarské úmluvy je zařazena na seznam mezinárodně významných mokřadů ohrožených lidskou činností. Celé území je vymezeno jako ptačí oblast (součást soustavy Natura 2000). Nadmořská výška území je 210 – 345 m n. m. Rozloha CHKO činí 96 km², z toho 56 % tvoří lesy, 27 % zemědělská půda, 8 % vodní plochy a 9 % sídla. Litovelské Pomoraví je poměrně suchou oblastí náležící do teplé klimatické zóny T-2 s průměrnou roční teplotou 8–9 °C. Roční úhrny srážek se pohybují okolo 600 mm, z toho nejméně srážek se vyskytuje v únoru a maxima dosahují v červenci (Machar 2009).

CHKO se rozprostírá v záplavovém území přirozeně meandrující řeky Moravy obklopené lužními lesy. Říční síť vytváří anastomózní systém označovaný jako vnitrozemská delta, v níž se nachází systém periodicky protékaných ramen tzv. smuhy. Jedná se o hydraulicky propojený systém hlavního koryta řeky s hyporeální zónou v její nivě a hladinou podzemní vody. Na přelomu ledna a února při tání sněhu nebo vyšších srážkách v povodí dochází k protékání již mrtvých ramen řeky a zaplavení různých terénních depresí studenou vodou, které označujeme jako jarní periodické tůně. Hladina vody postupně během jarních měsíců klesá, dokud tůně do začátku léta zcela nevyschnou (Machar 2009; Servus et al. 2010, Čechová et al. 2024).

Geologické podloží je tvořeno kvartérními štěrkopísky. Pravidelné zaplavování je zodpovědné za tvorbu nánosů kambických fluvizolů, které tvoří převážnou část půdy. Jemnozrnné sedimenty jsou transportovány řekou. V pravidelně zaplavovaných částech dochází k tvorbě jílovitohlinitých, písčitých a štěrkovitých usazenin, které obsahují velké množství organického materiálu způsobující stabilní produkci biomasy lužního lesa (Machar 2008).

Pro odběry vzorků byly na území CHKO Litovelské Pomoraví vybrány čtyři lokality s periodicky zaplavovanými tůněmi (obr. 4). Všechny lokality jsou podle hydrologické situace daného roku plněny na přelomu ledna a února podzemní vodou.



Obrázek 4. Mapa lokalit – 1. lokalita, 2. lokalita, 3. lokalita, 4. lokalita (zdroj podkladového ortofota: ČÚZK 2023, upravil Lukáš Lebduška)

4.1.1 Lokalita č.1

Tůň v místě bývalého meandru řeky Moravy. Nachází se 1.3 km SZ od obce Střeň (49°42.18140'N, 17°8.99952'E). Tůň má korytovitý tvar s mírnými břehy, je zastíněna stromy, které rostou na jejích březích a dno je tvořeno vrstvou listového opadu. Do června úplně vysychá. Odběry vzorků byly uskutečněny pouze ve východní části tůně přehrazené kmenem stromu (obr. 5), v níž nebylo dno v podzimním období pokryto vegetací.



Obrázek 5. Část meandru na lokalitě č.1 zaplavená (duben) a vyschlá (červen) (© Lucie Fišarová)

4.1.2 Lokalita č.2

Tůň má korytovitý tvar, prudké břehy a do června úplně vysychá. Nachází se u lesní cesty 1.2 km JV od obce Střeň (49°40.83945'N, 17°9.29556'E). Dno je pokryto vrstvou listového opadu, břehy stromovou a keřovou vegetací, tůň není zcela zastíněna. Pro odběry vzorků byla využita pouze SZ část meandru (obr. 6).



Obrázek 6. Část meandru na lokalitě č.2 zaplavená (duben) a vyschlá (červen) (© Lucie Fišarová)

4.1.3 Lokalita č.3

Tůň se nachází 2.6 km JZ od Štěpánova (49°40.20948'N, 17°11.49037'E) na okraji lesa v bývalém meandru řeky Moravy. Smuha nemusí být zcela zaplavena při nízké hladině podzemní vody. Dno bylo pokryto listovým opadem dřevin pouze ve vyšších částech břehu, které byly rozdílného sklonu. Tůň nemá typický korytovitý tvar. Pro odběry vzorků byla využita aktuálně zaplavená část (obr. 7). V nejhlubším místě zůstala voda až do podzimních měsíců.



Obrázek 7. Část smuhy na lokalitě č.3 zaplavená (únor) a téměř vyschlá (září) (© Lucie Fišarová)

4.1.4 Lokalita č.4

Tůň se nachází 1.8 km S od obce Horka nad Moravou (49°39.19004'N, 17°12.58381'E) uvnitř lesa 30 m od příjezdové cesty k Lovecké chatě. Tůň má okrouhlý tvar, je hluboká a částečně zastíněna okolními dřevinami (obr. 8). Břehy a dno jsou pokryty listovým opadem ze stromů na březích tůň. Do podzimu nedošlo k vyschnutí jejího dna.



Obrázek 8. Tůň na lokalitě č.4 zaplavená (květen) a téměř vyschlá (září) (© Lucie Fišarová)

4.2 Abiotické faktory

4.2.1 Měření vlhkosti půdy

Pomocí Kopeckého válečků (obr. 9) byly 04.06. a 19.06.2023 v každé tůni vždy z jednoho transektu napříč tůní odebrány vzorky sedimentů. Doba odběru byla zvolena s ohledem na vysychání tůní v období kladení vajíček samičkami. Vzorky byly převezeny do laboratoře, zváženy a vysušeny do konstantní hmotnosti při teplotě 65 °C. Následně byla vypočítána hmotnostní vlhkost podle následujícího vzorce (ČSN ISO (11465) 1998):

$$w_{H2OCR} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 [\% \text{ hm.}]$$

m_1 – hmotnost vzorku před vysušením, tj. navážka původního vzorku po odečtení hmotnosti sušiny

m_2 – hmotnost vzorku po vysušení do konstantní hmotnosti po odečtení hmotnosti sušiny



Obrázek 9. Kopeckého válečky pro odběr vzorků na stanovení vlhkosti půdy a koncentrace TOC (© Lucie Fišarová)

4.2.2 Stanovení celkového organického uhlíku v sedimentu

Ze vzorků, které byly vysušeny pro zjištění vlhkosti půdy, byl sediment využit pro zjištění množství organických látek, resp. celkového organického uhlíku. Stanovuje se jako ztráta žiháním (LOI – loss of ignition). Do vyčištěných, popsaných a předem zvážených misek bylo odděleno 6 g z celkové hmotnosti vysušeného vzorku. V laboratorní peci byly misky se sušinou žihány po dobu 3 hodin při teplotě 550 °C (obr. 10) a po vychladnutí

v exsikátoru zváženy. Výsledná hodnota LOI byla převedena na celkový organický uhlík (TOC) vynásobením koeficientem 0.45 (Meyer et al. 1981). Koncentrace TOC ve vzorcích je vyjádřena v %.



Obrázek 10. Vzorky sedimentů po spálení organické hmoty (© Lucie Fišarová)

4.2.3 Fyzikálně-chemické parametry vody

Parametry vody byly zjišťovány jednak s ohledem na vývoj larev a také pro porovnání vybraných tůní. Během jarních odběrů v zaplavených tůních se současně měřila hloubka vody pomocí skládacího metru, dřevěnými kolíky vyznačeno aktuální kolísání hladiny na březích, aby bylo zřejmé, kam sahala voda. Dále byla měřena teplota a konduktivita (konduktometr HANNA DiST 3 HI98303) společně s pH vody (HANNA pHep+).

4.3 Odběry vzorků

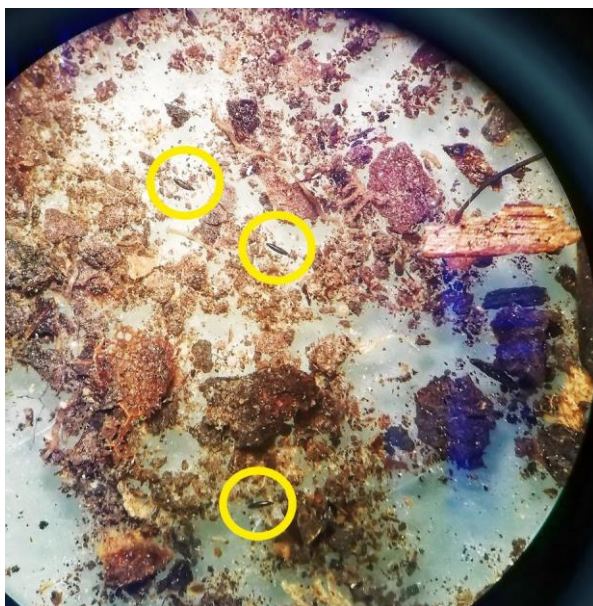
4.3.1 Odběr sedimentů pro detekci vajíček

Na podzim 2022 a 2023 byly odebírány sedimenty pomocí pedologické sondy o průměru 4.7 cm (obr. 11). První odběry se uskutečnily 21.10. a 02.12.2022 na lokalitě č.1 a 2. Další proběhly na všech lokalitách v období od 14.09. do 18.10.2023. Napříč každou tůň byly vyznačeny 3 transekty od jednoho břehu k druhému (příloha 1). Délka transektů byla zvolena v závislosti na velikosti tůně a výšce jarního zaplavení. Vzorky byly odebírány v 50cm intervalech od středu směrem k okrajům tůně. Při prvních odběrech byly vzorky rozděleny zprvu na 3 hloubkové podvzorky: 0–2 cm, 2–4 cm, 4–6 cm a při dalším

na 2 podvzorky: 0–3 a 3–6 cm, které byly hned po odběru umístěny do PVC sáčků (příloha 2). Po analýze vertikální distribuce z předešlého roku byly na podzim 2023 odebrány vzorky pouze do hloubky 0–3 cm. Celkem bylo odebráno 237 vzorků, které byly uchovávány v termostatu při teplotě 10 °C. Zpracování v laboratoři probíhalo podle metodiky Gjullina (1938) a Horsfalla (1956) pouze za pomoci sít a vody, aby byla zachována životaschopnost embryí. Každý vzorek byl nejprve zbaven hrubších nečistot přes síto s většími oky a následně přemístěn do menšího síta s oky o průměru 0.4 mm a propláchnut destilovanou vodou (příloha 3). Menší část vzorku byla vložena do Petriho misky, kde byla rozplavena destilovanou vodou a pod stereomikroskopem spočítáno množství přítomných vajíček (obr. 12). Nalezená vajíčka byla entomologickou pinzetou přenesena do mikroskopových typů Eppendorf, kde jsou nadále uchovávána při teplotě 10 °C. Získané počty vajíček byly použity pro následné vyhodnocení jejich horizontální distribuce v tůni, určení denzity na m² a k odhadu potenciální velikosti vaječné banky. Ta byla odhadnuta na základě zjištění dostupné plochy pro kladení vajíček samičkami. U všech tůní byly v červnu pásmem změřeny rozměry a stanovena dostupná plocha. Lokalita č.1 a 2 byly úplně vyschlé, naopak u lokalit č.3 a 4 byla měřena pouze obnažená plocha (obr. 13).



Obrázek 11. Pedologická sonda pro odběr sedimentů (lokalita č. 4), vpravo vzorek sedimentu před rozdělením na hloubkové podvzorky (© Lucie Fišarová)



Obrázek 12. Počítání nalezených vajíček (vyznačena žlutě) v sedimentu pod stereomikroskopem (© Lucie Fišarová)



Obrázek 13. Čerstvě obnažená plocha dostupná pro kladení vajíček (vyznačena žlutě) (© Lucie Fišarová)

4.3.2 Odběry larev

Bezprostředně po zaplavení tůní vodou byla provedena kontrola na přítomnost larev – první larvy komárů byly zaznamenány 25.02.2023. Poté probíhal jejich odběr každý týden (03.03., 10.03., 17.03., 25.03., 31.03., 07.04., 14.04., 24.04., 01.05., 08.05., 15.05.2023). Pomocí planktonní sítě byla daná část tůně prolovena a následně z misky vráceny zpět do tůní chráněné druhy živočichů – žábřonožky sněžní (*Eubbranchipus grubii*) a pulci skokana štíhlého (*Rana dalmatina*). V tůních se také hojně vyskytovaly larvy koretovitých (Chaoboridae) (příloha 6). Larvy komárů byly přes sítko scezeny

a vloženy do epruvet, kde byly fixovány 70% ethanolem. Odběry byly ukončeny v době, kdy ve vzorcích převažovaly z více jak 50 % kukly. V laboratoři bylo pod binokulární lupou proměřeno vždy z každé lokality 60 larev za použití milimetrového měřítka (obr. 14). Larvy byly měřeny od hlavy po devátý zadečkový článek. Celkem bylo proměřeno 2 880 larev společenstva komárů. Vzhledem k tomu, že se v tůních líhne více druhů, nebylo možné zabezpečit, že je měření prováděno vždy s larvami příslušného druhu. Přesná determinace je totiž možná až u larev čtvrtého instaru. Změřené larvy proto reprezentovaly „společenstvo komárů dané tůně“.



Obrázek 14. Měření délky těla larev pod stereomikroskopem za použití milimetrového měřítka (© Lucie Fišarová)

V důsledku náhlého vzestupu vody 16.04.2023 (příloha 5) bylo možné pokračovat v odběrech až do poloviny května z důvodu vylíhnutí nových larev. Odběry byly rozděleny na první (25.02.–01.05.2023) a druhé (24.04.–15.05.2023) období sledování. Proměřované larvy byly podle období výskytu označeny za 1. a 2. kohortu.

4.3.3 Stanovení růstové rychlosti

Z naměřených délek těl larev byla pro každou lokalitu stanovena růstová rychlost z rovnice pro relativní míru růstu, kde w_t je velikost larev v daném týdnu a w_0 je velikost larev v týdnu předešlém, t je čas, tj. 1 týden. Vypočítané μ udává relativní míru růstu larev pro danou dobu sledování mezi jednotlivými týdny (Hoffmann et Poorter 2002):

$$\mu = \frac{\ln \bar{w}_t - \ln \bar{w}_0}{t}$$

Za obě sledovaná období byla vypočtena také okamžitá míra růstu odečtením přirozených logaritmů průměrné počáteční od průměrné konečné velikosti larev.

4.3.4 Determinace larev

Larvy čtvrtého instaru byly determinovány pomocí určovacích klíčů nejprve do rodu a následně do druhů (Kramář 1958; Šebesta 2007; Becker et al. 2020). Nejdůležitější znaky pro určení jedinců do druhů jsou na posledních zadečkových člancích (obr. 15). Pro každou lokalitu byly determinovány larvy použité při proměřování délek těla.



Obrázek 15. Determinace larev do druhu (*Ochlerotatus cantans* – lokalita č.1, 01.05.2023)
(© Lucie Fišarová)

4.4 Analýza dat

Statistické analýzy a grafické zpracování bylo provedeno pomocí softwaru R (R Core Team 2023) a multivariační analýza v programu CANOCO 5.0 (Šmilauer et Lepš 2014). Tabulky byly zpracovány v programu Microsoft Excel. Abiotické podmínky tůní, vertikální distribuce vajíček, vývoj larev (délka těla larev byla logaritmována) a jejich růstové rychlosti byly testovány jednocestnou analýzou variance (one-way ANOVA). Následně byl proveden Tukeyho HSD test pro určení rozdílů mezi porovnávanými hodnotami. Pro zjištění vztahu růstové rychlosti s měřenými parametry vody v tůních byla použita korelační analýza.

Mnohorozměrná data týkající se horizontální distribuce vajíček byla analyzována prostřednictvím RDA modelu. Vlastní RDA model byl konstruován jako omezený vysvětlujícími proměnnými. Jako závislé proměnné v modelu vstupovaly log transformované početnosti vajíček komárů. Jako nezávislé vystupovaly parametry zbytek vody, vzdálenost od středu tůně (0 % = 0 m, 100 % = 2–4 m od středu tůně v závislosti na šířce tůně), vlhkost a vegetace (zda bylo místo odběru pouze s listovým opadem nebo se zde vyskytovaly rostliny). Pasivně byly do modelu vloženy zaznamenané druhy komárů v jednotlivých tůních. Vlastní model byl testován Monte Carlo permutačním testem s 5000 permutacemi a úplným znáhodněním. Testy jednotlivých proměnných tůní byly testovány prostřednictvím GLM modelu s Poissonovou distribucí.

5 Výsledky

5.1 Abiotické podmínky

5.1.1 Vlhkost půdy

Vlhkost půdy na jednotlivých lokalitách kolísala od 20 % do 79 %. Největší vlhkost byla naměřena 0.5 m od středu tůně a směrem k okrajům se snižovala (tab. 1). Mezi lokalitami (ANOVA, $F_{(3,32)} = 1.23$, $P = 0.315$) ani vzdálenostmi od středu tůně (ANOVA, $F_{(4,31)} = 1.38$, $P = 0.265$) nebyl prokázán signifikantní rozdíl.

5.1.2 Celkový organický uhlík v sedimentu

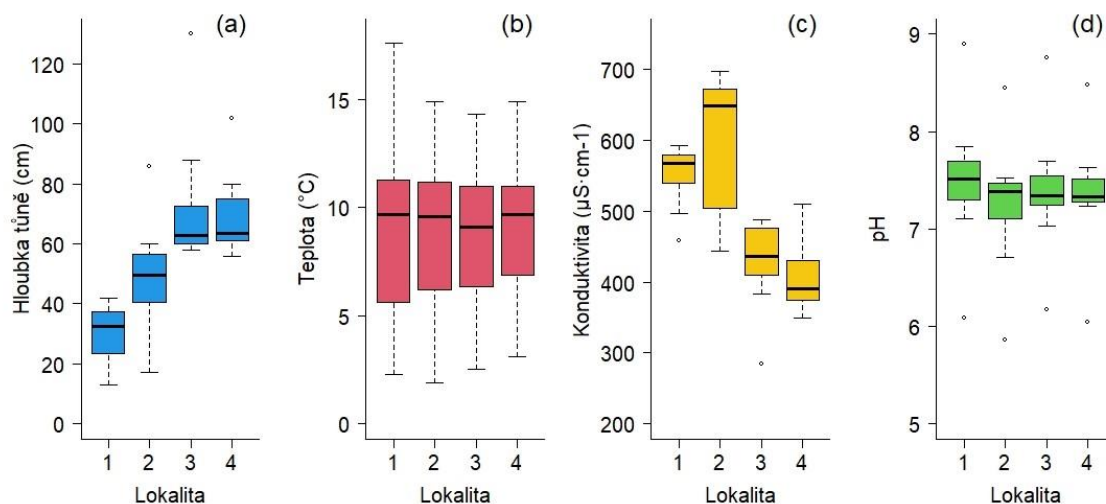
Hodnoty na lokalitách kolísaly od 4.82 % do 30.23 %. Nejvíce TOC bylo zjištěno ve středu tůně (tab. 1). Mezi lokalitami (ANOVA, $F_{(3,116)} = 8.77$, $P < 0.001$) i vzdálenostmi od středu tůně (ANOVA, $F_{(4,115)} = 2.48$, $P = 0.048$) byl prokázán signifikantní rozdíl. Téměř signifikantní (p -value = 0.051) rozdíl byl prokázán mezi vzdálenostmi 0 a 2 m.

