

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Dynamika populace slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na vodním díle Rozkoš.

Population dynamic of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on Rozkoš water reservoir.

Bc. Lucie Maňátková

Diplomová práce

Předložená

Na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: RNDr. Hekera Petr, Ph.D.

Odborná konzultace: RNDr. Uvíra Vladimír, Dr.

Olomouc 2022



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Petra Hekery, RNDr., Ph.D., s odbornou konzultací Vladimíra Uvíry, RNDr., Dr., ve spolupráci s Povodím Labe a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 5.5.2022

---

podpis

## Abstrakt

Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) patří mezi invazivní druhy, které jsou schopné měnit podobu stanoviště svou přítomností. Na vodním díle Rozkoš je výskyt slávičky znám od roku 1979, místní populace ale nebyla detailně studována. Cílem mé práce bylo vyhodnocení populační dynamiky přisedání a rychlosti růstu postveligerových stádií slávičky mnohotvárné na vodním díle Rozkoš. Použila jsem 4 substrátové vzorkovače, nainstalované do hloubky jednoho a dvou metrů na dvou různých stanovištích. Terénní průzkum probíhal v období květen-září 2021. Vzorky byly odebírány v měsíčních intervalech. Přisedlí jedinci na jednotlivých deskách vzorkovačů byli odebráni, spočítáni a změřeni. Celkový počet jedinců byl v každém odběru vyšší na stanovišti profil A. Počet přisedlých jedinců byl na vzorkovači v hloubce dvou metrů konstantně vyšší ve všech odběrech na stanovišti profil A i profil B. Jedinci na vzorkovači, umístěném v hloubce dva metry, dosahovali ve všech odběrech nižší průměrné velikosti proti jedincům na vzorkovači v jednom metru hloubky. Podobný trend byl mezi jednotlivými deskami vzorkovačů, kdy jedinci na horní desce dosahovali vyšší průměrné velikosti, která s rostoucí velikostí a hloubkou desek klesala.

**Klíčová slova:** slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*), dynamika, populace, substrátový vzorkovač, vodní nádrž.

## Abstract

Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) is one of many invasive species that are able to change habitat by their presence. Population of zebra mussel on Rozkoš water reservoir has been known since year 1979, although it has never been studied in detail. The aim of my study was evaluation of dynamics of colonization new substrates and growth speed of postveliger stages on Rozkoš water reservoir. I used four artificial substrate samplers, placed in one and two metres of depth on two locations. The field survey was conducted from May to September in summer season 2021. Samples were collected in one-month period. Zebra mussels were collected, counted, and measured. Overall number of individual zebra mussels was invariably higher on location profile A and substrate sampler in two metres depth was also invariably colonized by more individuals on both locations (profile A and profile B) than substrate sampler in one metre depth. Size of zebra

mussels colonizing substrate samplers was declining with size of slab, they had been reaching the biggest size on top slab.

**Keywords:** zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), dynamics, population, substrate sampler, water reservoir.

# Obsah

Abstrakt.....	iv
Seznam tabulek .....	viii
Seznam obrázků .....	ix
Seznam zkratek .....	xi
1. Úvod.....	13
1.1 Cíle práce.....	13
2. Slávíčka mnohotvárná ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) .....	14
2.1 Binomie druhu .....	14
2.2 Potrava.....	15
2.3 Rozmnožování.....	16
2.4 Ekologie.....	17
2.5 Historie výskytu a šíření.....	18
2.6 Populace slávíčky na vodním díle Rozkoš .....	20
2.7 Vliv faktorů prostředí na dynamiku populace slávíčky.....	20
2.8 Ovlivnění prostředí slávíčkou.....	23
3. Materiál a metody .....	26
3.1 Lokalita.....	26
3.2 Odběr vzorků v terénu .....	27
3.3 Zpracování vzorků v laboratoři .....	30
3.3.1 Kvantitativní analýza vzorků.....	30
3.3.2 Ruční analýza .....	31
3.4 Analýza dat.....	32
4. Výsledky .....	33
4.1 Početnost a velikost slávíček na vzorkovačích.....	33
4.2 Hydrologická data a fyzikálně-chemické ukazatele .....	40
5. Diskuze .....	46

6. Závěr .....	52
Literatura .....	53
Příloha .....	59

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Teplota vody .....	41
Tabulka 2. Množství chlorofylu-a .....	42
Tabulka 3. Koncentrace rozpuštěného kyslíku .....	42
Tabulka 4. Nasycení rozpuštěným kyslíkem .....	43
Tabulka 5. Hodnoty pH.....	43
Tabulka 6. Veliger zaznamenaný v odběrech zooplanktonu v roce 2021.....	45



## Seznam obrázků

Obrázek 1. Slávička mnohotvárná ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) .....	14
Obrázek 2. Mapa rozšíření slávičky mnohotvárné ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) v České republice .....	18
Obrázek 3. Substrátové vzorkovače .....	27
Obrázek 4. Mapa vodního díla Rozkoš s vyznačenými profily 4 a 9, na které byly umístěny substrátové vzorkovače .....	28
Obrázek 5. Chlorofyl-a v podélném profilu nádrže Rozkoš 12.7.2021. ....	29
Obrázek 6. Laboratorní dělič vzorků a příklad jednoho vzorku rozděleného na 8 dílů ..	30
Obrázek 7. Grafy počtu jedinců 12.7.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PA v hloubce jeden a dva metry. ....	34
Obrázek 8. Grafy počtu jedinců 12.7.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry .....	35
Obrázek 9. Grafy počtu jedinců 17.8.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PA v hloubce jeden a dva metry. ....	36
Obrázek 10. Grafy počtu jedinců 17.8.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry .....	37
Obrázek 11. Graf počtu jedinců 14.9.2021 na substrátovém vzorkovači na stanovišti PA v hloubce jeden metr. ....	38
Obrázek 12. Grafy počtu jedinců 14.9.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry .....	38
Obrázek 13. Krabicový graf znázorňující rozdíly počtu jedinců ve zvolených velikostních kategoriích ve všech odběrových termínech mezi deskami 1,2 a 3 a stanovišti PA a PB .....	39
Obrázek 14. Průběžná výška hladiny nádrže Rozkoš 2015-2021 .....	40
Obrázek 15. Průběh hladinové teploty vody nádrže Rozkoš 2015-2021 .....	41
Obrázek 16. Množství celkového N v období 2004-2021. ....	44
Obrázek 17. Koncentrace celkového fosforu ve filtrovaném vzorku v období 2004-2021 .....	44
Obrázek 18. Množství naměřeného vápníku na nádrži Rozkoš v období 2004-2021. ...	45
Obrázek 19. Výskyt stádia veligeru v rutinním odběru zooplanktonu v období 2009-2021 .....	45
Obrázek 20. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 16.6.2021. ....	59