Tabulka 1. Průměry vlhkostí půdy a TOC \pm směrodatná odchylka (SD) ze všech tůní ve vzdálenosti 0 až 2 m od středu tůně.

Vzdálenost (m)	Vlhkost (%)	TOC (%)
0	57.66 \pm 0.10	18.65 \pm 6.64
0,5	60.25 \pm 0.13	15.07 \pm 6.65
1	57.35 \pm 0.09	15.13 \pm 5.59
1,5	52.75 \pm 0.07	11.55 \pm 3.53
2	46.66 \pm 0.15	11.87 \pm 8.72

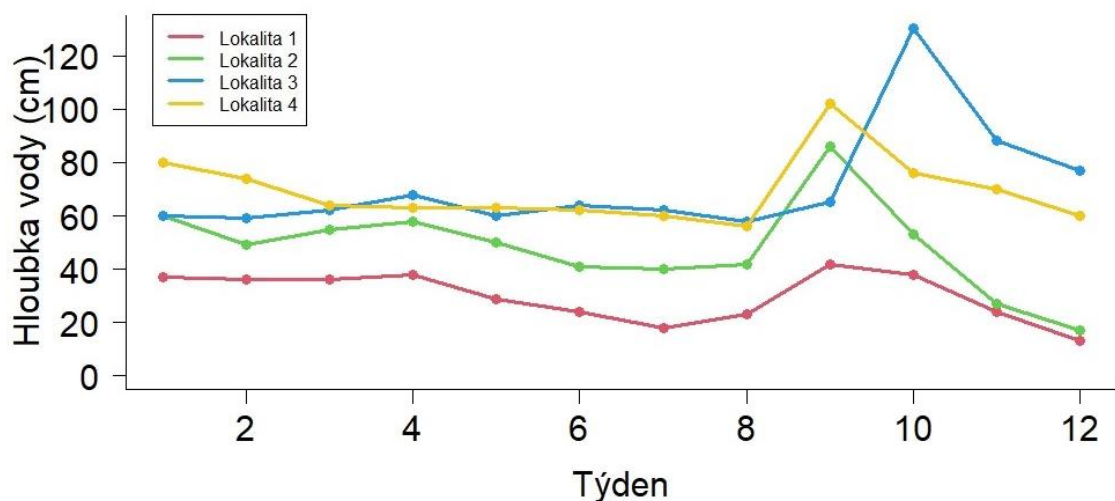
5.1.3 Fyzikálně-chemické parametry vody

Lokality se mezi sebou za celé období lišily v některých parametrech, které byly měřeny při každém odběru (obr. 16).



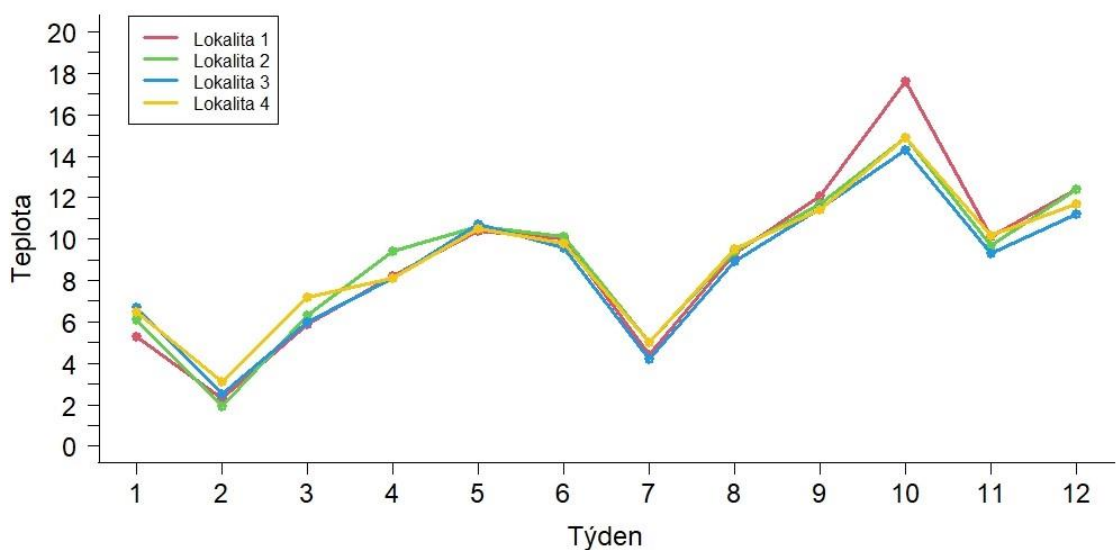
Obrázek 16. Porovnání parametrů vody jednotlivých tůň – výška hladiny (a), teplota vody (b), konduktivita (c), pH (d). Krabicové grafy byly vytvořeny z průměrných hodnot za celé sledované období od 25.02. do 15.05.2023 pro každou lokalitu. Krabice znázorňuje mezikvartilové rozpětí (50 % hodnot výběru), silná čára uvnitř grafu znázorňuje medián, linie vycházející z grafu nahoru a dolů představují maximum a minimum získaných hodnot. Jednotlivé body představují odlehlé hodnoty.

Hloubka vody v tůňích se v rámci lokalit pohybovala od 13 do 130 cm. Nejměhlčí tůň byla na lokalitě č.1, kde hladina dosahovala 13–42 cm. Lokalita č.3 byla nejhlubší, hladina zde kolísala od 58 do 130 cm (obr. 17). Hladina vody v tůňích kolísala v závislosti na hladině podzemní vody. Lokality byly plněny vodou postupně a mezi 2. a 4. týdnem se hladina vody zvyšovala, než začala opět klesat. V důsledku silných srážek došlo 16.04.2023 ke zvýšení průtoku vody v řece Moravě (příloha 4), následnému vzestupu hladiny podzemní vody v nivě a vyššímu zaplavení sledovaných tůň o 20–65 cm. Lokalita č.3 byla plněna vodou pomaleji a maxima dosáhla o týden později. Lokality se signifikantně lišily v hloubce vody za celé sledované období (ANOVA, $F_{(3,44)} = 18.83$, $P < 0.001$).



Obrázek 17. Kolísání hloubky vody na všech lokalitách za období 25.02.–15.05.2023 (1.–12. týden). V 9. týdnu pozorování (24.04.2023) došlo v důsledku zvýšeného průtoku vody v řece Moravě ke vzestupu hladiny vody ve všech tůních.

Teploty byly na lokalitách velmi podobné (obr. 18). Za sledované období teplota vody kolísala od 1.9 do 17.6 °C. Průměrná teplota vody byla 8.88 ± 3.43 °C. Medián teplot při prvním odběru 25.02.2023 byl 6.30 °C. O týden později klesl na 2.4 °C a hladina byla pokryta tenkou vrstvou ledu. Poté teploty vody stoupaly. Další výrazný pokles nastal 07.04.2023 na medián 4.7 °C. Na počátku druhé etapy odběrů 24.04.2023 byla počáteční teplota 11.60 °C. Poté se teplota držela v rozmezí 9–12 °C. Teplota se mezi lokalitami statisticky nelišila (ANOVA, $F_{(3,44)}=0.038$, $P = 0.99$).



Obrázek 18. Průběh teploty na všech lokalitách za období 25.02.–15.05.2023 (1.–12. týden).

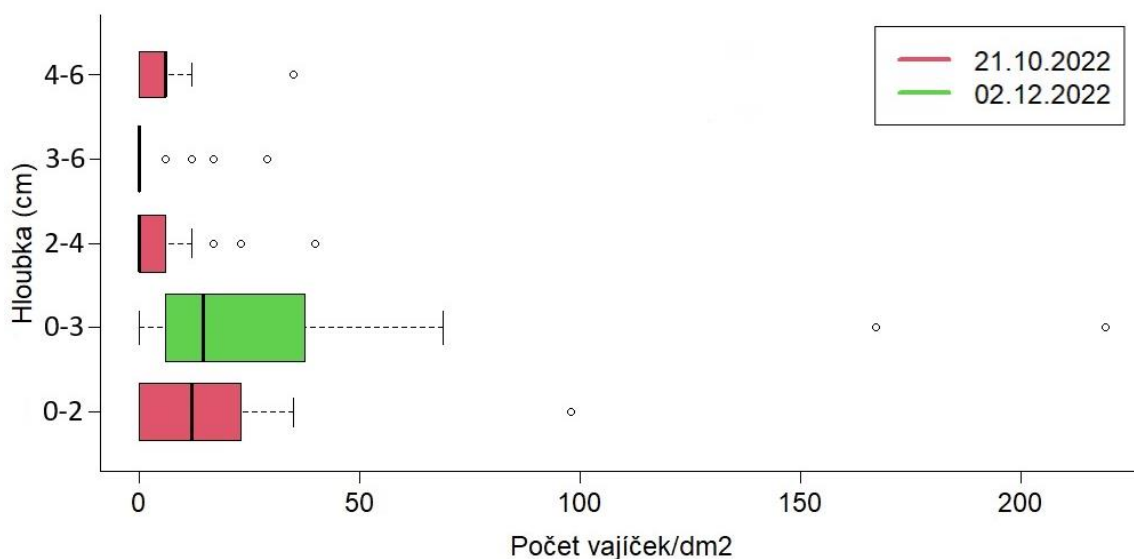
Nejvyšší konduktivity dosahovala voda na lokalitě č.2, kde byly hodnoty v rozmezí 443–697 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Studované lokality se signifikantně lišily v konduktivitě vody (ANOVA, $F_{(3,44)} = 24.85$, $P < 0.001$). V tůních kolísalo pH od 5.86 do 8.48, voda tedy byla zásaditá až mírně kyselá. Nicméně statistický rozdíl v pH vody mezi tůněmi zjištěn nebyl (ANOVA, $F_{(3,44)} = 0.34$, $P = 0.796$).

5.2 Vajíčka

V roce 2022 bylo ve dvou tůních v 93 vzorcích nalezeno celkem 230 vajíček (medián 48 vajíček·sonda⁻¹). V roce 2023 bylo ve čtyřech tůních ve 143 vzorcích nalezeno celkem 2 130 vajíček (medián 453 vajíček·sonda⁻¹).

5.2.1 Vertikální distribuce

Vertikální distribuce vajíček v sedimentu byla nerovnoměrná (obr. 19). V roce 2022 bylo nejvíce vajíček zjištěno v hloubce 0–3 cm (33 ± 51 vajíček·dm⁻²) a nejméně v hloubce 3–6 cm (3 ± 8 vajíček·dm⁻²). Hloubky výskytu vajíček se signifikantně lišily (ANOVA, $F_{(4,87)} = 6.743$, $P < 0.001$). Tukeyho test rovněž prokázal odlišnost mezi hloubkami 0–3 a 3–6 cm ($p < 0.001$) i 0–3 a 2–4 cm ($p = 0.007$).



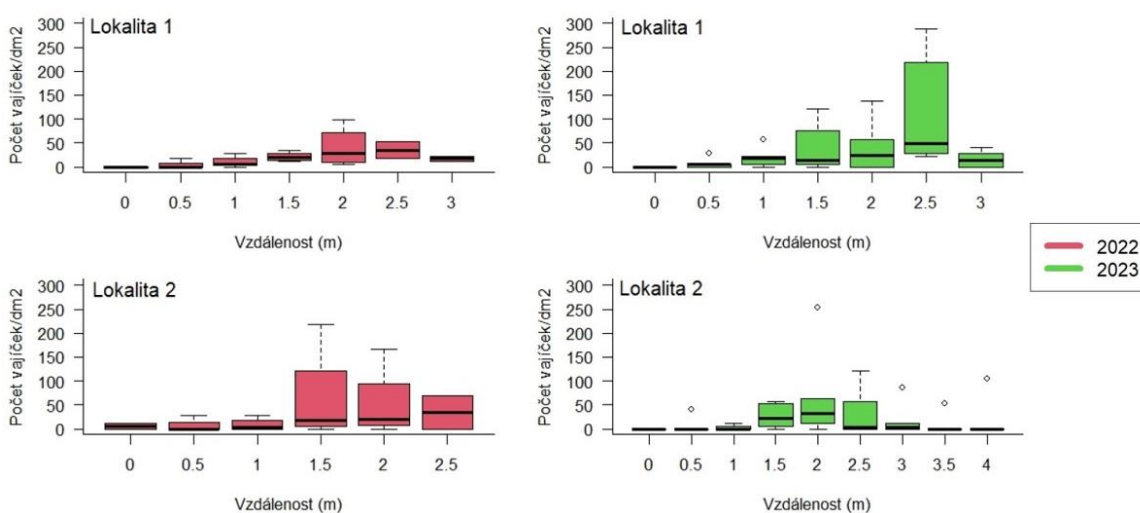
Obrázek 19. Porovnání vertikální distribuce vajíček v sedimentu v roce 2022. Osa y znázorňuje 0–6 cm do hloubky ode dna tůně, počet vajíček je vyjádřen z průměrných hodnot vajíček přepočtených na dm².

5.2.2 Horizontální distribuce

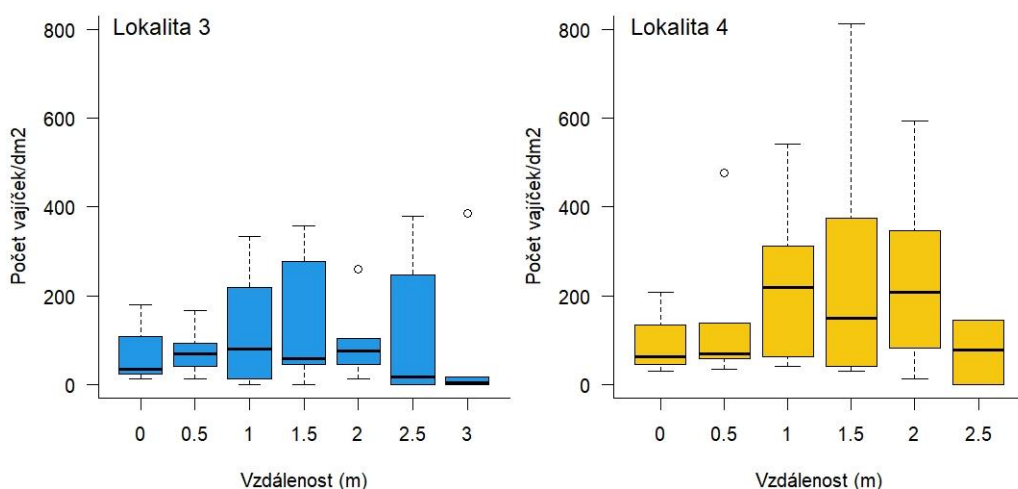
Většina vajíček byla nacházena na březích tůní ve vzdálenosti 1 až 2.5 m od středu tůně. Průměrná denzita vajíček kolísala s ohledem na místo odběru od 9 do 114 vajíček·dm⁻².

Na lokalitě č.1 bylo v roce 2022 v průměru nejvíce vajíček zjištěno ve 2 m od středu tůně (40 ± 37 vajíček·dm⁻²). V roce 2023 průměrně 110 ± 105 vajíček·dm⁻² ve 2.5 m od středu tůně. Na lokalitě č.2 bylo v roce 2022 v průměru nejvíce vajíček nalezeno ve 2.5 m (63 ± 90 vajíček·dm⁻²) a v roce 2023 ve 2 m (65 ± 87 vajíček·dm⁻²) (obr. 20).

Na lokalitě č.3 (133 ± 134 vajíček·dm⁻²) a 4 (259 ± 272 vajíček·dm⁻²) bylo zjištěno nejvíce vajíček ve vzdálenosti 1.5 m od středu tůně (obr. 21).

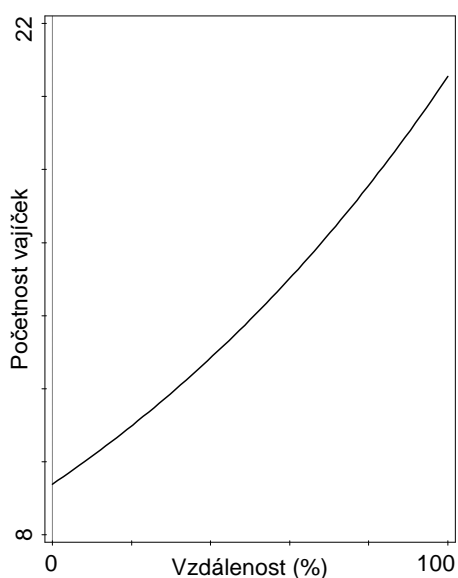


Obrázek 20. Porovnání horizontální distribuce vajíček na lokalitě č.1 a 2 v letech 2022 a 2023 ve vzdálenostech od středu (0 m) transektu ke břehům tůní.

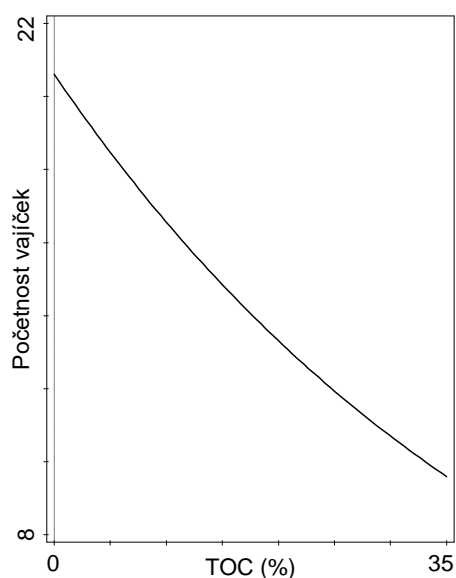


Obrázek 21. Porovnání horizontální distribuce vajíček na lokalitě č.3 a 4 v roce 2023 ve vzdálenostech od středu (0 m) transektu ke břehům tůní.