Obrázek 21. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 12.7.2021 .....	60
Obrázek 22. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 17.8.2021.....	60
Obrázek 23. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 14.9.2021.....	60
Obrázek 24. Nasnímaná část vzorku sláviček odebraného 12.7.2021.....	60

## Seznam zkratk

DOC rozpuštěný organický uhlík

PA profil A

PB profil B

TOC celkový organický uhlík

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za vedení práce a RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr., za odborné konzultace spojené se slávičkou mnohotvárnou. Dále děkuji státnímu podniku Povodí Labe za spolupráci při odběrech, zpracování vzorků v laboratoři, poskytnutí dat k vodní nádrži Rozkoš a vypracování statistiky. Také bych chtěla poděkovat RNDr. Václavu Kozovi za konzultace problematiky a technickou pomoc se zpracováním vzorků.

## 1. Úvod

Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) je významný invazivní druh vodního mlže. Na konci 19. století byla poprvé zaznamenána na území České republiky. První nálezy pochází z velkých řek, později byla nalezena i ve vodách stojatých, například v údolní nádrži Rozkoš, představující významnou vodní lokalitu okresu Náchod. Za desítky let své existence se nádrž postupně stala známým hnízdištěm a zimovištěm mnoha druhů vodních ptáků. Právě ptáci zřejmě stáli za introdukcí slávičky mnohotvárné na tuto lokalitu. Jelikož nádrž byla postupem času stále více využívána k rekreaci a vodním sportům, druh zde byl objeven roku 1979, tedy 87 let po prvním nálezu na území České republiky v době, kdy byla považována za vyhynulou na našem území. Zajímavým faktem zůstává, že tento, v dnešní době značně rozšířený a na mnoha místech nežádoucí, drobný mlž byl tehdy považován za vzácného na našem území. Její znovuoobjevení na Rozkoši před 43 lety vzbudilo zájem přírodovědců a vyšlo mnoho článků hlavně v populárně naučné literatuře. Jelikož se slávička svým vzhledem výrazně odlišuje od mlžů na našem území původních, někteří autoři dokonce vyzývali veřejnost k hlášení jejího výskytu během rekreace. V posledním století ale neproběhly žádné studie zaměřené na dynamiku místní populace slávičky, což představovalo hlavní důvod pro vypracování této diplomové práce ve spolupráci s Povodím Labe.

### 1.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit populační dynamiku přisedání a rychlosti růstu postveligerových stádií slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na vodním díle Rozkoš pomocí exponovaných umělých substrátů po dobu jedné vegetační sezóny v roce 2021 a analýza velikostní struktury populace z odebraných vzorků.

## 2. Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*)

### 2.1 Binomie druhu

Slávička je zástupcem třídy Bivalvia, čeledi Dreissenidae (slávičkovití) s rodem *Dreissena* (slávička). Druh byl popsán v roce 1771 ruským přírodovědcem německého původu Petrem Šimonem Pallasem. V publikacích bývá občas uváděna pod synonymy *Mytilus hagenii*, *Mytilus polymorphus* (Pallas) a *Tichogonia chemnitzii* (Rossm.). V červeném seznamu IUCN je vedena jako málo dotčená.

Lastury o maximální velikosti 3-5 cm jsou trojhranné a silnostěnné, výška odpovídá 40–60% délky schránky (Birnbaum 2014). Přírustkové linie jsou ve starších částech lastur úzké, v mladších širší. Typické světlé, žlutošedé zbarvení s tmavými klikatými proužky je nezaměnitelné. Vědecké druhové pojmenování „*polymorpha*“ vychází z faktu, že lastury mohou mít různé odstíny (Obrázek 1), tvar a vzor v závislosti na prostředí (Birnbaum 2014).



Obrázek 1. Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha* [Maťátková 2022]).

Pro přichycení k podkladu používají slávičky tzv. byssová vlákna. Jedná se o proteinová vlákna, zauzlovaná v kořenové části u lastury, která se postupně větví. Na konci každého vlákna se nachází adhezivní ploška. Míra a rychlost syntézy vláken slávičkou je přímo ovlivněna rychlostí proudu vody. Slávička vykazuje až dvakrát vyšší fenotypovou plasticitu při tvorbě vláken než například příbuzná *Dreissena bugensis* (Peyer et al. 2009). Popsány byly dva typy vláken – přechodná a trvalá, která se od sebe liší délkou, tloušťkou, počtem vláken a jejich uspořádáním. Trvalá vlákna jsou tvořena ve shlucích nebo řadách a tvoří většinu byssální masy. Přechodná vlákna jsou tvořena jen po několika kusech (1-6), uspořádána do tří svazků a oddělena od permanentních vláken (Mackie a Shloesser 1996). Funkční byssová žláza u dospělých jedinců a tolerance k vyšší salinitě vody poukazuje na blízkou příbuznost k mořským druhům mlžů (Ackerman et al. 1994).