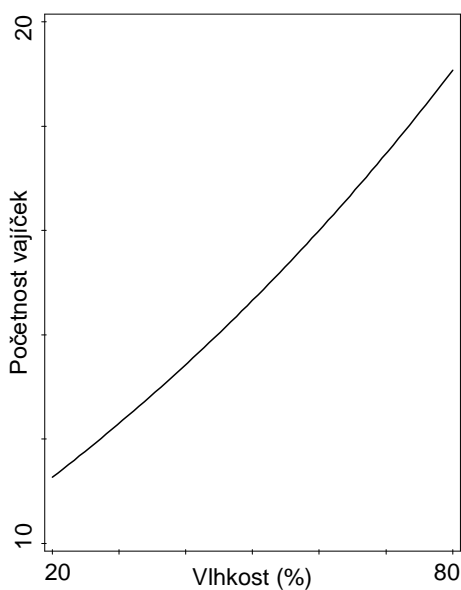
Zobecněný lineární model (GLM) byl statisticky významný pro čtyři z měřených parametrů. Počty vajíček byly zjištěny vyšší v souvislosti s větší vzdáleností od středu tůně ($F = 128.0$, $p < 0.00001$) (obr. 22) a vlhkostí půdy ($F = 19.8$, $p = 0.00002$) (obr. 23). Početnost vajíček klesala s nižší koncentrací TOC ($F = 33.6$, $p < 0.00001$) (obr. 24) a plochou tůně ($F = 1071$, $p < 0.00001$) (obr. 25).



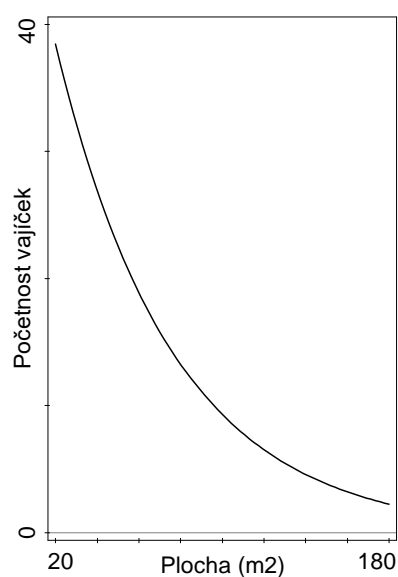
Obrázek 22. GLM závislosti početnosti vajíček \cdot sonda⁻¹ na vzdálenosti od středu tůně (0 % = střed, 100 % = okraj tůně s nejvyšší hladinou vody v jarním období)



Obrázek 24. GLM závislosti početnosti vajíček \cdot sonda⁻¹ na koncentraci TOC



Obrázek 23. GLM závislosti početnosti vajíček \cdot sonda⁻¹ na procentuální vlhkosti půdy



Obrázek 25. GLM závislosti početnosti vajíček \cdot sonda⁻¹ na ploše tůní

5.2.3 Denzita vajčiek

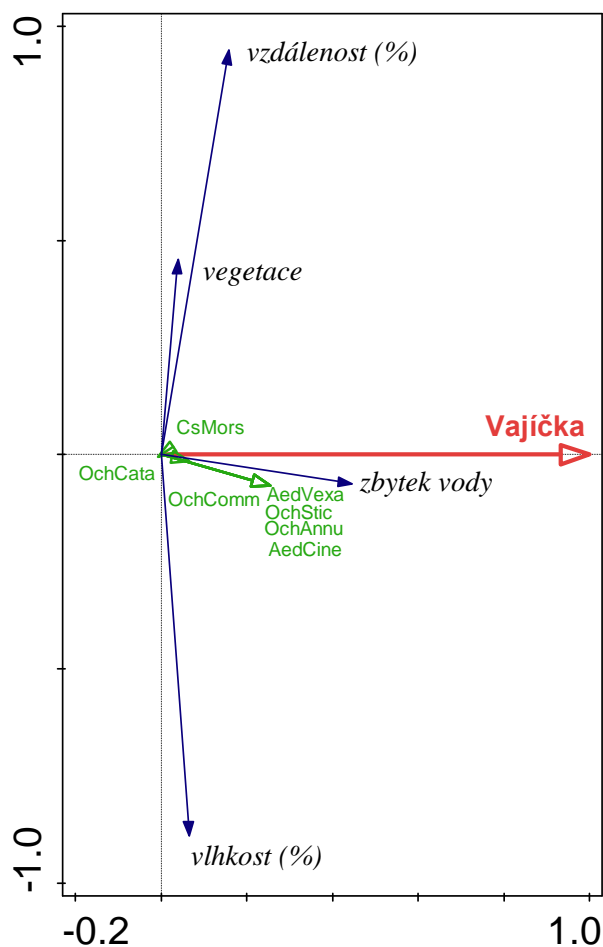
Plocha vhodná pro kladení vajčiek se značně lišila mezi jednotlivými tůněmi od 35.5 m² (lokalita č.4) do 167.7 m² (lokalita č.2) (tab. 2). Na základě zjištěné hustoty vajčiek z roku 2023 se na dostupné ploše sledovaných tůní může potenciálně nacházet 337 107–507 359 vajčiek komárů. Celková denzita vajčiek na plochu 1 m² kolísala meziročně a výrazně i mezi lokalitami (1 860 vajčiek·m⁻²–11 864 vajčiek·m⁻²). Na lokalitě č.1 bylo v roce 2023 zjištěno o 1 598 vajčiek·m⁻² více než v předchozím roce, zatímco na lokalitě č.2 se hustota vajčiek na stejné ploše tůně mezi lety lišila o 53 895 vajčiek.

Tabulka 2. Přehled potenciální hustoty vajčiek (vaječné banky) pro všechny tůně po přepočtu na 1 m² dané tůně a dostupnou vlhkou plochu pro kladení

Lokalita	Plocha (m ²)	Rok	Vajčiek·m ⁻²	Vajčiek·plocha tůně ⁻¹
1	97.48	2022	1 860	181 323
1	97.48	2023	3 458	337 107
2	167.67	2022	3 026	507 359
2	167.67	2023	2 705	453 464
3	54.00	2023	7 412	400 268
4	35.45	2023	11 864	420 594

5.2.4 Vztah mezi distribucí vajčiek a environmentálními faktory

Vliv místa nálezu na počty nalezených vajčiek byl analyzován prostřednictvím omezeného RDA modelu. RDA model vysvětluje 34.86 % variability v druhových datech (obr. 26). Model je statisticky průkazný na všech ordinálních osách (pseudo-F = 13.8, p < 0.001). Z nezávislých proměnných nejvíce variability (22.20 %) vysvětluje zbytek vody v tůni (pseudo-F = 30.3, p < 0.001).

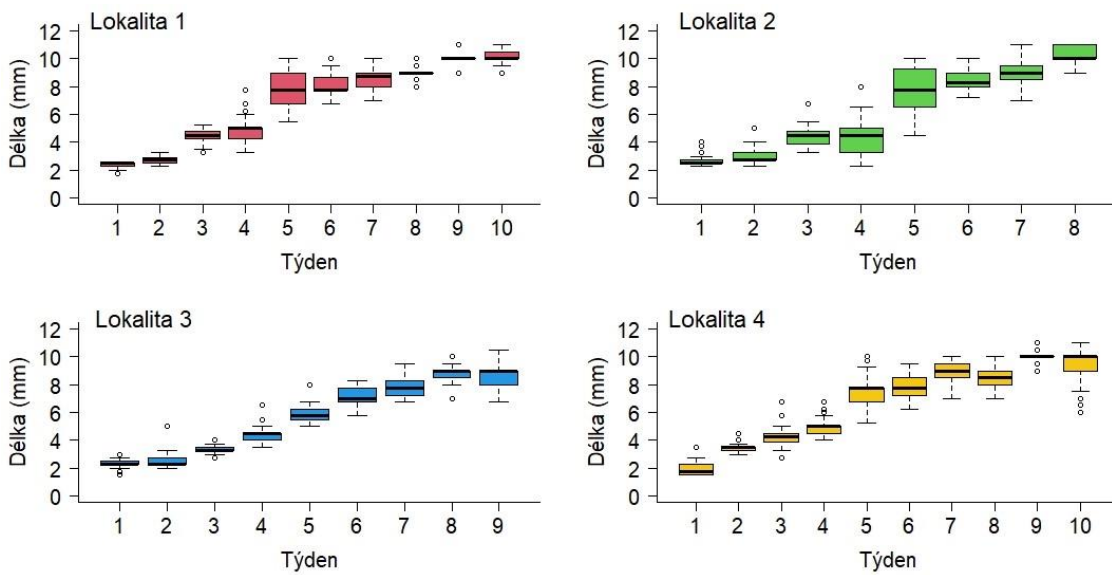


Obrázek 26. Omezený ordinační RDA model znázorňující vztahy mezi početností vajíček $\cdot \text{sonda}^{-1}$ z jednotlivých transektů (vyneseny jako nezávislá proměnná) a vybranými parametry tůň (vyneseny jako závislé proměnné). Vzdálenost od středu tůň vyjadřuje místo odběru v procentech (0 % = 0 m, 100 % = 2-4 m od středu tůň), vegetace (výskyt či absence rostlin), zbytek vody (na lokalitě č.3 a 4 z důvodu vydatných srážek v nejhlubší části) a vlhkost půdy vyjádřena v procentech. Pasivně jsou do modelu vloženy jednotlivé druhy komárů (zelené šipky, uvedeny jako akronymy).

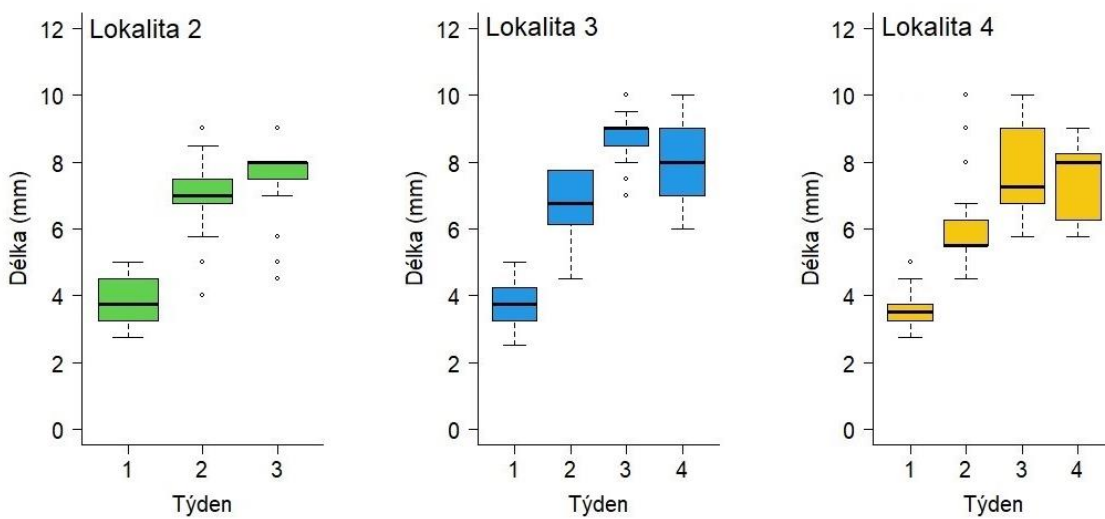
5.3 Larvy

5.3.1 Délka vývoje

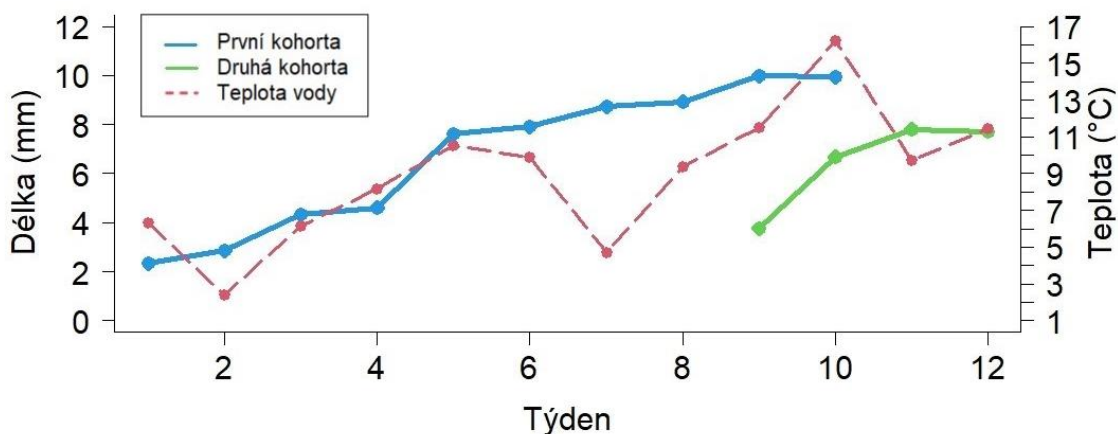
První larvy byly v tůních odebrány 25.02.2023, kdy se počáteční velikost larev pohybovala od 1.5 do 4 mm. Konečná velikost larev kolísala od 8 do 11 mm (obr. 27). Vývoj larev v prvním období probíhal po dobu 8–10 týdnů (cca 60 dnů). Velikost druhé kohorty na počátku kolísala od 2.5 do 5 mm, finální velikost pak od 6 do 9 mm (obr. 28). Délka vývoje trvala po dobu 3–4 týdny (cca 25 dnů). U první kohorty se první larvy 4. instaru objevily v 5. týdnu pozorování, u druhé kohorty již ve 2. týdnu. Ve druhém období byl tedy vývoj larev podstatně kratší (obr. 29).



Obrázek 27. Srovnání vývoje larev na sledovaných lokalitách za první období 25.02.–01.05.2023 (1.–10. týden). Krabicové grafy byly vytvořeny z průměrných hodnot velikostí larev (n=60).



Obrázek 28. Srovnání vývoje larev na sledovaných lokalitách za druhé období 24.04.–15.05.2023 (1.–4. týden). Krabicové grafy byly vytvořeny z průměrných hodnot velikostí larev (n = 60).

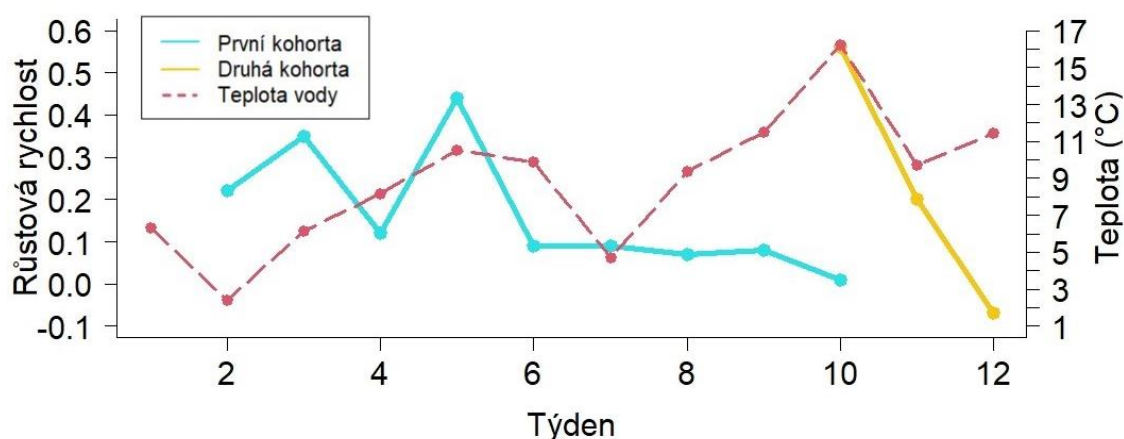


Obrázek 29. Vývoj průměrné délky larev 1. a 2. kohorty a průměrné teploty vody ze všech sledovaných tůň během jarních měsíců od 25.02.2023 do 15.05.2023.

Délka těla larev první kohorty se při prvním odběru signifikantně lišila mezi lokalitami (ANOVA, $F_{(3,236)} = 69.73$, $P < 0.001$) stejně jako při odběru v osmém týdnu pozorování (ANOVA, $F_{(3,236)} = 90.42$, $P < 0.001$). Tukeyho test prokázal odlišnost lokality č.2 ($p < 0.00001$). Pro druhou kohortu nebyl prokázán rozdíl mezi lokalitami v prvním týdnu pozorování (ANOVA, $F_{(2,177)} = 2.35$, $P = 0.098$), ale pro třetí týden byl rozdíl v délkách signifikantní (ANOVA, $F_{(2,177)} = 20.03$, $P < 0.001$). U druhé kohorty se signifikantně lišila od ostatních velikost larev na lokalitě č.3 ($p < 0.00001$).

5.3.2 Růstová rychlost

Relativní míra růstu (μ) v prvním sledovaném období byla pro všechny lokality relativně nízká a kolísala v průměru mezi 0.16–0.19. Relativní růstová rychlost larev 2. kohorty byla signifikantně vyšší ve srovnání s první etapou ($t_1 = 11.738$, $p = 0.0005$) a kolísala v průměru mezi 0.18–0.35. Maximální růstová rychlost v období od 25.02. do 01.05.2023 za všechny lokality byla zjištěna mezi čtvrtým a pátým týdnem (0.44 ± 0.10) (obr. 30). Okamžitá míra růstu pro 1. kohortu byla za 10 týdnů 1.43 ± 0.10 . Růstová rychlost ze všech lokalit v období od 24.04. do 15.05.2023 dosáhla maxima v prvním týdnu (0.57 ± 0.10). Okamžitá míra růstu pro 2. kohortu byla za 4 týdny 0.71 ± 0.03 . Mezi lokalitami nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v růstové rychlosti pro první (ANOVA, $F_{(3,29)} = 0.043$, $P = 0.988$) ani druhou kohortu (ANOVA, $F_{(2,5)} = 0.08$, $P = 0.924$).



Obrázek 30. Růstová rychlost proložená teplotou vody v období 25.02.–01.05.2023 (1.–12. týden). Body představují průměrné hodnoty za všechny lokality.