Průměrná délka života jedince je 3-9 let v závislosti na podmínkách stanoviště. Maximální rychlost růstu v optimálních podmínkách je 0,5 mm/den, 1,5-2 cm/měsíc. Pohlavní zralosti jedinci dosahují při velikosti 0,8-0,9 cm, které dosahují v optimálních podmínkách během prvního roku života (Benson et al. 2021; U.S. Geological Survey, 2008).

Hlavním plně pohyblivým planktonním stádiem je larvální (veliger). Volně plovoucí larva veligerového typu se u jiných sladkovodních mlžů nevyskytuje (Ackerman et al. 1994; Sprung 1991), jedná se o vývojové vývojovým stádium mořských plžů i mlžů a některých sladkovodních mlžů (Ackerman et al. 1994), kteří však do sladkovodního prostředí přešli z mořského. Postlarvální stádia žijí převážně trvale přisedlým způsobem života v koloniích, tzv. drúzách. Mladí jedinci jsou schopni aktivního pohybu pomocí svalnaté nohy, je však patrná zřetelná tendence k přichycení na substrát. Při oddělení od substrátu je dospělý jedinec schopen lézt a znovu se přichytit (Uvíra et al. 2009).

## 2.2 Potrava

Slávička mnohotvárná je typický filtrátor, schopný přefiltrovat velké množství vody v relativně krátkém čase (Karatayev et al. 1997). V larválním stádiu k filtraci slouží velum, v dospělosti jeho funkci přebírají žábry, která vyplňují většinu plášťové dutiny (Ackerman et al. 1994). Každý jedinec je schopen přefiltrovat až jeden litr vody za den. Primárním zdrojem potravy jsou řasy, bakterie, mikrozooplankton, detrit a rozpuštěné

organické látky (U.S. Geological Survey, 2008). Míra filtrace závisí na mnoha faktorech – teplota, množství rozpuštěných látek a velikosti jedince. Velikost populace slávičky na lokalitě se zvětšuje s nárůstem biomasy sinic, např. rodů *Oscillatoria*, *Merismopedia* a *Aphanizomenon* (Noordhuis et al. 1992). Filtrační aktivita evropských populací je v zimním období snížena vlivem nízké teploty. Na jaře míra filtrace výrazně vzroste při teplotách mezi 5 a 10 °C a k inhibici dochází při teplotách nad 20 °C (U.S. Geological Survey, 2008). Slávičky navíc dokážou poměrně dlouhou dobu (více jak 100 dní v závislosti na teplotě vody) přežít bez příjmu potravy (McMahon 1996). Přefiltrovaný materiál je buď stráven nebo vyloučen v podobě výkalů či hlenem obalených pseudovýkalů.

### 2.3 Rozmnožování

Slávičky jsou gonochoristé s larválním stádiem v rozmnožovacím cyklu – veligerem (Nichols 1996). Životní cyklus začíná vnějším oplozením gamet, které jsou uvolňovány do vodního sloupce (Ackerman et al. 1994). Samec i samice vypouští objem gamet o přibližně stejné hmotnosti, která v mnoha případech představuje více jak 30 % hmotnosti jedince před rozmnožováním (Sprung 1991). K líhnutí larválního stádia (tzv. trochofory) dochází 3–5 dní po oplození vajíček a larva zůstává planktonní až jeden měsíc (Ackerman et al. 1994; U.S. Geological Survey 2008). Šíří se pasivně pomocí vodních proudů (Benson et al. 2021) a aktivně pomocí larválního orgánu velum, který slouží k lokomoci a příjmu potravy. V době vývoje orgánu velum larva přechází do formy veligeru (Ackerman et al. 1994). Optimální teplota pro vývoj larválních stádií je 20-22 °C. McMahon (1996) uvádí rozdíl v teplotě mezi Evropou a Severní Amerikou, při které se poprvé objevují vajíčka či larvální stádia v planktonu. V Evropě se tato teplota pohybuje v rozpětí 10-17 °C, zatímco v Americe je teplota potřebná pro objevení prvních stádií v planktonu vyšší než 12 °C. Ačkoliv se první stádia mohou v planktonu objevit okolo 12 °C, maximální produkce larev probíhá až při teplotě nad 17-18 °C (McMahon 1996). Stádium veligeru je nejcitlivějším stádiem ke změnám množství rozpuštěného kyslíku a teploty (U.S. Geological Survey, 2008).

Posledním veligerovým stádiem je umbonální, poté larva přechází v poslední planktonní stádium. Stádium tzv. pediveligeru má již vyvinutou nohu a tvorbu byssových vláken a proti předchozím stádiím mění své chování. Obě tyto struktury používá

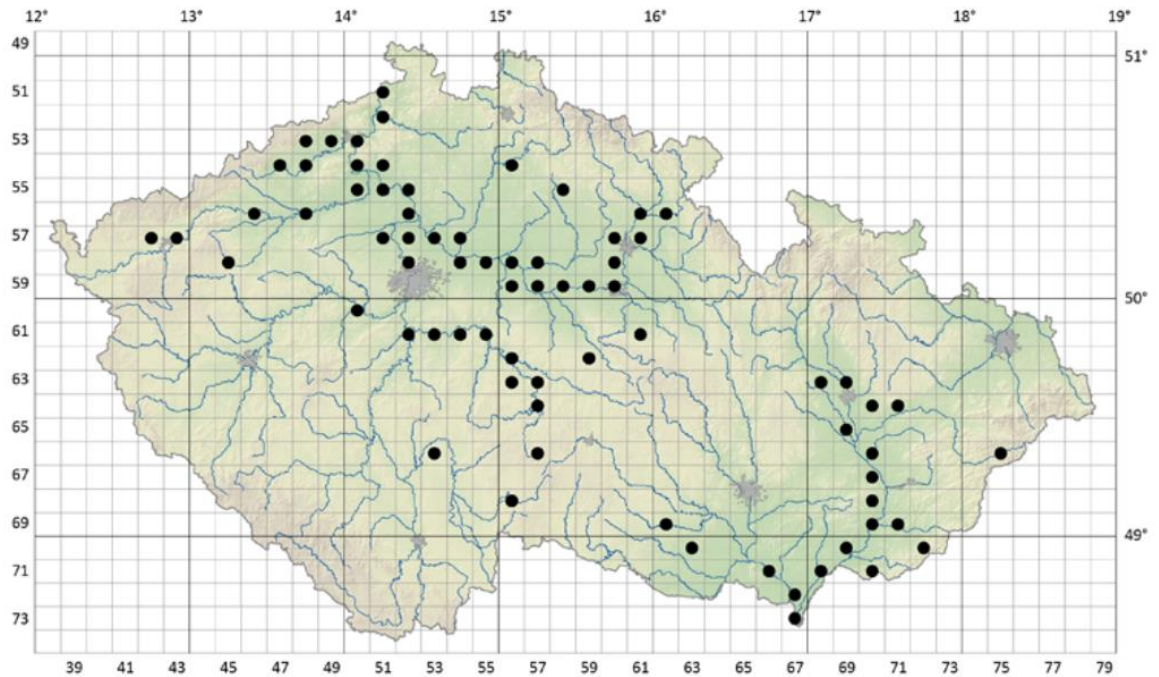


k aktivnímu plavání podél dna a povrchů vhodných k přisednutí. Po nalezení vhodného substrátu pediveliger přisedá a mění se v postveliger (Ackerman et al. 1994). Nejvyšší úmrtnost sláviček nastává mezi planktonním a postveligerovým stádiem a při přisedání na nevhodný substrát. (Molloy et al 1997). Primární přisednutí k podkladu zahajuje proces metamorfózy v přisedlého jedince. Jedná se o aktivní proces, kdy si jedinci zvolí vhodný substrát pro přisednutí (vodní rostliny, různé pevné substráty ve vodě [Ackerman et al. 1994]). Základní proces přeměny přisedlé larvy v juvenilního jedince zahrnuje ztrátu vela, zvětšení nohy a vývoj žaber a tvorba sifonů spolu s tvorbou lastury (Ackerman et al. 1994).

## 2.4 Ekologie

Slávička patří mezi euryhalinní živočichy, je schopna života v brakické i sladké vodě (Morton 1993). Její tolerance vůči salinitě se pohybuje v rozmezí od 0,6 ‰ (řeka Rýn) po 10,2 ‰ Kaspického moře (Benson et al. 2021). Na území České republiky obývá několik různých typů biotopů stojatých a pomalu tekoucích nížinných vod, častý je hojný výskyt v umělých nádržích (Horsák et al. 2013). Na všech typech stanovišť je vázána na pevné povrchy – kameny, dřevo, lastury jiných mlžů, mola, lodě, beton, kovové povrchy atp. Přírodním prostředím jsou především velké toky – Labe či Morava. Zde však nevykazuje abundanci, jež by mohla poškodit ekosystém (Beran 2018).

V případě vod stojatých je výskyt nejčastější v přehradních nádržích, pískovných a lomech. Bývá vázána na troficky méně zatížené vody (Stanczykowska et al. 1983; Benson et al. 2021), kde může mít vysokou abundanci. Ta je však proměnlivá nejen v prostoru, ale i čase. Běžně nastává situace, kdy je slávička jedním z pionýrských druhů například ve vytěžené pískovně. Zprvu vykazuje intenzivní a rychlé rozmnožování. S postupující sukcesí a zvyšující se trofíí lokality se výskyt slávičky stává méně početný a druh může postupně i vymizet (Beran 2018).



Obrázek 2. Mapa rozšíření slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) v České republice, (Beran 2018).

Šíření druhu proti proudu je výrazně omezeno sedentárním způsobem života. Mezi přirozené způsoby šíření patří přenos ptáky, raky, želvami, případně i larvami vážek. Při masivním výskytu na lokalitě je však na vině jednoznačně aktivita člověka, převážně lodní doprava, nově však i vodní sporty (Uvíra et al. 2009).

Populace slávičky není ovlivněna jen dostupností potravy nebo životním prostorem, ale též predací (176 druhů), parazitismem (34 druhů) a kompetitivním vyloučením (10 druhů – Porifera, Algae, Bryozoa, Amphipoda a další). Mezi hlavní predátory patří ryby, ptáci, koryši (klanonožci, raci), želvy nebo hlodavci. Do skupiny parazitů přisedlých forem spadají nálevníci (Ciliophora), motolice (Trematoda), Ascetosporea, hlístice (Nematoda), máloštětinatci (Oligochaeta), pijavice (Annelida: Hirudinea), larvy chironomidů a rozotči (Molloy et al 1997).

## 2.5 Historie výskytu a šíření

Slávička se řadí k zástupcům fauny mladších třetihor. V důsledku pleistocénních glaciálů byl druh tlačěn na jih a na jihovýchod do oblasti pontické a oblasti kaspické. Zpátky na sever se slávička šířila v dobách meziledových, musela však opět ustupovat do

pontokaspické oblasti, kde žila do své velké invaze na západ (Ložek 1978). Odtud se slávička počátkem 19. století začala znovu šířit do střední, západní a severní Evropy (Ložek 1978; Karatayev et al. 1997). V roce 1824 byla nalezena v londýnských docích, na Baltu, později na Labi a dolním Rýnu a některých ruských řekách, 1870 ve Vídni. Po roce 1900 je již ve Francii, Německu, rakouských, polských a dánských jezerech (Ložek 1978). Na území Severní Ameriky byla introdukována v roce 1986 (McMahon 1996).

Slávička patří do skupiny druhů na našem území nepůvodních. Celosvětově je považována za jeden z nejagresivnějších invazivních vodních druhů (Burlakova et al. 2000). Z původního areálu pontokaspické oblasti měla vždy tendenci se šířit na sever a západ do Evropy (Uvíra et al. 2009). Její šíření často provází aktivitu člověka – lodní doprava a budování vodních kanálů (Burlakova et al. 2000; Uvíra et al. 2009; Ložek 1978).