5.3.3 Druhovité složení na lokalitách

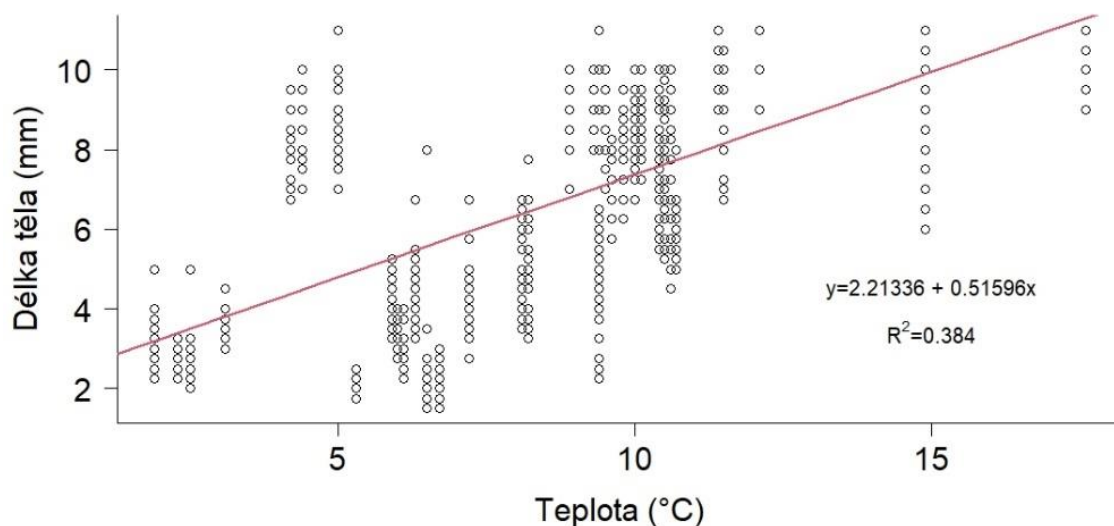
Ve sledovaném období byly v zájmových tůních zaznamenány jak jarní, tak letní druhy komárů (tab. 3). Společenstvo komárů bylo v období od 25.02. do 14.04.2023 zastoupeno pouze jarními druhy (*Ochlerotatus cantans*, *Oc. cataphylla*, *Oc. annulipes*, *Oc. communis*, *Culiseta morsitans*). Po zaplavení tůní v polovině dubna od 24.04. do 15.05.2023 se ve společenstvu komárů vyskytovaly na všech lokalitách i druhy letní (*Aedes cinereus*, *A. vexans*, *Oc. sticticus*). Celkem bylo nalezeno 8 druhů, dohromady se vyskytovaly pouze na lokalitě č. 4 v druhém sledovaném období. Nejméně druhů (3) bylo zjištěno na lokalitě č.1. Ani v jedné z tůní nebyly identifikovány letní druhy během počátečního zaplavení.

Tabulka 3. Přehled nalezených druhů rodů *Ochlerotatus* (*Oc.*), *Aedes* (*A.*) a *Culiseta* (*Cs.*) na jednotlivých lokalitách za rok 2023.

Období	Lokalita	<i>Oc. cantans</i>	<i>Oc. cataphylla</i>	<i>Oc. annulipes</i>	<i>Oc. communis</i>	<i>A. cinereus</i>	<i>A. vexans</i>	<i>Oc. sticticus</i>	<i>Cs. morsitans</i>
11.02.	1	+	+						+
	2	+	+	+	+				
14.04.	3	+		+	+				+
	4	+	+		+				+
24.04.	2				+	+	+	+	
	3	+		+	+	+	+	+	+
15.05.	4	+	+	+	+	+	+	+	+

5.3.4 Vztah mezi růstem larev a abiotickými faktory

Délka těla larev první kohorty korelovala se zvyšující se teplotou (obr. 31)



Obrázek 31. Lineární regrese závislosti délky těla larev na teplotě vody v období od 25.02.–01.05.2023, body představují průměrné hodnoty ze všech lokalit.

Délka těla larev pro obě sledovaná období korelovala signifikantně s dalšími měřenými parametry (tab. 4 a 5; příloha 8, 9, 10).

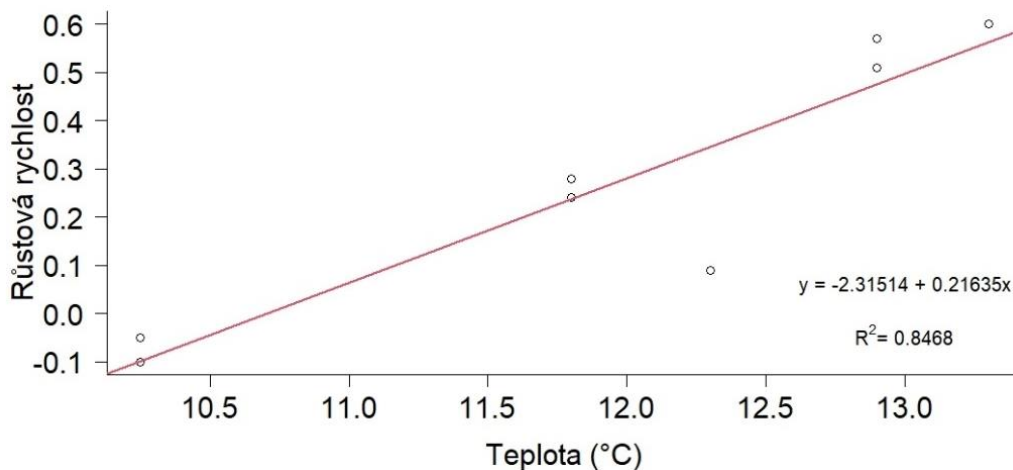
Tabulka 4. Korelační koeficienty pro měřené parametry ve vztahu k délce těla larev pro všechny lokality dohromady za první sledované období (25.02.–01.05.2023).

<i>n</i> = 2220	Teplota	Hloubka	Konduktivita	pH	Délka těla
Teplota	1	0.001123	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Hloubka	0.06913	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Konduktivita	-0.14375	-0.51979	1	< 0.00001	< 0.00001
pH	0.46738	-0.10870	-0.13139	1	< 0.00001
Délka těla	0.61986	-0.14425	-0.10091	0.45073	1

Tabulka 5. Korelační koeficienty pro měřené parametry ve vztahu k délce těla larev pro všechny lokality dohromady za druhé sledované období (24.04.–15.05.2023).

<i>n</i> = 660	Teplota	Hloubka	Konduktivita	pH	Délka těla
Teplota	1	< 0.00001	0.902043	< 0.00001	< 0.00001
Hloubka	0.26244	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Konduktivita	0.00482	-0.36894	1	< 0.00001	< 0.00001
pH	0.84509	0.290265	0.17261	1	< 0.00001
Délka těla	-0.18960	-0.21451	0.29244	0.20335	1

Pro první sledované období nebyla prokázána korelace mezi růstovou rychlostí a teplotou ($t_{31} = -1.8346$, $p = 0.0762$). Korelace růstové rychlosti larev na teplotě vody byla prokázána pouze v druhém sledovaném období ($t_6 = 5.760$, $p = 0.0012$) (obr. 32).



Obrázek 32. Lineární regrese závislosti růstové rychlosti na teplotě vody v období 24.04.–15.05.2023, body představují růstové rychlosti naměřené na lokalitách 2, 3 a 4.

5.3.5 Porovnání růstových charakteristik larev

V CHKO Litovelské Pomoraví a NPR Libický luh byly sledovány stejné charakteristiky vývoje larev komárů jako v této práci (tab. 6). Průměrná teplota ve sledovaných obdobích mezi lety 2010–2023 se pohybovala od 4.30 do 11.93 °C. Okamžitá míra růstu za celé sledované období kolísala od 0.70 do 1.43. Larvy se vyvíjely 25–64 dnů s ohledem na začátek pozorování a průměrnou teplotu v daném roce. Maximální dosažená velikost byla 12 mm, přičemž nejmenší byly larvy vyvíjející se od 24.04.2023, které dosáhly velikosti 9 mm.

Tabulka 6. Porovnání zjištěných charakteristik vývoje komárů z CHKO Litovelské Pomoraví (Chmelíková 2013; Fišarová 2024) a NPR Libický luh (Sobotková 2023) v letech 2010–2023 (upraveno podle Chmelíková 2013)

Rok odběrů	Chmelíková 2013			Sobotková 2023		Fišarová 2024	
	2010	2012	2013	2021	2022	2023	
Datum prvního pozorování	18.03.	14.03.	02.03.	26.03.	18.02.	25.02.	24.04.
Průměrná počáteční teplota vody (°C)	6.50	2.45	1.40	–	6.60	6.15	11.68
Průměrná teplota vody (°C)	7.85	9.10	4.30	–	–	7.70	11.93
Průměrná počáteční velikost (±SD) (mm)	4.88 ± 0.68	2.98 ± 0.53	3.76 ± 0.4	4.70	3.10	2.33 ± 0.24	3.77 ± 0.06
Průměrná konečná velikost larev (±SD) (mm)	10.13 ± 0.75	10.90 ± 0.81	9.50 ± 0.65	9.50	8.10	9.82 ± 0.66	7.69 ± 0.22
Maximální dosažená velikost larev (mm)	12	12	11	11	11	11	9
Okamžitá míra růstu za sledované období	0.73	1.29	1.05	0.70	0.96	1.43	0.71
Doba do dosažení maximální velikosti (dny)	34	37	52	36	64	60	25

6 Diskuze

Periodické tůně v CHKO Litovelské Pomoraví jsou z důvodu střídající se fáze sucha a zaplavení vhodným biotopem pro životní cyklus komárů rodů *Aedes* a *Ochlerotatus*. Brzy zjara zde dochází k líhnutí larev komárů z diapauzujících vajíček, vyčkávajících na vhodné podmínky v sedimentech tůní. Líhnutí v jarním období stimuluje relativně chladná a dobře okysličená voda (Becker et al. 2020).

Pro získávání vajíček z půdních vzorků existují rozmanité techniky (Silver 2008). Například metoda slané vody, která vyplaví vajíčka na hladinu hypertonického roztoku (Horsfall 1956), zmražení vzorků (Fisher 1981), rozmělnění půdních vzorků elektrickým mixérem (Ritchie et Jennings 1994) nebo opakované zaplavení vzorků vodou, dokud se z vajíček nevylíhnou larvy (Bidlingmayer et Schoof 1956; James 1966; Rowbottom et al. 2017; Lindström et al. 2021). Opakované zaplavování vzorků vodou má své nedostatky z důvodu líhnutí larev po částech (hatching in instalments), kdy se všechna vajíčka nelíhnou hned při prvním zaplavení a tento proces je nutné několikrát zopakovat. Ani po 18. zaplavení se však nemusí všechny larvy vylíhnout (Service 1968a). Z tohoto důvodu byla jako nejúčinnější, ale zároveň velmi časově náročná, vybrána metoda rozplavování vzorků půdy vodou (Gjullin 1938; Horsfall 1956). Tato metoda umožňuje zachování životaschopnosti embryí a vajíčka mohou být dále využita pro líhnutí v laboratorních podmínkách. Navíc při postupném rozplavování sedimentů je větší pravděpodobnost nalezení všech vajíček v daném vzorku.

Ukázalo se, že vlhkost půdy může být indikátorem výběru vhodného místa pro kladení vajíček samičkou. Po přepočtu nalezených vajíček za všechny tůně dohromady bylo 78 % vajíček nakladeno do půdy s vlhkostí ~ 52 %. Ovšem Strickman (1980) uvádí, že většinu vajíček kladou samičky do půdy s vlhkostí vyšší než 75 %. I půda slanisek s vlhkostí 65 % je pro druhy rodu *Aedes* atraktivní oproti půdám s vlhkostí pod 45 % (Knight et Baker 1962). Podobně byl na závlahových polích prokázán vyšší výskyt vajíček na vlhké půdě oproti suché (Rydzanicz et al. 2011). Je známo, že samičky kladou vajíčka výhradně do vlhké půdy, aby zamezily jejich vyschnutí ještě před dokončením embryonálního vývoje. Vlhkost však nemusí být jediným indikátorem vhodného místa pro kladení (Becker et al. 2020). Rowbottom et al. (2017) při studiu distribuce vajíček v rámci slaniska zjistili, že si samičky vybírají místa s nižší vlhkostí a typickou mokřadní vegetací, která jsou chráněna před prudkým přílivem mořské vody. Naopak Service (1968b) neprokázal závislost distribuce vajíček na vlhkosti půdy slanisek.

Z důvodu nízkého počtu Kopeckého válečků nebylo možné stanovit detailní rozložení vlhkosti napříč celým profilem tůně a během delší časové periody, proto jsou údaje o naměřené vlhkosti a množství TOC v sedimentech pouze orientační. V budoucnu by bylo lepší odebírat vzorky častěji a ve větším počtu pro detailnější stanovení vlhkosti, TOC a dalších vlastností půdy, které mohou působit na samičky v době kladení. Zároveň by bylo vhodné určit druhové složení vegetace, která tůně porůstá v období sucha, protože je známo, že samičky jsou lákány i různými druhy rostlin (Day 2016).

Pro všechny sledované lokality bylo v transektech napříč tůní zjištěno nejvíce vajíček na březích ve vzdálenosti 1–2.5 m od středu tůně v místech, která byla v jarním období zaplavena a nebyla porostlá vegetací. Toto zjištění je v souladu s pozorováním Service (1968b), který uvádí, že ve slaniscích kladou samičky nejvíce v místech s obnaženým dnem a typickou mokřadní vegetací 2–4 m od středu slaniska.

V roce 2022 bylo po prvních odběrech sedimentů zjištěno více komářích vajíček v hloubce 0–2 a 2–4 cm, z tohoto důvodu byly provedeny ještě v témže roce kontrolní odběry z hloubky 0–3 a 3–6 cm. Podle zjištěných hodnot bylo pro rok 2023 rozhodnuto o odběru vzorků pouze do hloubky 3 cm pod povrchem, jelikož zde bylo signifikantně nejvíce vajíček. Chmelíková (2013) uvádí, že nejvíce vajíček bylo nalezeno v hloubce maximálně 4 cm pod povrchem. Autoři, kteří se zabývali výzkumem vajíček *in situ* uvádějí, že nejvíce jich je právě ve vrchní vrstvě půdy mezi listím a větvičkami s nízkým pokryvem vegetací (Wessenberg-Lund 1921; Horsfall et al. 1973; Service 1977). Do hlubších vrstev se mohou dostávat činnosti edafonu, který se v půdě pohybuje a vajíčka přemísťuje (Becker et al. 2020). Vajíčka mají relativně dlouhou životaschopnost a tím, že mohou vytrvat v půdě 4–7 let (Breeland et Pickard 1967), není možné rozlišit, zda nalezená vajíčka pocházejí z aktuálního roku. V důsledku toho není možné z odběrů v terénu stanovit aktuálně nakladenou snůšku.

Množství nalezených vajíček přepočtené na danou plochu (dm^2) nelze přímo porovnávat s dosud vzniklými studii, jelikož se týkají jiných oblastí a nezaměřují se na tůně lužních lesů. Studie, která vznikla v Polsku na závlahových polích, uvádí v průměru 35 vajíček· dm^{-2} , přičemž nejvíce bylo 113 vajíček· dm^{-2} v místě s mokřadní vegetací. Naopak luční vegetace s pouhými 8 vajíčky· dm^{-2} nebyla příliš vhodným biotopem (Rydzanicz et al. 2011). Nejvíce vajíček v naší studii bylo nalezeno na březích tůní, což se shoduje se Strickman (1980), který zjistil nejvíce vajíček v místech, kde ustoupila hladina vody. Samičky jsou přitahovány vlhčí půdou, což by mohlo

vysvětlit skutečnost, proč bylo nalezeno podstatně více vajíček na m² na lokalitě č.3 a 4. V době kladení vajíček byla na dně tůně voda, která udržovala okolí vlhčí než u prvních dvou lokalit, které zcela vyschly. V případě, že se v místě vyskytuje mokrá a vlhká půda, tak samičky preferují vlhkou půdu 4–6 cm nad vodní hladinou nebo 15–30 cm ode dna deprese (Strickman 1980). Počty nalezených vajíček velmi závisí na místě odběru. Rydzanicz et al. (2011) ve studii uvádí, že velmi záleží na výškových rozdílech v rámci biotopu, kdy na níže položené části závlahových polí bylo v průměru nalezeno více vajíček (56–61 vajíček·dm⁻²). U lokality č.2 došlo během dvouletého sledování k poklesu nalezených vajíček na dm². To bylo pravděpodobně způsobeno neplánovaným zásahem do lokality aplikací larvicidu VectoBac, který se v současné době hojně používá na studovaném území. Došlo k úhynu larev (příloha 7), tudíž z této lokality vyletělo méně imag, která mohla klást vajíčka na dostupnou plochu.

Jelikož samičky kladou vajíčka v rámci tůně nerovnoměrně, bylo by lepší postupovat v menších rozestupech a odebírat více vzorků ze stejné vzdálenosti od středu tůně pro lepší reprezentativnost zjištěných dat. Dále by bylo vhodné změřit, v jaké výšce od klesající hladiny vody se břehy nacházejí, což by pomohlo lépe předpovídat závislost líhnutí na výšce budoucího zaplavení.

Tůně v CHKO Litovelské Pomoraví byly v roce 2023 zaplaveny v polovině února. K prvnímu zaznamenání larev došlo 25.02.2023, kdy byly nalezeny již některé larvy 2. instaru. Vzhledem k teplotě vody, která byla na počátku 6.3 °C předpokládáme, že k líhnutí došlo o několik dnů dříve. Jarní druhy komárů jsou totiž schopné líhnutí již při teplotách nižších než 4 °C, ovšem u druhu *Ochlerotatus cantans* jedinci nepřežívají, pokud by teplota nepřesáhla 1.5 °C (Service 1977). Vzhledem k nižším teplotám vody trval vývoj larev během sledovaného období delší dobu, podobně jako v jiných studiích (např. Service 1977; Chmelíková 2013).

U časně jarních druhů, které se vyvíjely po dobu 60 dnů, vývoj probíhal déle než 37–42 dnů při konstantní teplotě 10 °C (Becker et al. 2020). Důvodem mohla být skutečnost, že na našich lokalitách teplota během jara výrazně kolísala a v druhém týdnu odběrů byla dokonce hladina pokryta tenkou vrstvou ledu, což mohlo zpomalit vývoj larev. Larvy jsou schopné přežít krátkodobé zamrznutí hladiny, ochlazení nemá vliv na jejich výskyt, ale může zpomalit jejich vývoj (Šebesta 2007). Po oteplení se však zvětšila velikost larev a jejich růstová rychlost. Zřejmě z důvodu velkých výkyvů teplot vody se nám nepodařilo prokázat závislost růstové rychlosti na teplotě vody. V druhém

odběrovém období byly teploty konstantnější a růstová rychlost signifikantně korelovala s teplotou vody. Letní druh *Aedes vexans* se vyvíjí při 15 °C 21–23 dní (Service 1977), což by odpovídalo sledovaným vývojem po stoupení vodní hladiny a vylíhnutí především letních druhů komárů, kdy vývoj trval 25 dní.