Na území České republiky pronikla slávička koncem 19. století dvěma směry. První cestou Podunajím na jihovýchodní Moravu, druhou po Labi, kudy se dostala až k Litoměřicím (Ducháč 1985; Ložek 1978). První záznam o výskytu tohoto drobného mlže na území České republiky pochází z roku 1892 na lokalitě řeky Labe u chemické továrny „Wolfschlinge“ poblíž Ústí nad Labem (Blažka 1893). Tehdy nalezené slávičky byly vždy připevněny na ulitu jiného měkkýše (Unio, Anodonta), na kamenech však výskyt zaznamenán nebyl. Ducháč (1985) uvádí, že okolo roku 1985 v důsledku znečištění vodních toků v českém Labi a na Moravě vyhynula. Dle Ložka (1978) byl důvodem pro vymizení slávičky nízký obsah minerálních solí našich vod a znečištění.

Blažka v roce 1893 uvádí jako možný zdroj na našem území nepůvodní slávičky lodní doprava z Německa. Labe je z pohledu nepůvodních druhů významnou lokalitou a zároveň koridorem, kterým řada z nich na naše území pronikla a odkud se šíří dál (Beran 2009). Nejvíce nálezů slávičky za posledních 30 let pochází především z nížin podél velkých toků. Výskyt je uváděn v řekách, pískovnách a přehradních nádržích (Beran 2018).

K rozšíření slávičky na území střední Moravy došlo zřejmě v průběhu povodně v červenci 1997, v období výskytu vysokých počtů planktonního veligeru v pelagiálu. Na několika lokalitách (např. Poděbrady u Olomouce) byly po opadnutí povodňové vody nalezeny populace tvořené jedinci o stáří do jednoho roku (Velecká et al. 2003). Z Moravy jsou nálezy výskytu poměrně mladší, populace se koncentrují podél velkých

vodních toků – Moravy a Dyje (Beran 2018). Lze tedy předpokládat, že k šíření v této oblasti došlo mnohem později, než je tomu v Čechách.

Typickou vlastností slávičky je právě její schopnost šířit se. O tom vypovídá i její název v mnoha cizích jazycích, například německý Wandermuschel (Ložek 1978) nebo dříve používaný slovenský túlavec mnohotvárný (Uvíra et al. 2009). Vzhledem k jejímu pontokaspickému původu je však otázkou, zda rozšíření především na území Moravy nelze považovat za šíření přirozené, výrazně usnadněné člověkem (Beran 2018). Jakmile je zavlečena na novou lokalitu, může dojít k explozivnímu nárůstu její populace díky schopnosti rychlého růstu, vysoké plodnosti a toleranci vůči velkému spektru podmínek prostředí. (Molloy et al 1997).

## **2.6 Populace slávičky na vodním díle Rozkoš**

Výskyt slávičky na nádrži Rozkoš byl poprvé zaznamenán na podzim 1979 (Krahulec et al. 1980) v zátokách u bývalých obcí Doubravice a Domkov při východním pobřeží jižní části nádrže. Autoři v článku nazývají tento výskyt pozoruhodným, jelikož do té doby byla slávička známa pouze z tekoucích vod. Navíc byla považována za vyhynulou na území České republiky a znovu se objevila v tehdy poměrně nové přehradní nádrži, napuštěné až v roce 1973. Jelikož v nádrži ani jejím okolí nebyla slávička nikdy dříve pozorována (včetně Rovenského rybníka před napuštěním nádrže), nálezci se domnívají, že byla na lokalitu zavlečena vodním ptactvem z Polska nebo severního Německa (Ducháč 1985; Krahulec et al. 1980). Nádrž Rozkoš je významnou lokalitou migrujících vodních ptáků především ze severu, což dělá oblast v Podunají méně pravděpodobnou jakožto zdrojovou populaci. (Krahulec et al. 1980). V roce 1980, kdy článek o výskytu slávičky na Rozkoši vyšel, bylo nalezeno 112 jedinců na kameni o velikosti 14 cm<sup>2</sup>. Při nízkém stavu vody v říjnu roku 1982 Ducháč pozoroval velké množství lastur na obnaženém břehu. Uvádí, že ve stejném roce proběhl průzkum na jihozápadním okraji nádrže a slávička byla dominujícím druhem.

## **2.7 Vliv faktorů prostředí na dynamiku populace slávičky**

Slávička je na stanovišti ovlivňována a limitována širokým spektrem faktorů. Na počátku kolonizace stanoviště je limitována množstvím vhodného substrátu k přisednutí. Jak se

populace slávičky vyvíjí, vytváří v průběhu nový substrát, tvořený schránkami uhynulých sláviček, které jsou následně kolonizovány živými jedinci (Burlakova et al. 2006).

Velikost populace slávičky závisí na době, která uplynula od primární kolonizace lokality, relativním množstvím dostupného substrátu pro přisednutí, morfologii a trofii stanoviště (Burlakova et al. 2006). Severoamerické populace slávičky jsou podobné populacím evropským v základních biologických charakteristikách, růstu populace, úmrtnosti a disperzní schopnosti (Mackie & Schloesser 1996; McMahon 1996). Hlavním rozdílem v toleranci biotických a abiotických faktorů stanoviště mezi severoamerickou a evropskou populací slávičky je teplota vody. Severoamerická populace vyžaduje teplotu vody k optimálnímu růstu vyšší oproti populaci Evropské (McMahon 1996; Nichols 1996). Z toho vyplývá, že část rozdílů v reprodukčním chování (délka vývoje od vajíčka po juvenilního jedince, vypuštění gamet atd.) pramení právě z přizpůsobení sláviček místním podmínkám (Nichols 1996). Rychlost růstu se na lokalitách liší především v závislosti na potravní nabídce a teplotě vody. V mělké vodě je rychlost růstu korelována především s množstvím chlorofylu-a a TOC, na dně je růst inhibován nízkou teplotou a zvýšenou turbiditou vody (Tošenovský et al. 2008). Při hodnocení populační dynamiky lokální populace ztěžují rozdíly v reprodukčním cyklu mezi jednotlivými lokalitami odhad načasování jednotlivých životních fází, například začátku reprodukce (Nichols 1996). Výrazně se tak znesnadňuje možnost predikce, jak populace zareagují na různé podmínky prostředí. I nejmenší změny podmínek mohou vést k posunu načasování produkce zralých gamet (Nichols 1996). Za jednu reprodukční sezónu slávička produkuje gamety v obvykle dvou až třech rozmnožovacích periodách (jarní a letní). Do fáze odpočinku slávičky přechází na přelomu letního a podzimního období po poslední vlně rozmnožování. Další období reprodukce je u jedinců stáří jednoho roku zahájeno při nárůstu teploty vody nad 12 °C (Borcherding 1991).

Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující dynamiku populace slávičky patří hodnota pH, dostupnost vápníku, rozpuštěný kyslík, množství chlorofylu-a a koncentrace rozpuštěného dusíku a fosforu. Na rozdíl od původních druhů měkkýšů je slávička méně tolerantní k nízké koncentraci vápníku a nízkému pH (McMahon 1996). Tyto dva faktory představují limit pro životaschopnost jedince, ale také podmínky pro zahájení rozmnožování, které probíhá při hodnotách pH 7,4-9,4 a teplotě vody od 12 °C do 24 °C. Vývoj larev je inhibován při pH nižším než 7,4 (Benson et al. 2021). Rychlost vývoje jedinců je závislá na teplotě (Sprung 1987). Mortalita jedinců nastává při překročení

teploty 36 °C (McMahon 1996). U evropských populací bylo zjištěno, že při koncentraci 24 mg Ca<sup>2+</sup>/l přežije pouze okolo 10 % veligerů z důvodu potlačení vývoje lastury a při poklesu vápníku na 8,5 mg Ca/l slávičky zastavují růst schránky. Jedné z nejvyšších růstových rychlostí dosahují při hodnotě vápníku 32 mg Ca/l (Hincks & Mackie 1997). Růst juvenilních jedinců probíhá při hodnotě pH od 8,3 (Hincks & Mackie 1997). Při dlouhodobém poklesu pH na hodnotu 7,1 je schopnost dospělých jedinců přisednout na podklad výrazně snížena a při hodnotě 6,9 dochází viditelně k perforaci lastury a ztrátě pigmentu (Claudi et al. 2012). Bowman a Bailey (2011) stanovili laboratorní horní hranici tolerance pH slávičkou na hodnotu 9,6. Tato hodnota se dle autorů může měnit v závislosti na rychlosti změny pH na stanovišti.

Slávička nedokáže žít v hypoxických podmínkách (Benson et al. 2021; McMahon 1996), ale při určité teplotě a velikosti těla je na několik dnů schopna tolerovat nízké hodnoty nasycení kyslíkem (až na 20 % při 18 °C), reaguje ale poměrně citlivě na turbulence způsobené aerací (Sprung 1987). Všeobecně při nižších teplotách vody je slávička schopna přečkat anoxii trvající několik dnů, při vyšších teplotách (23-24 °C) doba tolerance a přežití klesá zhruba na tři dny (McMahon 1996). Sníženou schopnost slávičky kolonizovat eutrofní vody a hypolimnion patrně způsobuje nízká schopnost regulace kyslíku (Benson et al. 2021; U.S. Geological Survey, 2008).

Kolonizace vodního prostředí slávičkou vede ke snížení množství chlorofylu-a (Fahnenstiel et al. 1995; Qualls et al. 2007). Spolu s poklesem chlorofylu klesá ve vodním sloupci i rozpuštěný fosfor (Fahnenstiel et al. 1995; Miller & Watzin 2007) a dochází ke zvýšení průhlednosti vody (Fahnenstiel et al. 1995). Vliv přítomnosti slávičky na kvalitu vody, její vlastnosti a dynamiku chlorofyl – fosfor se může mezi lokalitami lišit v závislosti na počátečním trofickém stavu, přísunu fosforu přítoky a hustotě populace slávičky (Qualls et al. 2007). Na lokalitě po kolonizaci slávičkou dochází ke zlepšení kvality vody, nemusí ale dojít ke změně celého trofického systému, pouze ke změně prostorového rozdělení zdrojů (Fahnenstiel et al. 1995). Obvyklým jevem, způsobeným filtrační aktivitou slávičky, je jarní fáze čisté vody, následovaná zvýšeným obsahem chlorofylu v letních měsících (Vanderploeg et al. 2001). Dopad filtrační aktivity slávičky může být na stanovišti limitován mírou vertikálního promíchávání objemu vody (Noonburg et al. 2003). Pokud nedochází k promíchávání celého objemu vodního sloupce, vzniká v okolí kolonií sláviček hraniční vrstva, pod kterou množství sestonu může klesnout na 60 % (Ackerman et al. 2001). Reakce slávičky na pokles sestonu ve

vodním sloupci se projevuje zpomalením filtrace a doplněním živin vylučováním fosforu pseudovýkaly (Mellina et al. 2011). Částice, vyloučené ve formě pseudovýkalů, mohou být navraceny od vodního sloupce, uloženy na dno nebo resuspendovány a transportovány do větších hloubek (Vanderploeg et al. 2002). Exkrece fosforu slávičkou je nižší než v případě ostatních sladkovodních mlžů a její míra je ovlivněna teplotou. Ke snížení vylučování fosforu dochází také v období rozmnožování, kdy je fosfor používán při gametogenezi, čímž dochází ke snížení jeho dostupnosti pro metabolismus a exkreci (Arnott & Vanni 2011, Mellina et al. 2011). Poměr vylučovaného N:P slávičkou je zřejmě všeobecně nižší (5:1) než Redfieldův poměr 16:1. Exkrecí tak snižuje limitaci fytoplanktonu dostupným fosforem, ale zvyšuje limitaci dostupným dusíkem, za předpokladu, že je hlavním zdrojem živin pro fytoplankton (Arnott & Vanni 2011).