Ošetřením lokality č.2 došlo k narušení kontinuity pozorování vývoje larev. Z tohoto důvodu jsou odběry na této lokalitě ukončeny dříve. Naštěstí v témže roce došlo v polovině dubna ke zvýšení hladiny vody v důsledku vysokých srážek v povodí, takže mohlo být zachyceno líhnutí nové kohorty larev. Vylíhla se zřejmě z vajíček z výše položených částí břehů, které nebyly v únoru zaplaveny. V těchto vzorcích byly zjištěny jak jarní, tak letní druhy, které mají obecně mnohem kratší vývoj a menší velikosti. Tento trend byl sledován na všech lokalitách kromě lokality č.1, kde nové larvy nebyly detekovány.

Relativní míra růstu larev byla na všech lokalitách největší mezi 4. a 5. týdnem pozorování pro první kohortu a mezi 1. a 2. týdnem pro druhou kohortu. To se shoduje se závěry Abdel-Malek et Goulding (1948), kteří uvádějí, že nejrychleji přirůstají larvy mezi prvním a druhým instarem, avšak záleží na sledovaných druzích. Tím, že se v tůních během pravidelných odběrů vyskytovaly larvy různých instarů, bylo značně komplikováno stanovování růstových rychlostí. Přítomnost menších jedinců ve vzorku totiž ovlivňuje přírůstek za daný čas, a proto byla růstová rychlost larev za celé období rozkolísaná.

V prvním období sledování se na lokalitách vyskytovaly pouze jarní druhy, které se líhnou při nižších teplotách vody. V lužním lese zjištěny rody *Ochlerotatus communis*, *Oc. cantans*, *Oc. cataphylla*, *Oc. annulipes*, kteří působí především lokální kalamity. Většina časně jarních druhů totiž není schopna zalétat na velké vzdálenosti od místa vývoje (Verdonschot et Besse-Lototskaya 2014). V tůních se kromě druhů z komplexu rodu *Aedes* objevil na třech lokalitách v obou obdobích druh *Culiseta morsitans*, který klade vajíčka ve tvaru člunků na vodní hladinu, vyhledává chladnější zastíněné vody a larvy jsou schopné přezimovat ve čtvrtém larválním instaru (Šebesta 2007). Ve druhém období se zvýšením vodního stavu i teploty vody došlo k líhnutí jak některých jarních, tak především letních druhů (*Aedes cinereus*, *A. vexans*, *Oc. sticticus*). Druh *A. cinereus* byl v periodických tůních běžně detekován prakticky během celého jarního období (duben–květen) 2023 (Čechová, osobní sdělení). Letní druh *Oc. sticticus* je na jihu Moravy dominantním druhem již v jarních měsících (Šebesta 2007). Ve studiích

provedených v záplavových oblastech Čech i jižní Moravy byl zjištěn dřívější výskyt právě těchto pozdně jarních a letních druhů, které mohou působit jarní komáří kalamity, v souvislosti s vyššími jarními teplotami v oblasti (Olejníček et al. 2003; Rettich et al. 2007; Šebesta 2007). Tím, že mohou doletět i několik kilometrů od líhniště působí problémy obyvatelům nedalekých obcí. Výhodou brzkého výskytu těchto druhů by mohla být jejich nižší početnost v letních měsících, pokud by byla potenciální líhniště, v důsledku nižších srážkových úhrnů, suchá (Olejníček et al. 2003).

Od roku 2013 do roku 2023 došlo při pozorování larev k nárůstu průměrné počáteční teploty o 4.9 °C. Chmelíková (2013) ve své práci uvádí kontinuální nárůst teplot za sledované období až na 5. týden pozorování (konec března), kdy došlo k zamrznutí hladiny. V roce 2023 byly teploty vody rozkolísanější a k zámruzu hladiny došlo již v druhém týdnu pozorování, tedy kolem 03.03.2023. Celková doba vývoje larev probíhala, i přes rozdílné počáteční teploty, přibližně stejný počet dní (52-60). To mohlo být závislé i na měsíci nálezů prvních larev (březen 2013 a únor 2023). Larvy se při konstantní teplotě 4 °C vyvíjí po dobu 143 dní, pokud je teplota vyšší, tak se zkracuje, při teplotě 25 °C pak trvá pouhých 21 dní pro druh *Oc. cantans* (Service 1977). Tento trend můžeme sledovat na lokalitě č.4, kde došlo k současnému výskytu jak jarních, tak letních druhů. V prvním sledovaném období byla celková doba vývoje 60 dnů, ve druhém období, při vyšších teplotách, pak jen 25 dnů. Doba dosažení konečné velikosti se tak liší zejména s ohledem na kolísající teplotu. S rostoucí teplotou vody dochází k urychlení vývoje larev. Larvy letních druhů, připravené k líhnutí, vyčkávají na příhodné podmínky, jako je teplota vody a snižující se koncentrace rozpuštěného kyslíku, které stimulují jejich líhnutí oproti druhům jarním. Rychlejší vývoj je způsoben především teplotou signalizující možnost dřívějšího vyschnutí líhniště (Becker et al. 2020). U velikosti larev můžeme sledovat snižování jejich konečné velikosti a to o 1 mm za posledních 10 let (Chmelíková 2013; Sobotková 2023).

Do budoucna bude zajímavé sledovat lokality, na nichž se aplikuje larvicidní preparát a ty, které zůstávají neošetřené. Je totiž známo, že v místech, kde se vylíhne méně larev, a tím pádem méně imag, dochází ke zvětšení jejich velikosti a kladení většího množství vajíček (Service 1977). To by mohlo mít nejen význam pro budoucí vývoj společenstev komárů, ale i pro management prevence kalamitních stavů.

7 Závěr

Tato diplomová práce přináší nové poznatky o distribuci komářích vajíček rodů *Aedes* a *Ochlerotatus* v sedimentech tůní lužního lesa na území CHKO Litovelské Pomoraví. Zároveň popisuje vývojové charakteristiky larev během jarního období. Potvrdilo se, že signifikantně nejvíce vajíček kladou samičky do vlhké půdy v místech, na kterých ustupuje voda po jarním zaplavení a poskytuje proto vhodnou plochu pro kladení diapauzujících vajíček. Avšak ukázalo se, že jejich distribuce v rámci tůní je nerovnoměrná a závisí na hydrologické situaci předcházejících let, jež určuje dostupnou plochu pro kladení. Tudíž vaječná banka studovaného území může být relativně rozdílná. Pro lepší pochopení faktorů a stimulů řídících výběr vhodného místa bude do budoucna potřeba zhodnotit více proměnných, které mohou na samičku působit (např. častější měření vlhkosti, stanovení kvality půdy, typu vegetace apod.).

Teplota se ukázala jako jeden z hlavních faktorů, které ovlivňují vývoj larev. Při vyšších teplotách dochází k jejich rychlejšímu vývoji a dosahují mnohem menších velikostí. Dosažená velikost však může být do velké míry určena druhovým složením sledovaného společenstva komárů. V porovnání s výzkumy proběhlými na zájmovém území v předešlých letech dochází, zřejmě v souvislosti s globálním oteplováním, také ke zkracování konečné délky těla larev. Závislost růstové rychlosti na teplotě vody byla částečně prokázána, a to v druhém období sledování, kdy relativní míra růstu korelovala se zvyšující se teplotou.

V návaznosti na vědomosti o distribuci a denzitě komářích vajíček v sedimentech tůní bychom mohli, společně s hydrologickým režimem dané oblasti, po jejich zaplavení predikovat potenciální množství komářích larev. Poznatky o délce vývoje larev nám umožní odhadnout, kdy je, v případě vysokých hustot larev, vhodná doba pro aplikaci larvicidních preparátů, aniž by byl narušen chod potravních vztahů v ekosystému lužního lesa. Ovšem stále je mnoho oblastí, které je potřeba detailněji prozkoumat, aby byly informace o vývoji komárů na daném území co nejpřesnější.

8 Literatura

- Abdel-Malek A, Goulding RL. 1948. A study of the rate of growth of two sclerotized regions within larvae of four species of mosquitoes. *Ohio J Sci.* 48:119–128.
- Andreadis TG. 1990. Observations on installment egg hatching in the brown saltmarsh mosquito *Aedes cantator*. *J Am Mosq Control Assoc.* 6(4):727–729.
- Annand PN. 1941. Report of the chief of the bureau of entomology and plant quarantine. Washington.
- Arévalo-Cortés A, Granada Y, Torres D, Triana-Chavez O. 2022. Differential hatching, development, oviposition, and longevity patterns among colombian *Aedes aegypti* populations. *Insects* 13.
- Bader CA, Williams CR. 2011. Eggs of the Australian saltmarsh mosquito, *Aedes camptorhynchus*, survive for long periods and hatch in instalments: implications for biosecurity in New Zealand. *Med Vet Entomol.* 25:70–76.
- Balenghien T, Carron A, Sinègre G, Bicout DJ. 2010. Mosquito density forecast from flooding: population dynamics model for *Aedes caspius* (Pallas). *Bull Entomol Res.* 100:247–254.
- Becker N. 1989. Life strategies of mosquitoes as an adaptation to their habitats. *Bull Soc Vector Ecol.* 14(1):6–25.
- Becker N, Petrić D, Zgomba M, Boase C, Madon MB, Dahl C, Kaiser A. 2020. Mosquitoes: Identification, Ecology and Control. 3rd ed. Springer. 507 s. ISBN 978-3-030-11623-1.
- Beleri S, Balatsos G, Tegos N, Papachristos D, Mouchtouri V, Hadjichristodoulou C, et al. 2023. Winter survival of adults of two geographically distant populations of *Aedes albopictus* in a microclimatic environment of Athens, Greece. *Acta Trop.* 240.
- Bentley MD, Day JF. 1989. Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. *Ann Rev Entomol.* 34:401–421.

- Berec L, Gelbič I, Šebesta O. 2014. Worthy of their name: How floods drive outbreaks of two major floodwater mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol.* 51:76–88.
- Bidlingmayer WL, Schoof HF. 1956. Studies on the viability of salt-marsh mosquito eggs. *Mosq News.* 16: 298–301.
- Breeland, SG, Pickard, E. 1967. Field observations on twenty-eight broods of floodwater mosquitoes resulting from controlled flooding of a natural habitat in the Tennessee Valley. *Mosq News.* 25:374–384.
- Briegel H. 1990. Metabolic relationship between female body size, reserves, and fecundity of *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol.* 36(3):165–172.
- Byttebier B, De Majo MS, Fischer S. 2014. Hatching response of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) eggs at low temperatures. *J Med Entomol.* 51:97–103.
- Campos RE. 2008. Long-term storage and viability of *Ochlerotatus albifasciatus* eggs (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 103:115–117.
- Couper LI, Farner JE, Caldwell JM, Childs ML, Harris MJ, Kirk DG, Nova N, Shocket M, et al. 2021. How will mosquitoes adapt to climate warming? *ELife* 10.
- Curtis GA. 1985. Habitat selection strategies of mosquitoes inhabiting citrus irrigation furrows. *J Am Mosq Control Assoc.* 1:169–173.
- Čechová P, Fišarová L, Rulík M. 2024. Jak se rozmnožují komáři v tůních lužního lesa? *Živa.* 73–78.
- ČSN ISO 11465 (836635) 1998. Kvalita půdy - Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy - Gravimetrická metoda. Český normalizační institut. 836635.
- ČÚZK. 2023. Prohlížečská služba WMS - ZTM 25. [digitální mapa] [online]. [cited 2024 Apr 22]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(xtzhim5m3cgbcuxyixwnifmg\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM25&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3116](https://geoportal.cuzk.cz/(S(xtzhim5m3cgbcuxyixwnifmg))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM25&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3116)

- Dale PER, Knight JM. 2008. Wetlands and mosquitoes: a review. *Wetlands Ecology and Management*. 16:255–276.
- Dalpadado R, Amarasinghe D, Gunathilaka N. 2022. Water quality characteristics of breeding habitats in relation to the density of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in domestic settings in Gampaha district of Sri Lanka. *Acta Trop*. 229.
- Day JF. 2016. Mosquito oviposition behavior and vector control. *Insects* 7:1–22.
- De Majo MS, Montini P, Fischer S. 2017. Egg hatching and survival of immature stages of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under natural temperature conditions during the cold season in Buenos Aires, Argentina. *J Med Entomol*. 54:106–113.
- Di Battista CM, Fischer S, Campos RE. 2020. Susceptibility of the floodwater mosquito *Aedes albifasciatus* from eggs of different dormancy times to the nematode parasite *Strelkovimermis spiculatus*. *Med Vet Entomol*. 34:432–439.
- Fisher JR. 1981. System for extracting corn rootworm larvae from soil samples. *J Econ Entomol*. 74:103–105.
- Gillett JD. 1955. Variation in the hatching-response of *Aedes* eggs. *Bull Ent Res*. 46:241–253.
- Gimenez JO, Alvarez CN, Almirón WR, Stein M. 2020. Meteorological variables associated with the temporal oviposition rate of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Resistencia city, Chaco province, Northeastern Argentina. *Acta Trop*. 212.
- Gjullin CM. 1938. A machine for separating mosquito eggs from soil. U.S. *Dept Agric Bur Ent Pl Quar*. ET-135.
- Gjullin CM, Yates WW, Stage H. 1939. The effects of certain chemicals on the hatching of mosquito eggs. *Science*. 89(2319):539–540.
- Gonzalez PV, González Audino PA, Masuh HM. 2016. Oviposition behavior in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in response to the presence of heterospecific and conspecific larvae. *J Med Entomol*. 53:268–272.
- Hoffmann WA, Poorter H. 2002. Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Annals of Botany*. 80: 37–42.

- Horsfall WR. 1956. A method for making a survey of floodwater mosquitoes. *Mosq News*. 16:66–71.
- Horsfall WR, Fowler HW, Moretti LJ, Larsen JR. 1973. Bionomics and embryology of the inland flood water mosquito *Aedes vexans*. University of Illinois Press, Urbana, IL. 211 s.
- Horsfall WR, Novak RJ, Johnson FL. 1975. *Aedes vexans* as a flood-plain mosquito. *Environ Entomol*. 4:675–681.
- Chmelíková M. 2013. Diverzita a biologie komárů podčeledi Culicinae ve vybraných tůních CHKO Litovelské Pomoraví. [diplomová práce] Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 57 pp, 3 přílohy, česky.
- James HG. 1966. Location of univoltine *Aedes* eggs in woodland pool areas and experimental exposure to predators. *Mosquito News*. 26: 59–63.
- Joslyn DJ, Fish D. 1986. Adult dispersal of *Ae. communis* using Giemsa self-marking. *J Am Mosq Control Assoc*. 2:89–90.
- Kay BH, Jorgensen WK. 1986. Eggs of *Aedes vigilax* (Skuse) and their distribution on plants and soil in south east Queensland saltmarsh. *J Aust ent Soc*. 25:267–272.
- Kirik H, Burtin V, Tummeleht L, Kurina O. 2021. Friends in all the green spaces: Weather dependent changes in urban mosquito (Diptera: Culicidae) abundance and diversity. *Insects* 12(4):352.
- Knight KL, Baker TE. 1962. The role of the substrate moisture content in the selection of oviposition sites by *Aedes taeniorhynchus* (Wied.) and *A. sollicitans* (Walk.). *Mosquito News*. 22:247–254.
- Kramář J. 1958. Komáři bodaví - Culicinae (řád: Dvoukřídli - Diptera). Praha: Nakladatelství Československé akademie věd (Fauna ČSR).
- Lindström A, Eklöf D, Lilja T. 2021. Different hatching rates of floodwater mosquitoes *Aedes sticticus*, *Aedes rossicus* and *Aedes cinereus* from different flooded environments. *Insects* 12(4):279.

- Lopp OV. 1957. Egg sampling as an index of mosquito breeding. *Proc New Jers Mosq Exterm Assoc.* 44:60–65.
- Ludueña-Almeida FF, Gorla DE. 1995. The biology of *Aedes (Ochlerotatus) albifasciatus* Macquart, 1938 (Diptera: Culicidae) in Central Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 90:463–468.
- Machar I. 2008. Floodplain forests of Litovelské Pomoraví and their management. *J For Sci.* 54:355–369.
- Machar I. 2009. Conservation and management of floodplain forests in the protected landscape area Litovelské Pomoraví (Czech Republic). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 108 s. ISBN 978-80-244-2355-5.
- Marini G, Manica M, Arnoldi D, Inama E, Rosà R, Rizzoli A. 2020. Influence of temperature on the life-cycle dynamics of *Aedes albopictus* population established at temperate latitudes: A laboratory experiment. *Insects* 11(11):808.
- Merta L, Zavadil V, Sychra J. 2016. Atlas rozšíření velkých lupenonožců České republiky. Chobot K. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 111 s. ISBN 978-80-88076-34-6.
- Minář J, Gelbič I, Olejníček J. 2004. Influence of climatic changes on biodiversity of mosquitoes. In: Kubík, Š. & Barták, M. (eds.), *Dipterologica Bohemoslovaca Vol. 11., Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Biologia* 109: 215–223.
- Meyer JL, Likens GE, Sloane J. 1981. Phosphorus, nitrogen, and organic carbon flux in a headwater stream. *Arch Hydrobiol.* 91:28–44.
- Mokany A, Shine R. 2003. Oviposition site selection by mosquitoes is affected by cues from conspecific larvae and anuran tadpoles. *Austral Ecology.* 28:33–37.
- Mokany A. 2007. Impact of tadpoles and mosquito larvae on ephemeral pond structure and processes. *Mar Freshw Res.* 58:436–444.
- Obholz G, San Blas G, Fischer S, Diaz A. 2022. Winter survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) eggs at its southern limit distribution. *Acta Trop.* 231.