## **2.8 Ovlivnění prostředí slávičkou**

Slávička dokáže za poměrně krátkou dobu dosáhnout až desetkrát vyšší biomasy proti původním druhům bentických bezobratlých (Karatayev et al. 1997). Na stanovišti slávička často způsobuje ochuzení a změny společenstev živočichů z hlediska celkové biomasy, složení druhů a poměrného zastoupení jednotlivých funkčních skupin. Původní druhy filtrátorů jsou kompetičně potlačeny a jejich abundance je výrazně snížena, zatímco abundance druhů, hledajících potravu v sedimentech, výrazně roste (Karatayev et al. 1997). Svou filtrační aktivitou, spojenou s přesunem látek z pelagiálu do bentálu, mohou způsobovat změnu z převážně pelagických na převážně bentické potravní řetězce. Slávička tak mění bentická společenstva prostřednictvím potravní aktivity i tvorbou nového typu habitatu (Karatayev et al. 1997). Tato změna je spojena s přeměnou stojatých vodních ploch turbidních s dominujícím fytoplanktonem na čirá s dominancí makrofyt (Scheffer et al. 1993). Prostřednictvím zabudovávání rozpuštěné organické hmoty do podoby pseudovýkalů zvyšuje míru sedimentace (Noordhuis et al. 1992; Karatayev et al. 1997). Odfiltrováním fytoplanktonu dochází k poklesu abundance mikrozooplanktonu, zooplanktonu a fytoplanktonu (Karatayev et al. 1997). Tento efekt na mikrozooplankton může být způsoben nedostatkem potravy (fytoplanktonu) a zároveň predací ze strany makrozooplanktonu. Následná zvýšená kompetice o omezené zdroje potravy vede ke kompetici makrozoobentosu a navazující změně společenstva (U.S. Geological Survey, 2008).

Na tuto změnu reagují společenstva ryb zvýšením kompetice a snížením biomasy. Ovlivněna jsou především ranná vývojová stadia některých druhů ryb. Bentické druhy ryb mohou z přítomnosti sláviček na lokalitě naopak profitovat, u některých druhů může docházet ke změně potravní strategie z vyhledávání potravy v pelagiálu na bentický způsob. S poklesem fytoplanktonu a zooplanktonu roste abundance bentických druhů ryb a větší poměr produktů primární produkce je konzumován vyššími trofickými úrovněmi (Karatayev et al.1997). Druhy, vyhledávající úkryt mezi makrofyty, získávají nová stanoviště v důsledku rozvoje makrofyt v návaznosti na filtrační aktivitu sláviček (U.S. Geological Survey, 2008).

Ve velkých kanadských jezerech slávička značně ovlivňuje místní druhy čeledi Unionidae (velevrubovití) porůstáním jejich lastur (Horsák et al. 2013; Burlakova et al. 2000). Do jezer byla zavlečena spolu s balastní vodou zaoceánských lodí (Uvíra et al. 2009). Před invazí slávičky jsou velevrubovití obvykle nejpočetnější čeledí vodních mlžů bentického společenstva. Jedná se o živočichy se zcela odlišným životním cyklem a substrátovou preferencí. Zástupci obou čeledí (Unionidae i Dreissenidae) jsou filtrátoři a na stejném stanovišti si potravně konkurují. Obrůstání schránek velevrubovitých slávičkami má za následek výrazný pokles velikosti populace čeledi Unionidae (Burlakova et al. 2000), která v Severní Americe vykazuje nesrovnatelně vyšší abundance než v Evropě. Slávičky je tak často využívají jako podklad pro přisednutí (živé i mrtvé jedince). Při vyšší hustotě výskytu výrazně omezují pohyb a snižují potravní aktivitu velkých mlžů. Způsobí tak pomalé vyčerpání až úhyn jedince (Beran 2018; U.S. Geological Survey, 2008). Tento trend vykazují slávičky i na území České republiky, úmrtnost velkých mlžů zde není tak vysoká. Přisedáním na povrch velevrubovitých slávičky výrazně snižují jejich schopnost se zavrtávat a pohybovat v sedimentech. Přidaná hmotnost drúz mlže zatěžuje, což ústí v zavrtání do měkkých, nezpevněných sedimentů. Slávičky mohou omezovat schopnost jedince otevírat ulitu za účelem filtrace (Karatayev et al.1997).

Jelikož se slávičky vyskytují na lokalitách obvykle ve vysokém počtu, jsou schopny přefiltrovat obrovský objem vody v relativně krátkém čase (Karatayev et al.1997). Vodní květ způsobuje snížení růstu makrofyt a snižuje průhlednost vody (Noordhuis et al. 1992). Filtrací fytoplanktonu z vodního sloupce přispívají zvýšení přístupnosti živin pro makrofyta. Následná vyšší průhlednost vody po odfiltrování fytoplanktonu umožňuje světlu proniknout hlouběji do vodního sloupce, čímž se směrem



do hloubky zvětšuje stanoviště vhodné pro růst makrofyt, která slouží jako nové podkladové plochy pro uchycení veligerů (U.S. Geological Survey, 2008). V důsledku filtrace fytoplanktonu může docházet k poklesu koncentrace rozpuštěného uhlíku (DOC). Ačkoliv makrofyta jsou též zdrojem DOC a mohla by nedostatek kompenzovat, mezi obdobími snížení biomasy fytoplanktonu a proliferace makrofyt může docházet k určité prodlevě. Jelikož DOC absorbuje pronikající UV-B světlo, prodleva by mohla způsobit období, kdy UV-B pronikne hlouběji ve vodním sloupci. (U.S. Geological Survey, 2008).