- Olejníček J, Gelbič I, Minář J. 2003. Změny ve složení fauny komárů v dolní části povodí Moravy a Dyje v důsledku povodní a globálního oteplení. *Folia faunistica Slovaca*. 8:61–62.
- Porphyre T, Bicout DJ, Sabatier P. 2005. Modelling the abundance of mosquito vectors versus flooding dynamics. *Ecol Model*. 183:173–181.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. [online]. [cited 2024 Apr 30]. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>.
- Rettich F, Imrichová K, Šebesta O. 2007. Seasonal comparison of the mosquito fauna in the flood plains of Bohemia and Moravia, Czech Republic. *Eur Mosquito Bull*. 23:10–16.
- Ritchie SA, Jennings CD. 1994. Dispersion and sampling of *Aedes vigilax* eggshells in southeast Queensland, Australia. *J Am Mosq Control Assoc*. 10:181–185.
- Rossi da Silva K, Ribeiro da Silva W, Silva BP, Arcos AN, Augustu da Silva Ferreira F, Soares-da-Silva J, et al. 2021. New traps for the capture of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) eggs and adults. *PLoS Negl Trop Dis*. 15(4).
- Rowbottom R, Carver S, Barmuta LA, Weinstein P, Allen GR. 2017. Mosquito distribution in a saltmarsh: determinants of eggs in a variable environment. *J Vector Ecol*. 42:161–170.
- Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. 1990. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 27:892-898.
- Rydzanicz K, Kački Z, Jawień P. 2011. Environmental factors associated with the distribution of floodwater mosquito eggs in irrigated fields in Wrocław, Poland. *J Vector Ecol*. 36:332–342.
- Sedda L, Taylor BM, Eiras AE, Marques JT, Dillon RJ. 2020. Using the intrinsic growth rate of the mosquito population improves spatio-temporal dengue risk estimation. *Acta Trop*. 208.

- Service MW. 1968a. A method for extracting mosquito eggs from soil samples taken from oviposition sites. *Ann Trop Med Parasitol*. 62: 478–480.
- Service MW. 1968b. The ecology of the immature stages of *Aedes detritus* (Diptera: Culicidae). *J Appl Ecol*. 5(3):613–630.
- Service MW. 1977. Ecological and biological studies on *Aedes cantans* (Meig.) (Diptera: Culicidae) in Southern England. *J Appl Ecol*. 14:159–196.
- Service MW, Duzak D, Linley JR. 1997. SEM examination of the eggs of five british *Aedes* species. *J Am Mosq Control Assoc*. 13(1):47–65.
- Servus M, Vrbický J, Dočkal O. 2010. Chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví. *Ochrana přírody*. 5:2–6.
- Schäfer M, Storch V, Kaiser A, Beck M, Becker N. 1997. Dispersal behavior of adult snow melt mosquitoes in the Upper Rhine Valley, Germany. *J Vector Ecol*. 22(1):1–5.
- Schäfer ML, Lundström JO, Pfeffer M, Lundkvist E, Landin J. 2004. Biological diversity versus risk for mosquito nuisance and disease transmission in constructed wetlands in southern Sweden. *Med Vet Entomol*. 18:256–267.
- Silver JB. 2008. Mosquito ecology: Field sampling methods. 3rd ed. Dordrecht, The Netherlands: *Springer*. 1477 s. ISBN 978-1-4020-6665-8.
- Soares-Pinheiro VC, Dasso-Pinheiro W, Trindade-Bezerra JM, Tadei WP. 2017. Eggs viability of *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae) under different environmental and storage conditions in Manaus, Amazonas, Brazil. *Braz J Biol*. 77:396–401.
- Sobotková R. 2023. Růstové charakteristiky larev jarních druhů komárů (Culicidae) [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 43 s. 9 příloh. Česky.
- Sota T, Mogi M. 1994. Seasonal life cycle and autogeny in the mosquito *Aedes togoi* in northern Kyushu, Japan, with experimental analysis of the effects of temperature, photoperiod and food on life-history traits. *Population Ecology*. 36:105–114.

- Strickman D. 1980. Stimuli affecting selection of oviposition sites by *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae): moisture. *Mosquito news* 40:236–245.
- Šebesta O. 2007. Vliv lužního lesa na výskyt komárů na jižní Moravě. [Břeclav]: Biosférická rezervace Dolní Morava. 72 S. ISBN 978-80-254-1235-0.
- Šebesta O, Rettich F, Peško J. 2012. Výzkum komárů na jižní Moravě a jejich zdravotní význam. *Hygiena*. 57(1):4–9.
- Šebesta O, Gelbič I. 2016. Late flooding combined with warm autumn – potential possibility for prolongation of transmission of mosquito-borne diseases. *Biologia*. 71:1292–1297.
- Šmilauer P, Lepš J. 2014. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO 5. 2. vyd. Cambridge: Cambridge University Press.
- Verdonschot PFM, Besse-Lototskaya AA. 2014. Flight distance of mosquitoes (Culicidae): A metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. *Limnologica*. 45:69–79.
- Vonesh JR, Blaustein L. 2010. Predator-induced shifts in mosquito oviposition site selection: A meta-analysis and implications for vector control. *Isr J Ecol Evol*. 56:123–139.
- Wesenberg-Lund C. 1921. Contributions to the biology of the danish Culicidae. K. Danske Vidensk Selsk Skr 8th Ser, 7, No. 1.
- Williams DD. 2006. The biology of temporary waters. New York, USA: Oxford University Press. 348 s. ISBN 978-0198528128.
- Yoshioka M, Couret J, Kim F, McMillan J, Burkot TR, Dotson EM, Kitron U, Vazquez-Prokopec GM. 2012. Diet and density dependent competition affect larval performance and oviposition site selection in the mosquito species *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasites Vectors*. 5: 2255.

9 Přílohy



Příloha 1. Vyznačení transektů na jednotlivých lokalitách, nahoře zleva lokalita č.1, 2, 3, 4
(© Lucie Fišarová)



Příloha 2. Odběr vrchních 0–3 cm ze vzorku sedimentu pomocí odlamovacího nože a jejich ukložení do připravených PVC sáčků. (© Lucie Fišarová)



Příloha 3. Zpracování vzorků v laboratoři rozplavením sedimentů destilovanou vodou v Petriho misce s využitím stereomikroskopu (© Lucie Fišarová)



Příloha 4. Stoupnutí hladiny vody v tůních 16.04.2023 (mezi 8 a 9 týdnem pozorování), z dat pro projekt MOSPREMA (sensor Střeň 3 umístěný 150 m od lokality č.2) (převzato z <https://senzory.mosprema.cz/>)



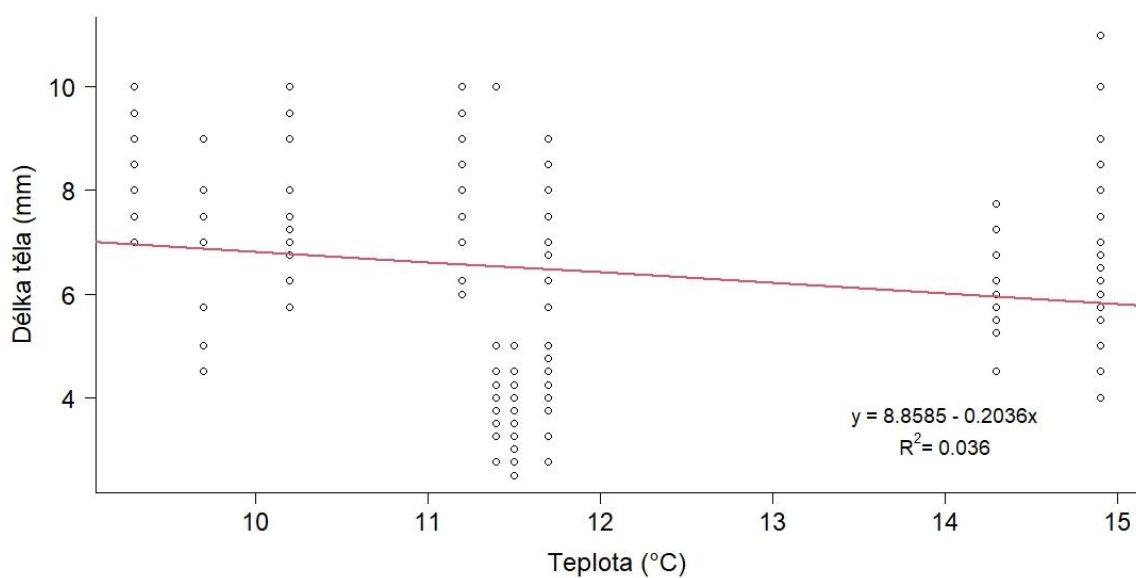
Příloha 5. Stav vody před (31.03.2023) a po (24.04.2023) stoupenutí vodní hladiny v tůních
(© Lucie Fišarová)



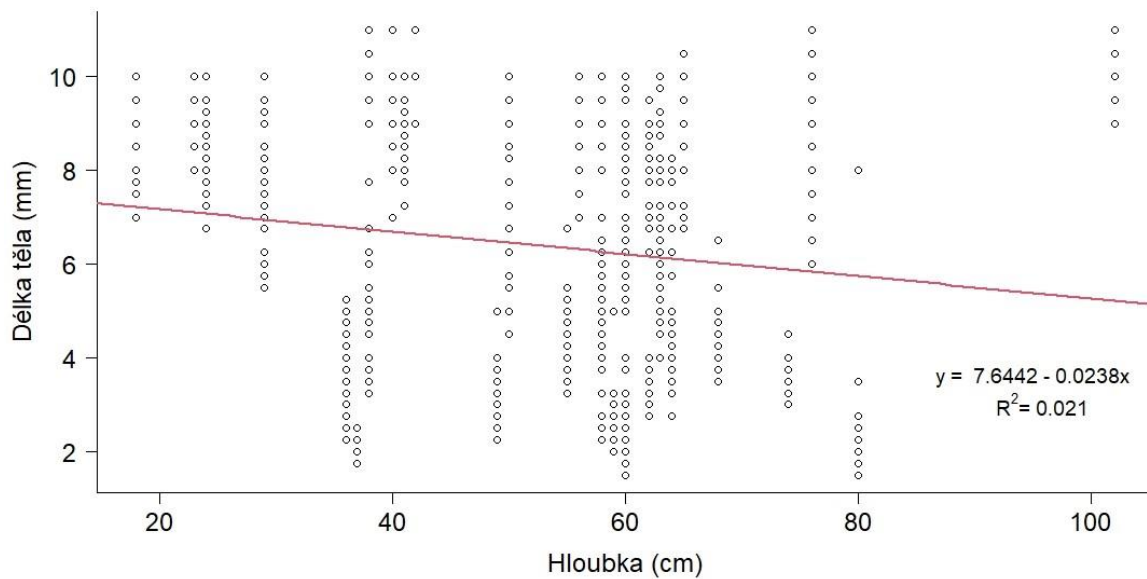
Příloha 6. Larva rodu *Mochlonyx* (koretrovití – Chaoboridae) požírající larvu komára z komplexu rodu *Aedes* (© Lucie Fišarová)



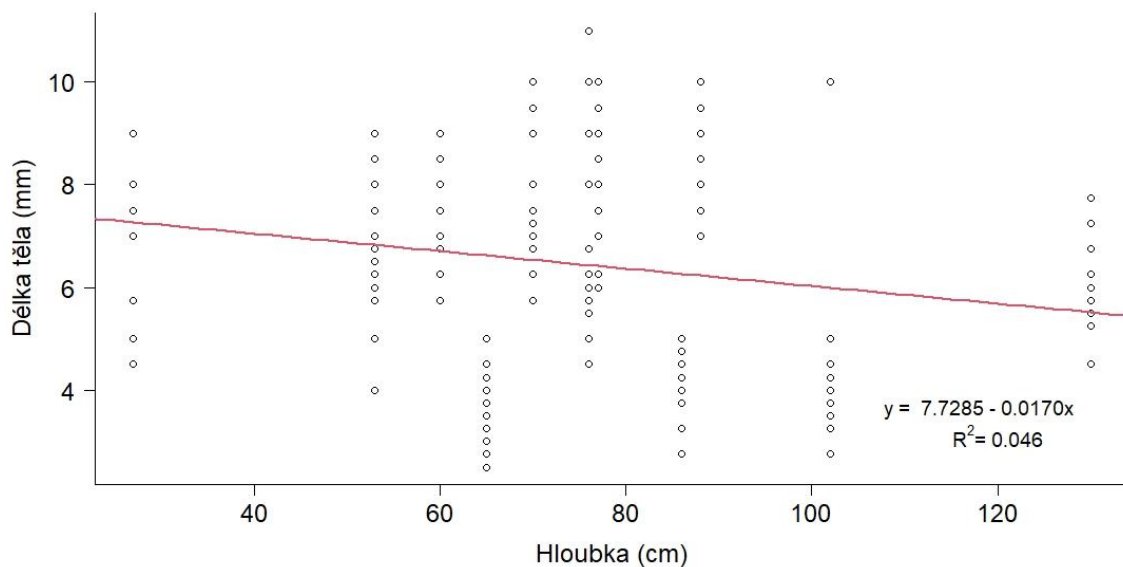
Příloha 7. Uhynulé larvy z komplexu rodu *Aedes* po aplikaci larvicidu VectoBac na lokalitě č.2
(© Lucie Fišarová)



Příloha 8. Lineární regrese délky těla larev v období od 24.04.–15.05.2023, body jsou průměrné hodnoty ze všech lokalit.



Příloha 9. Lineární regrese délky těla larev s hloubkou tůní pro všechny sledované lokality (25.02.–01.05.2023), body znázorňují průměrné hodnoty naměřených délek těla larev.



Příloha 10. Lineární regrese délky těla larev s hloubkou tůní (24.04.–15.05.2023) pro všechny sledované lokality, body znázorňují průměrné hodnoty naměřených délek těla larev.

Jak se rozmnožují komáři v tůních lužního lesa?

Charakteristickým biotopem lužních lesů v České republice jsou jarní periodické tůně. K jejich zaplavení dochází obvykle v průběhu února, na přelomu jara a léta pak tůně vysychají. V těchto dočasných vodách nacházejí ideální podmínky pro vývoj larvy komárů z komplexu rodu *Aedes* (některé druhy bývají řazeny i do rodu, nebo spíše podrodu *Ochlerotatus*), kteří se mohou u nás podílet rozhodující měrou na vzniku komářích kalamit. K přemnožení komárů může dojít již v jarních měsících, závažnější ale bývají letní povodně, kdy je v důsledku vyšší teploty vody vývoj larev rychlejší, a kalamita proto může nastat během 14 dní od zaplavení lůžniště. Predikce a následný management kalamitních stavů, který spočívá v aplikaci larvicidních preparátů, vyžaduje na jedné straně dobré znalosti o počtu a délce vývoje komářích larev, které se ve vodních biotopech daného území vyvíjejí, na druhé straně pak vědomosti o hydrologickém režimu sledovaného místa. Nadměrné používání insekticidů pro hubení larev komárů může být nebezpečné pro celou potravní síť bezobratlých i obratlovců lužního lesa, proto je důležité vhodně načasovat jejich případné použití, aby se kalamita co nejvíce omezila.

V rámci projektu, v současné době řešeného na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci, zkoumáme v lužních lesích chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví (obr. 1), kde se nacházejí vajíčka komárů a jaká je jejich hustota ve

vybraných jednotlivých tůních, věnujeme se odhadu množství larev komárů v tůních a sledujeme rychlost jejich vývoje. Věříme, že podrobnější znalosti biologie larev i dospělců komárů, spolu s informacemi o hydrologickém režimu území této CHKO,

pomohou lépe předpovídat komářích kalamity a následně účelně aplikovat odpovídající opatření.

Základní fakta z biologie komárů

Komáři (čeleď Culicidae, řád dvoukřídlí – Diptera) patří mezi hmyz s proměnou dokonalou, rozeznáváme u nich stadiu vajíčka, larvy, kukly a dospělého jedince (obr. 2). Larvy žijí ve vodě a od dospělců se výrazně liší jak vzhledem a potravou, tak životním prostředím a způsobem života. Z České republiky je doposud známo 44 druhů komárů, ale šíří se k nám další, nepůvodní a invazní druhy, jako jsou např. *Aedes japonicus*, *A. koreicus* nebo *A. albopictus*, které mohou přenášet původce závažných onemocnění člověka. Komáři rodu *Culex* či invazní druhy rodu *Aedes* dávají přednost trvale nebo alespoň dlouhodobě zvodněným biotopům, často antropogenního původu (sudy s vodou, plechovky, pneumatiky), naopak naši původní zástupci rodu *Aedes* jsou svým výskytem primárně vázáni na periodicky zaplavované biotopy lužních lesů a nivních luk.

Další rozdíl spočívá v tom, jak a kam komáři kladou vajíčka – všeobecně je můžeme rozdělit do dvou skupin. První odkládají vajíčka na vodní hladinu – např. zástupci rodu *Anopheles* jednotlivě a každé vajíčko je opatřeno plovacím zařízením, zatímco rody *Culex* a *Culiseta* kladou slepená vajíčka v podobě plovoucích člunkovitých útvarů (obr. 3). Tyto „člunky“ můžeme

1 V jarním období se různé terénní deprese v nivě řeky Moravy plní podzemní vodou a vytvářejí ideální lůžniště komárů. Lužní les u Mladce, chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví



Příloha 11. Publikace Jak se rozmnožují komáři v tůních lužního lesa? (Čechová P, Fišarová L et Rulík M. 2024), zahrnutý dílčí poznatky této diplomové práce



během letních měsíců pozorovat na hladině v otevřených sudech nebo jiných nádobách na vodu v okolí lidských obydlí. Faktory, které určují volbu rozmnožovacích míst, kam samičky nakladou vajíčka, zatím pro celou řadu druhů neznáme. Např. pro našeho nejběžnějšího zástupce této skupiny, komára písklavého (*Culex pipiens*), hraje významnou roli v lákání samiček přítomnost organických látek ve vodě, resp. plyných sloučenin, jako jsou amoniak, oxid uhličitý a metan, které se uvolňují při rozkladu organického materiálu.

Embrya této první skupiny druhů komárů nevstupují do dormantního stavu či diapauzy a líhnou se hned, jak dokončí embryonální vývoj. Dormance (z latinského *dormans* – spící) je označení pro přechodné zastavení nebo omezení fyziologických procesů. Hlavní význam spočívá v úspoře energie, která pomáhá organismu přežít nepříznivé období. Může být vyvolána geneticky i vnějšími vlivy, zejména změnami počasí. Naproti tomu diapauza je jedním z projevů dormance a je řízena geneticky. Znamená zastavení vývoje zárodků např. přes zimu nebo v období sucha. Druhy komárů produkující nedormantní vajíčka tak obvykle mají během rozmnožovacího období daného roku několik generací. Jejich počet závisí na délce rozmnožovací sezony, na abiotických a biotických podmínkách prostředí a hlavně na okolní teplotě, která zcela zásadně ovlivňuje rychlost vývoje. Embryonální vývoj začíná téměř bezprostředně po naklazení a v závislosti na teplotě trvá 2–7 dní, poté je embryo plně vyvinuté. Např. při teplotě 30 °C se larvy komára písklavého líhnou jeden den po naklazení, při 20 °C až po třech dnech a při 10 °C po 10 dnech.

Druhá skupina komárů, kam patří zvláště zástupci rodu *Aedes* v širším pojetí (včetně podrodu *Ochlerotatus*), vyvinula jiný mechanismus, kterým reguluje proces líhnutí. Samičky kladou vajíčka, jejichž embrya vstupují do diapauzy. Vajíčka tak nejsou schopná se líhnout během letních měsíců, kdy jsou potenciální líníště suchá. To platí pro jarní druhy s jednou generací v roce, u letních vícegeneračních druhů je situace složitější (podrobnosti viz dále). Jde proto o přímou adaptaci na vysokou fluktuaci abiotických faktorů prostředí. Předpokladem úspěšného vývoje v dočasných vodách totiž je, aby k líhnutí larev došlo v době, kdy jsou zaplavená líníště a zároveň optimální teplota vody.

Samičky rodu *Aedes* v širším pojetí kladou vajíčka jednotlivě do obnažené vlhké půdy v blízkosti dočasně pokleslé vodní hladiny. Vajíčka jsou kladena přímo do půdy, opadaného listu nebo do detritu na povrchu půdy. Zvýšená vlhkost, kvalita půdy i vegetace v okolí tůň jsou dobrými indikátory zaplavení a významnými faktory určujícími, kam budou samice klást. Čím vyšší vlhkost, tím lépe, protože chrání vajíčka před vyschnutím.

Vajíčka mají protáhle vejčité tvar a tmavou, černou nebo tmavě hnědou barvu (obr. 4). Vnější obal (exochorion) tvoří na jejich povrchu polygonální strukturu, u tupějšího konce je základna poněkud rozšířená. Délka vajíček je variabilní, v rozmezí 500–900 µm. Zevně jsou obklopena třemi obaly, nejnižší je tenká vitelinní membrána, střední vrstvu tvoří endochorion s jemnou polygonální strukturou a na povrchu je exochorion (obr. na 3. str. obálky). Velikost snůšky závisí na řadě faktorů, v jedné naklade samička obvykle 100–400 vajíček, přičemž během života může snůšku několikrát opakovat. Vajíčka se vyznačují velkou odolností vůči nepříznivým zevním vlivům (vyschnutí, vymrznutí). Podle některých autorů mohou být životaschopná 4–7 let (např. Breeland a Pickard 1967), což je v porovnání se žábronožkami nebo perloočkami, rovněž využívajícími diapauzu, relativně krátká doba, ale oproti jinému hmyzu (např. pošvatkám) mnohem delší.

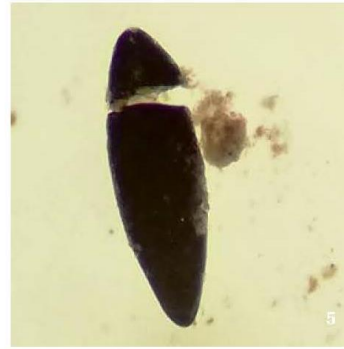
Pro druhy kladoucí vajíčka v zaplavovaných oblastech, kde často kolísá vodní hladina, je strategie a chování samic při kladení stěžejní činností, zabezpečující úspěšný vývoj larválního stadia. Vhodné místo pro kladení by mělo splňovat následující podmínky: dostatečně vlhký substrát, aby čerstvě nakladená vajíčka, která jsou velmi citlivá na ztrátu vody, nevyschla dříve, než je dokončen vývoj nepropustného endochorionu a vytvořena vosková vrstva serózní kutikuly; poté musí dojít k úspěšnému zaplavení půdy, kde jsou vajíčka nakladena; a ve vodním prostředí s vylihnutými larvami by mělo být co nejméně predátorů. Zatím jsme zcela nepronikli do schopnosti samiček komárů záplavových oblastí najít vhodná místa pro kladení. Vajíčka nesmí být nakladena na příliš nízká (nejhlubší) místa tůň, protože ta jsou dlouho pod vodou a nesplňují podmínku střídání periody sucha a zaplavení. Navíc biotopy se stálou vodní hladinou obsahují zpravidla mnohem více přirozených predátorů, jako

jsou ryby, a riziko pro vylihlé larvy by bylo vysoké. Vajíčka však nemohou být nakladena ani na místa s velmi krátkou dobou zaplavení, protože by zde byla vystavena vysokému riziku vyschnutí během embryonálního vývoje a nedošlo by včas k dokončení larválního stadia. Výsledkem této selektivity je proto nerovnoměrná distribuce vajíček v okolí dané tůně.

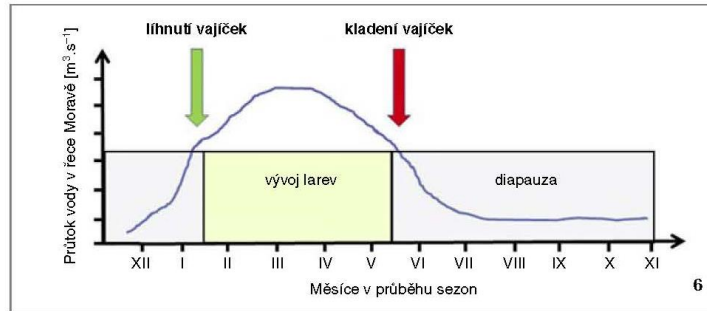
Jak tedy samičky komárů z lužních lesů poznají optimální místa pro kladení? S největší pravděpodobností dokážou rozlišovat mezi různými typy půdy. Půda většiny niv obsahuje velké procento jílu a nízkou koncentraci humusu nebo organické hmoty. Je také možné, že obsahuje pachové látky funkčně podobné feromonům, které samičky rozpoznají a které je podněcují ke kladení. Tyto pachové látky by mohly pocházet z již nakladených vajíček nebo z určitých rostlinných druhů, představujících indikátory specifické úrovně vlhkosti v půdě a výskytu pravidelných záplav.

Komáry, kteří se rozmnožují primárně v záplavových územích, dělíme na univoltinní (mají pouze jednu generaci za rok) a multivoltinní (vytvářejí více generací – obvykle dvě až tři). Většina našich druhů má jednu generaci do roka. U tzv. časně jarních druhů dochází k líhnutí larev brzy na jaře (březen, začátek dubna), u pozdně jarních koncem dubna nebo v květnu. V posledních letech ale nemusí být toto rozdělení tak striktní, jak bývalo, kvůli výkyvům jarního počasí. K časně jarním druhům u nás patří *Aedes (Ochlerotatus) communis*, *O. cataphylla*, *O. leucomelas*, *O. diantaeus* a *O. intrudens*. K pozdně jarním druhům se řadí *Aedes (Ochlerotatus) excrucians*, *O. flavescens*, *O. cantans* a *O. annulipes*. Jarní druhy jsou v angličtině označovány snowmelt mosquitoes, jejich líníštěm bývají tůně vytvořené v různých terénních depresích a příkopech, které jsou brzy na jaře zaplaveny na delší dobu relativně studenou vodou, pocházející z tání sněhu (jarní periodické tůně). Vývoj a diapauza univoltinních komárů je plně závislá na kolísání vodní hladiny v tůních. V podmínkách CHKO Litovelské Pomoraví bývají líníště zaplavena již během února, kdy na horách taje sníh, a vodní hladina v tůních dosáhne maxima brzy na jaře (koncem února až začátkem března). Poté postupně a pomalu klesá, dokud tůně během začátku léta zcela nevyschnou (na konci května až začátkem července, obr. 1).

Jarní komáři jsou na tyto podmínky adaptováni svou diapauzou a přiměřenou



- 2 Dospělec komára rodu *Aedes* v širším pojetí po vylihnutí z kukly.
Foto H. Habrman
- 3 Na hladině plovoucí „člunky“ se splenými vajíčky komárů rodu *Culex*
- 4 Vajíčka jarních komárů z komplexu rodu *Aedes*
- 5 Odklápění víčka vajíčka larvou při líhnutí. Foto L. Fišarová (obr. 4 a 5)
- 6 Vývojové fáze jarních druhů komárů v CHKO Litovelské Pomoraví. Modrá linka značí průtok vody v řece. Začátkem února začíná postupné zvodnění tůň a líhnutí vajíček, vývoj larev trvá podle teploty vody zhruba 7–8 týdnů. Obvykle začátkem května dospělí komáři opouštějí vodu a tůně rychle vysychají. Na obnažené partii samičky začínají klást vajíčka.



reakcí na stimuly líhnutí. K přerušení diapauzy dochází během podzimu, kdy klesne teplota. Larvy jsou pak připravené se líhnout během následujícího jara, kdy taje sníh a tůně se opět zaplaví. Tyto druhy mají schopnost líhnout i ve velmi studené vodě (obvykle s teplotou nižší než 2–3 °C) a s vysokým obsahem rozpuštěného kyslíku. V oplozených vajíčkách probíhá embryonální vývoj a poté se vyvíjí larva prvního stadia (instaru) s vaječným zubem na hlavě, který jí pomáhá odklopit víčko vajíčka během líhnutí (obr. 5). Ochranné obaly vajíčka opouští až po zaplavení vodou a za vhodných podmínek prostředí. Z hlavních činitelů jde o teplotu, na níž závisí rychlost vývoje larvy – s vyšší teplotou je rychlejší. Dalšími činiteli je nezbytná přítomnost mikroorganismů ve vodě a produktů jejich rozkladné činnosti. Pokud se ve vodě vyskytují rozkládající se rostlinné látky, dochází k líhnutí larev v mnohem větším procentu, než když jsou vajíčka zatopena pouze čistou vodou. Proto jsou dna tůň s velkou vrstvou listového opadu vhodným místem pro kladení vajíček a líhnutí larev. Po vylihnutí poskytují periodické tůně larvám komárů ideální podmínky pro pomalý vývoj. V CHKO Litovelské Pomoraví, podobně jako v jiných záplavových oblastech střední Evropy, obvykle probíhá vývoj této jarní generace od února do poloviny května, kdy se objeví první dospělci (obr. 6).

U multivoltinních druhů, vytvářejících více generací do roka, zpravidla dvě až tři, dochází k prvnímu líhnutí vajíček většinou v květnu a pokračuje ve stejném roce až do podzimu po každém vyschnutí

a novém zaplavení. Tyto druhy komárů lze označit jako letní (v angličtině floodwater mosquitoes) a patří k nim druhy *A. vexans*, *A. cinereus* a *O. sticticus*. Označení jarní či letní druh je třeba chápat ve vztahu k období jejich nejčastějšího přemnožení, ne jako dobu skutečného výskytu dospělců, která může být delší. Zatímco kalamity způsobené jarními a pozdně jarními druhy jsou relativně vzácné, letní komáři kalamity, především spojené s druhy *A. vexans* a *O. sticticus*, bývají víceméně pravidelné a v našich podmínkách je známe zejména z jižní Moravy.

Líhnutí těchto letních komárů probíhá podstatně sofistikovaněji ve srovnání s jarními druhy a opět závisí na kolísání vodní hladiny v nivě. Ovlivňuje ji primárně rychlé a nápadné kolísání průtoku vody v řece, nejčastěji zvýšeného intenzivními dešťovými srážkami na začátku a během letního období. Líhniště těchto druhů jsou tak charakteristická dočasnou vodou, kdy dojde k rychlému zaplavení drobných terénních depresí na loukách, ve vyjetých kolejkách apod. a následně k jejich rychlému vyschnutí. Protože pozdní léto a zima jsou obdobím s nízkými průtoky, nejlepší podmínky pro vývoj larev letních komárů se vyskytují v dubnu až srpnu. Jejich diapauza proto nastává během podzimu a přetrvává přes zimu až do brzkého jara následujícího roku. S ohledem na extrémně variabilní podmínky průtoků v řece se letní komáři musejí vylihnout v létě, kdy vysoká teplota umožňuje rychlý vývoj. Např. embryonální vývoj u larev *A. vexans* může být dokončen za 15 dnů za konstantní teploty 15 °C, při teplotě 20 °C, resp. 25 °C trval 4–8 dní. Z ekologického pohledu pak dává smysl i jejich víceterační charakter, protože mohou projít několika fázemi masového vývoje v souvislosti

s kolísáním vodní hladiny. Tento faktor je odpovědný za hromadnou komáří reprodukci a vede často ke značným nepříjemnostem spojeným s přemnožením a kalamitními stavy. Líhnutí povodňových druhů komárů je ovlivňováno do značné míry následujícími faktory – spouštěčem je rychlý pokles obsahu kyslíku ve vodě tůň; zásadní roli hraje teplota vody, předčasné líhnutí během chladného počasí by mohlo značně zpomalit vývoj larev. U druhu *A. vexans* bylo zjištěno, že v různých říčních systémech existují rozdíly v líhnutí a tento druh je adaptován na specifické hydrologické charakteristiky příslušného říčního systému. Tam, kde má řeka nízké průtoky a doba zaplavení nivy trvá krátce, musí vývoj proběhnout velmi rychle. Proto komáři rozmnožující se v těchto oblastech mají rozšířenou diapauzu až do léta, po které následuje rychlejší vývoj při obvykle vyšších teplotách.

Ve srovnání s jižní Moravou v CHKO Litovelské Pomoraví tyto letní kalamity nastávají sporadicky, nicméně všechny tři kalamitní druhy (*A. vexans*, *A. cinereus* i *O. sticticus*) se zde běžně vyskytují. V některých letech se tyto druhy (především *O. sticticus* a *A. cinereus*) mohou dokonce líhnout dříve, někdy již v průběhu dubna či května v tůňích, které jsou typické spíše pro jarní druhy komárů. Záleží na průběhu daného jara, zvláště na době zvodnění, resp. vysychání konkrétní tůně a na teplotě vody. Délka vývoje komárů je značně rozdílná a spolu s dobou trvání záplav do jisté míry závislá na druhovém složení. Daleko větší význam však má teplota vzduchu a především vody. Na počátku jara, kdy se teplota vody v tůňích pohybuje kolem 2–3 °C, trvá celkový vývoj larev několik týdnů (zpravidla 8–10), ale při letních záplavách není výrazně delší



než jeden týden. O vývoji jednotlivých druhů, případně sukcesi v líhnutí v rámci konkrétních tůní zatím mnoho nevíme. Důvodem je, že přesná determinace larev do druhu je možná až u larev čtvrtého instaru, kdy jsou dobře vyvinuté všechny důležité znaky, které najdeme především na posledních dvou zadečkových člancích. Ačkoli tedy při pravidelných odběrech v tůních občas narazíme na larvy, které se nacházejí v různých vývojových fázích (instarech) a liší se velikostí, nejsme schopni říci, zda jde o různě staré larvy téhož druhu, nebo o později vylíhlé larvy jiného druhu, preferujícího teplejší vodu, a tedy i pozdější dobu líhnutí. To komplikuje i měření růstových rychlostí larev, protože i když se délka larev v průběhu času zvětšuje, přítomnost menších jedinců ve vzorku snižuje celkovou průměrnou délku, a ovlivňuje tak daný přírůstek za určitý čas – růstová rychlost pak může během celého vývoje značně kolísat. Jinými slovy, larvy čtvrtého instaru přítomné ve vzorku umožní udělat si představu o složení komářích společenstva v dané tůni, ale nemůžeme si být zcela jisti, že měření rychlosti růstu larev provádíme vždy skutečně s larvami příslušného druhu. Není proto možné v případě jednotlivých tůní mluvit o populaci určitého druhu komára, protože v mnoha tůních se líhne druhů více, a pak tedy jde o komářích společenstvo.

Během zaplavení substrátu se nelíhnou všechna přítomná vajíčka. Jde o typický příklad životní strategie označované jako bet-hedging, česky bychom řekli sázka na jistotu, případně hatching in instalments neboli líhnutí po částech, která je charakteristická pro nestálá prostředí s velmi nejistým přežitím vylíhlého potomstva. Je známa i u dalších obyvatel dočasných vodních biotopů, které mohou nepředvídatelně a náhle vyschnout (např. u žábronožek a listonohů). Jaká část komářích vajíček se však při každoročním zaplavení vylíhne, dosud přesně nevíme. U letního a kalamitního druhu *A. vexans* bylo např. zjištěno, že po prvním zaplavení se z vajíček nakladených v půdě vylíhlo 57 % larev, po druhém zaplavení 10 %, po třetím 25 %

a po čtvrtém 8 % (Becker 1989). Strategie bet-hedging zajišťuje dlouhodobé přežití komárů v dočasných vodách. Pokud by se vylíhly všechny larvy najednou, mohlo by se stát, že kvůli náhlému suchu a předčasnému vyschnutí líhniště by celá populace daného druhu mohla vymizet. Při líhnutí po částech však může potenciální katastrofické situace přežít. Nevylíhlá vajíčka zůstávají jako vaječná banka či vaječná zásoba do dalších let.

Larvy komárů jsou beznohé a zdržují se u hladiny, kde dýchají atmosférický kyslík, do tracheálního systému ho nabírají pomocí dýchacího sifa na konci zadečku. Procházejí postupně čtyřmi vývojovými instary a živí se filtrováním organických zbytků a mikroorganismů z vody a vodní hladiny nebo jejich seškrabáváním z povrchů předmětů ve vodě. Významnou složku jejich potravy tvoří řasy a sinice. Larvy se jimi živí bez vyhraněné preference a bez ohledu na velikost a tvar. U rodu *Aedes* byly nejčastěji nalézány bentické rozsivky, např. rodů *Navicula*, *Nitzschia*, *Frustulia* a *Eunotia* (Rettich a kol. 2001). Délka vývoje komárů je v jarních měsících ovlivněna především teplotou vody. Dlouhodobější záplavy, které se udrží alespoň do konce dubna, zpravidla stačí k dokončení vývoje většiny z nich. Krátkodobé ochlazení až zamrznutí líhniště vývoj často pouze zpomalí, na výskytu komárů se příliš neodrazí. Mnohem významněji může množství komárů ovlivnit sucho – při malém rozsahu záplav vyschnou zaplavované plochy dříve, než larvy dokončí vývoj. Komářím larv trvalé vyschnutí nesnášejí, ale některé druhy se adaptovaly – larvy a kukly zalézají pod listy, kameny nebo větve, kde vydrží naživu, dokud jejich tělo obklopuje vrstvička vody. Udržují si při tom aktivitu a část může vývoj dokončit. Vysychání biotopu spojené se zahušťováním populace s největší pravděpodobností urychluje larvální vývoj. Kukly vznikají ze čtvrtého larválního instaru, jsou pohyblivé a nepřijímají žádnou potravu. Většinu času se zdržují u hladiny, kde přijímají vzdušný kyslík pomocí dýchacích trubiček. Pouze při podráždění (např. otřesem hladiny, deštěm) velmi rychle klesnou ke dnu.

Výlety dospělců rodu *Aedes* v širším pojetí nastávají v závislosti na zaplavení líhniště a průběhu teplot obvykle na přelomu dubna a května. Po spáření a oplození vyhledávají samičky hostitele, na nichž sají krev. Zatímco jarní druhy komárů se vzdalují od místa vylíhnutí poměrně málo, samičky letních druhů mohou překonávat značné vzdálenosti, a jejich aktivitou tak mohou být zasažena lidská sídla a obyvatelstvo vzdálené až několik kilometrů od líhniště.

Vývojový cyklus komárů v lužním lese CHKO Litovelské Pomoraví

● Líhnutí a hustota komářích larev

Ačkoli je teplota vody primárním faktorem ovlivňujícím embryonální vývoj, klíčová je výška zaplavení líhniště, tedy hloubka vody. Tůně v CHKO Litovelské Pomoraví patří mezi potamotelny – tůně, které jsou primárně plněné podzemní vodou nebo přímým zaplavením povodňovou vodou. Vertikální pohyb podzemní vody ve šterkopískových náplavech říční nivy je ovlivněn průtokem řeky Moravy a funguje na principu spojených nádob v rámci hyporeálné zóny (podrobněji v Živě 2022, 5: 258–260). Pokud je v Jeseníkách dostatek sněhu, při jeho jarním odtávání má řeka velký průtok a infiltraci do přilehlých náplavů dotuje podzemní vodu ve svém okolí, která vystoupá až nad úroveň dna tůní a zaplaví je. Jaká bude hloubka v těchto tůních, kam až dosáhne hladina vody, záleží na průtoku a trvání zvýšeného vodního stavu v řece. Pokud je zvodnění nivy infiltrovanou vodou jenom částečné, zaplaví se pouze nejnižší části tůní, kde nebývá větší množství komářích vajíček. Nepřítomnost vajíček v největší hloubce tůně můžeme vysvětlit tím, že komářím samičkám mohou klást vajíčka ještě před úplným vyschnutím tůně, kdy se voda nejdéle zdržuje právě v nejhlubších partiích. Vylíhlé larvy pak dosahují nízké hustoty a při kontrolním odběru napačítáme jen několik málo larev na plochu 1 dm² hladiny.

K určení hustoty (denzity) larev v tůních a následnému odhadu velikosti populace larev se nejčastěji používá zařízení na principu naběračky – dipper. Liší se veli-

7 a 8 Tůň Hejtanka v národní přírodní rezervaci Vrapač u Mladče – 6. dubna v době nízkého zvodnění (obr. 7) a 28. dubna 2023 v době zvýšené vodního stavu (8)

9 až 11 Dipper – nádoba používaná pro odhad hustoty larev komárů ve sledovaných tůňích. Příklad velmi nízké hustoty larev ze 6. dubna 2023 po prvním jarním zaplavení (obr. 9), masové líhnutí larev 1. května 2023 po zaplavení větší části tůně – vysoká hustota larev s přítomností dvou velikostních kohort (10), a kukly komárů z 18. května 2023 s mnohem vyšší denzitou než v předchozích týdnech v důsledku zmenšení plochy tůně na lokalitě č. 55 (11)



kostí i tvarem – od polévkové naběračky s objemem několik set mililitrů přes smaltovanou mísu až po bílou fotografickou misku s objemem zhruba jeden litr. Pokud chceme porovnat hustotu larev v různých tůňích, potřebujeme standardizovanou nádobu. V posledních letech se celosvětově používá standard pint dipper, což je okrouhlá plastová nádoba kónického tvaru, kterou při odběru larev ponořujeme do vody (obr. 9–11). Nádoba má průměr 11 cm a objem 350 ml. Na jedné straně je vybavena dutou násadou pro přichycení na teleskopickou či jinou delší tyč, umožňující provést odběr ze břehu tak, aniž bychom případným broděním larvy vyrušili. V závislosti na rozložení tůně je vhodné zvolit odpovídající počet jednotlivých odběrů, ze kterých se stanoví průměrná hodnota, obvykle počet larev na 1 dm², případně 1 m².

Výjimkou jsou velmi mělké tůně, které se i při částečném zvodnění nivy zaplaví kompletně. Takové tůně pak mohou vykazovat v porovnání s těmi hlubšími vysokou hustotu larev. Příkladem z r. 2023 byly námi monitorované tůně č. 8 a č. 10 v blízkosti Šargovského mostu pod Litovlí a na okraji lesa u obce Střeň. Průměrné hustoty zde dosahovaly hodnot v rozmezí 55–65 larev na 1 dm², což je ve srovnání s ostatními tůňemi, navštívenými ve stejném dne (6. dubna), mnohem více, protože na zbývajících 8 lokalitách nebyla stanovena hustota vyšší než 7 larev na 1 dm².

Pokud však voda v hlubokých tůňích zaplaví i výše položené partie kolmějších břehů a hloubka je maximální, pak dojde k vylihnutí podstatně většího množství larev, jejich hustota na ploše 1 dm² může dosahovat několika desítek, výjimečně až stovek jedinců. Při horních okrajích tůní se komáří vajíčka většinou již nenacházejí. Samičky se vyhýbají kladení do nejsvrchnějších částí tůně, protože zde existuje riziko, že při nedostatečném zaplavení zůstanou vajíčka na suchu.

Výše popsanou situaci jsme měli možnost zažít v CHKO během jara 2023. Koncem ledna a na začátku února zde došlo k zaplavení tůní, hloubka vody však byla relativně nízká. Některé mělké tůně a terénní deprese zůstaly prakticky bez vody. První larvy jsme odlovili 25. února, jejich velikost se pohybovala kolem 2 mm. Vzhledem k nízké teplotě vody (6,2 °C) jsme usoudili, že se vylihly přibližně před 10–14 dny. Jejich hustota byla nízká a zůstala na stejné úrovni až do začátku

dubna, kdy jsme zaznamenali průměrně pět larev na 1 dm² (obr. 9).

K výrazné změně došlo v polovině dubna 2023, kdy se v důsledku silných srážek 14. a 15. dubna zvýšil průtok vody v řece Moravě a již 16. dubna stoupla hladina vody v tůňích – dosud suché tůně byly zaplaveny. Zvýšená hladina vody vedla k zaplavení i do té doby suchých břehových partií, kde se však nacházela mnohem větší zásoba vajíček nakladených v předchozích letech. Masové líhnutí se projevilo obrovskou hustotou larev prvního instaru, které jsme zachytili při odběrech v týdnu od 24. dubna do 1. května. Vedle méně početných starších larev 3.–4. instaru o velikosti kolem 10 mm jsme tak ve vzorku měli náhle kohortu malých larev o velikosti asi 3 mm (obr. 10). Jejich celková průměrná hustota pak dosahovala množství 56 larev na 1 dm², což je zhruba 11krát více než v prvním výše zmiňovaném období. Vzhledem k vyšší teplotě vody vývoj této kohorty pokračoval mnohem rychlejším tempem a larvy dokončily vývoj již po asi 25 dnech, zatímco první kohorta až po asi 56 dnech.

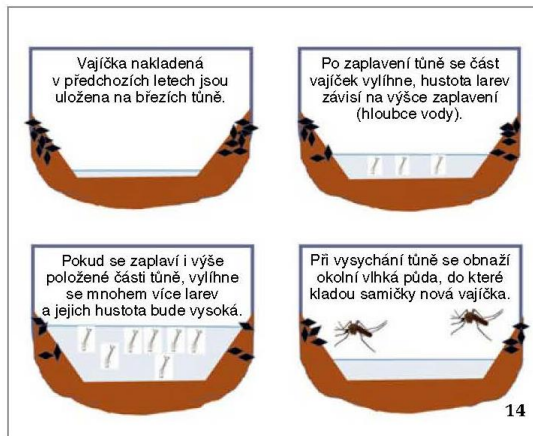
Hydrologická situace daného jara má proto zcela zásadní vliv na to, jaká bude

finální hustota komářích larev v tůňi. Na jaře 2023 jsme měli rovněž možnost sledovat a odhadovat hustoty larev v 55 periodických jarních tůňích, přičemž polovinu z nich jsme navštívili v období nízkého zvodnění, druhou pak po zvýšení hladiny vody po silných deštích. Hustoty v prvním období malého zvodnění se pohybovaly mezi 0–11 larvami na 1 dm², naopak ve druhém období od 12 do 1 875 larev na plochu 1 dm². V tůňi Hejtanka v národní přírodní rezervaci Vrapač u Mladče byla hloubka vody 6. dubna asi 10 cm (obr. 7) a odlovem do benthické sítě jsme nenašli ani jednu larvu komára. Při další návštěvě 28. dubna byla průměrná hloubka vody již 30 cm, plocha tůně dosahovala asi 250 m² (obr. 8) a průměrná hustota 40 larev na 1 dm². Po zaplavení větší části dna a přilehlých břehových partií se vylihla vajíčka nakladená ve výše položených partiích tůně.

● Kolik komářích larev žije v tůňi?

Odhadnout, kolik larev se v danou chvíli nachází v dané tůňi, není zcela jednoduché. Vše záleží na distribuci vaječné banky z předchozích let, aktuální hydrologické situaci, účinnosti líhnutí larev, na přítomnosti predátorů a konečně i na lovečtém úsilí výzkumníka. Pokud je tůň plně zvodnělá, její plocha je několik desítek m² a hloubka se pohybuje třeba mezi 40–80 cm, pak není téměř možné provést srovnatelné odběry larev a odhadnout jejich hustotu. I když provedeme několik odběrů, ať už dipperem, nebo prolovením planktonní sítí, vždy zachytíme pouze část larev. Minimálně proto, že larvy se během dne mohou v rámci tůně přesouvat podle toho, jak na hladinu svítí slunce a kde se koncentruje fytoplankton, který z vody filtrují. Výskyt komářích larev ve vodním sloupci proto není nikdy homogenní. Známe-li hustotu larev na ploše např. 1 dm², nelze tuto hodnotu jednoduše vynásobit plochou tůně, abychom dostali odhad celkového množství larev v tůňi. Existují sice různé statistické postupy, jak toto množství v dané tůňi co nejpřesněji odhadnout, avšak pro účely běžného monitorování jsou příliš komplikované.

Pěkný příklad složitosti odhadu počtu larev v tůňi jsme pozorovali na lokalitě č. 55 ve Štěpánově, kde odběr vzorků probíhal dvakrát na stejném místě s týdenním odstupem. První byl proveden 11. května, kdy jsme po standardizovaném odběru dipperem v rámci 3–5 opakování stanovili průměrnou hustotu 109,1 larev na 1 dm². Jedním z měřených parametrů byla i hloubka tůně, která činila v průměru 30 cm na celou plochu (zhruba 33 m²) této tůně. Při druhém odběru 18. května jsme zjistili, že většina larev se již nachází ve fázi kukly (obr. 11) a průměrná hloubka vztažená na celou plochu (ca 18 m²) klesla přibližně na 13 cm. Průměrná hustota na 1 dm² byla 1 875 kukel/larev, což značí zhruba 53násobný nárůst během jednoho týdne. Pokud bychom zjištěné hodnoty hustot přepočítali na celkovou plochu tůně, pak bychom při prvním odběru dospěli k hodnotě 360 030 larev, zatímco ve druhém jsme dostali hodnotu 787 500 jedinců. Tento příklad názorně demonstrovuje složitost odhadování celkových počtů larev

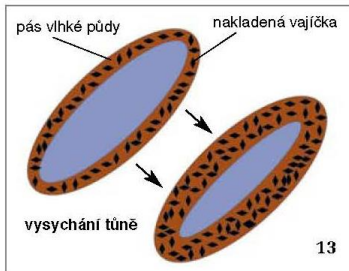


v tůňkách. Ideální proto je, pokud dojde ještě během larválního vývoje k takovému poklesu vody v tůňce, že se larvy nebo kukly shromáždí ve zhlubším objemu vody a jejich distribuce je víceméně rovnoměrná. Z tohoto důvodu považujeme vyšší hodnotu hustoty larev získanou dne 18. května za relevantnější.

● Kladení vajíček a jejich distribuce

Po spáření a prvním nasátí krve kladou komáři samičky jarních druhů vajíčka především do vlhké půdy, která se obnažuje poté, co klesla hladina vody v tůňce. Tento pokles nastává v CHKO Litovelské Pomoraví obvykle koncem dubna a v první polovině května. Je-li tůň mělká, pak se i při malém snížení hladiny obnaží mnohem větší plocha půdy. Hlubší tůňce, v CHKO Litovelské Pomoraví typicky vytvořené v periodicky protékáných ramenech řeky Moravy, nazývaných smuky, mají většinou vysoké a relativně strmé břehy, které se obnažují nejdříve (obr. 12). První komáři proto kladou vajíčka do půdy na těchto březích, ve vzdálenosti asi 2,3–3,1 m od středu tůňce a ve výšce zhruba 25–75 cm nad jejím dnem.

Jak voda v tůňce postupně klesá, obnažují se další plochy půdy níže a blíže středu. V extrémně suchém období, které zažíváme v posledních několika letech, může tůň vyschnout ještě v době, kdy samice kladou vajíčka, a potenciálně tak mohou klást na celou plochu dna. Hlubší tůňce však většinou vysychají později, kladou proto na vyvýšená místa na březích. V takovém případě nacházíme nejvíce vajíček dále od středu a nejhlubšího místa tůňce. Tím můžeme vysvětlit, proč se při větších povodních líhne tolik larev, že způsobují kalamitní stavy – jsou totiž zaplavena i vajíčka z předchozích let, která byla nakladena výše a zůstávají stále životaschopná. V závislosti na rychlosti vysychání se v okolí tůňce vytváří pás vlhké půdy, jehož plocha se postupně zvětšuje s klesající hloubkou vody (obr. 13). Pro čtyři tůňce v CHKO Litovelské Pomoraví, které se navzájem lišily morfologií, hloubkou vody i rychlostí vysychání, jsme se pokusili plochu tohoto pásu odhadnout a použít ji pro odhad celkového množství vajíček v tůňce. Dostupná plocha pro kladení se pohybovala v rozmezí 35–168 m².



12 Obnažující se vlhká plocha půdy v okolí vysychající tůňce (šipky), do které začínají samičky komárů klást vajíčka. Čím více tůň vysychá, tím větší je plocha pro kladení. Snímky M. Rulíka, pokud není uvedeno jinak

13 Pás vlhké půdy vhodný pro kladení vajíček v závislosti na zvodnění tůňce. Čím vyschlejší tůň, tím blíže nejhlubší části ke středu vodní plochy samičky komárů vajíčka kladou.

14 Vývojový cyklus jarních druhů komárů v lužních lesích CHKO Litovelské Pomoraví v závislosti na hydrologické situaci v konkrétním roce. Orig. M. Rulík (obr. 6, 13 a 14)

Jaro 2023 nám tak poskytl nejen ukádku, jakým způsobem je regulována hustota larev komárů v periodických tůňkách, ale zároveň potvrdilo, že distribuce vajíček v příčném transektu tůňce je opravdu nerovnoměrná a odráží hydrologickou situaci předcházejících let (obr. 14). V jedné tůňce nedaleko obce Střeň jsme analýzou půdy, odebrané sondou během podzimních měsíců r. 2022, zjistili, že nejvíce komárůvajících se nacházelo v horních partiích obou břehů, ve vzdálenosti zhruba 2 m od středu tůňce a ve výšce průměrně 55 cm nade dnem. Vajíčka byla nejhojnější v horní vrstvě půdy (0–2 cm), kde jejich hustota nabývala hodnot 98 na 1 dm², což je srovnatelné s dosud publikovanými údaji (Knoz a Vaňhara 1991, Merta 2005). Za předpokladu, že dostupná plocha pro kladení v této tůňce byla zhruba 97 m², by potenciální počet vajíček na této ploše dosahoval 950 600. Jde o velmi hrubý odhad, který navíc vychází z předpokladu, že hustota nakladených vajíček bude po

celé ploše pásu víceméně rovnoměrná. Pokud bychom odhadovali počet vajíček na základě zjištěné distribuce v příčném profilu tůňce, pak by kolísala v rozmezí od 12 do 98 vajíček na 1 dm², což na dostupnou plochu vychází přibližně 116 400 až 950 600 vajíček. Celkové množství vajíček v tůňce a jejím nejbližším okolí nám sice může napovědět, kolik komárů by se mohlo v příštím roce v dané tůňce vylihnout, ale jak jsme již zmínili, vše záleží na hydrologické situaci a účinnosti líhnutí. Informace o distribuci vajíček však mohou pomoci předpovědět, při jaké hloubce zaplavení tůňce lze očekávat spíše větší hustoty komárů larev, a dopředu naplánovat případné preventivní zásahy, jako je likvidace larev v tůňkách pomocí cílených přípravků.

Závěrem

Komáři bezpochyby představují velmi zajímavé obyvatelé lužního lesa. Jejich larvy tvoří potravu pro nejrůznější predátory v tůňkách (larvy a dospělce brouků, vážky, obojživelníky), vyletující imaga pak pro bezobratlé (např. pavouky) i pro hmyzožravé ptáky a netopýry. Likvidace komárů larev v tůňkách za účelem snížení rizika vzniku kalamitních stavů a následného nepříznivého vlivu na obyvatelstvo v okolních obcích tak vede k odstranění obrovské biomasy, což může v dlouhodobějším horizontu mít potenciální dopad na fungování celého ekosystému lužního lesa (blíže též Brus 2023). Aplikací larvicidních preparátů, působících přímo na larvy komárů, by proto měly být ošetřeny v optimální době pouze vybrané tůňce v blízkosti lidských sídel a tam, kde v závislosti na výšce a době zaplavení dosahují komáři velkých hustot a hrozí jejich masový vylét s následným dopadem na obyvatelé.

Výzkum jarních tůňek s výskytem komárů byl podpořen projektem MOSPREMA (registrační číslo 3211100011), prostřednictvím Norských fondů.

Použitou literaturu a odkaz na dokumentární film Hugo Habrmana Tajemství jarních tůňek (2014) uvádíme na webové stránce Živy.