Slávička mnohotvárná a její příbuzná *Dreissena bugensis* jsou schopny ve svém těle ukládat kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (Richman & Somers 2005). Biomagnifikace polychlorovaných bifenyly (PCBs), která byla pozorovaná např. u rodu *Gammarus* poukazuje na možný přenos z pseudovýkalů přes vyšší trofické úrovně až na ryby a ptáky (U.S. Geological Survey, 2008).

Problémy, zapříčiněné invazí slávičky po 2. Světové válce, spojené s hydroelektrárnami, průmyslem a městskými zdroji vody, iniciovaly výzkum biologie a možností kontroly populace tohoto druhu (Karatayev et al.1997). Při vyšším výskytu slávička výrazně ovlivňuje vodní hospodářství. Pouhou přítomností omezuje a zpomaluje průtok vody různým potrubím hydroelektráren, atomových a tepelných elektráren a přivaděči pitné a užitkové vody do městských oblastí či průmyslových areálů (U.S. Geological Survey, 2008). Podílí se obecně také na korozi povrchů. Příčinou je činnost bakterií, žijících mezi byssovými vlákny a produkujících acidifikující sloučeniny. Rozkladem mrtvých těl sláviček dochází také ke znečištění vody (Beran 2018). Při výskytu na místech určených ke koupání mohou jejich ostré okraje lastury významně porušit kůži.

## 3. Materiál a metody

### 3.1 Lokalita

Výzkum populace slávičky mnohotvárné probíhal na vodním díle Rozkoš, přezdívané Východočeské moře. Nádrž leží v nadmořské výšce 265–280 metrů a jedná se o retenční nádrž s kapacitou 76 154 000 m<sup>3</sup> a zátopnou plochou 1000 ha (Bendová 2020). Postavena byla na potoce stejného jména jako tzv. boční nádrž a většina vody je přiváděna umělým kanálem (Úpský přivaděč) z řeky Úpy především při jarních zvýšených průtocích a letních povodních (Krahulec et al. 1980). Vybudována byla za účelem protipovodňové ochrany, dále slouží k nadlešení průtoků v Labi a chovu ryb. Součástí hlavní hráze je malá vodní elektrárna vybavená Kaplanovou turbínou.

Přehrada je hrazena zemní sypanou hrází o délce 420 m, výšce 26 m a šířkou v koruně 8,5 m (zde byla později vybudována silnice). Nenachází se zde žádný bezpečnostní přeliv, jeho funkci zajišťuje jez ve Zlíči. Nádrž je rozdělena na dvě části – severní a jižní – Rovenskou hrází. Severní, eutrofnější část je menší (přibližně 2km<sup>2</sup>, [Krahulec et al. 1980]), převážně využívána pro rekreaci. Jižní, méně eutrofní část (účelová) je podstatně větší (8km<sup>2</sup>, [Krahulec et al. 1980]) s možností poklesu hladiny až o 9 m. Nádrž Rozkoš je napájena v severní části severní nádrže Úpským přivaděčem, z východní strany severní nádrže Rovenským potokem a z východní části jižní nádrže potokem Rozkoš.

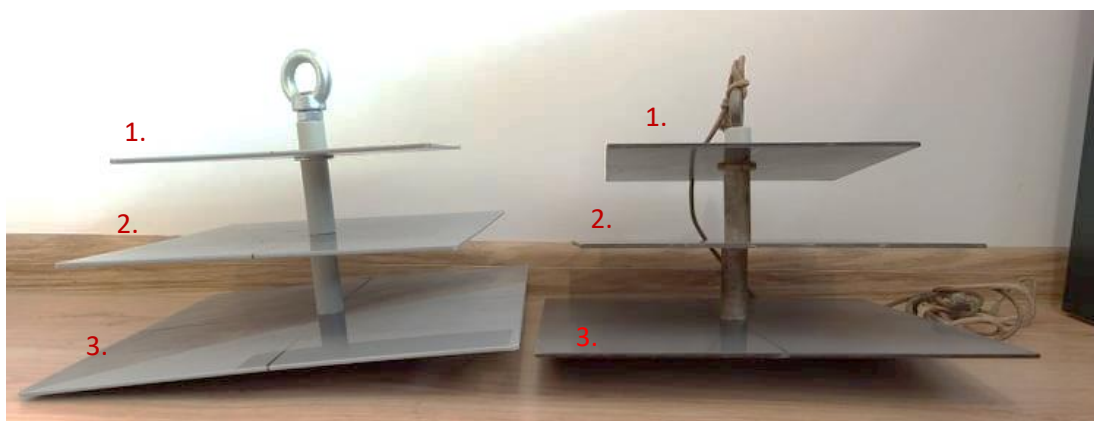
Nádrž má spíše charakter jezera nežli rybníku, s malým průtokem a dobrým zásobováním vápníkem. Dno je tvořeno jíly a bahnitými náplavy, které jsou prakticky nepropustné, pod nimi se nachází několik metrů silná vrstva silně zvětralého slínovce s vysokým obsahem vápníku (Krahulec et al. 1980). Ačkoliv je Rozkoš plošně značně rozsáhlým dílem, je velice mělká. Průměrná hloubka činí 9,4 m s maximální hloubkou 17 metrů.

V důsledku přehrazení nádrže na dvě části o rozdílném objemu dochází k výrazným rozdílům v jakosti vody, převážně ve vegetační sezóně. U ústí Úpského přivaděče v severní části dochází k sedimentaci živin způsobující častý rozvoj zelených řas a sinic. Přepadem do Jižní části proudí voda s podstatně nižším obsahem živin (hlavně fosforu), rozvoj fytoplanktonu bývá méně intenzivní a voda zůstává déle čistá (Bendová 2020).

### 3.2 Odběr vzorků v terénu

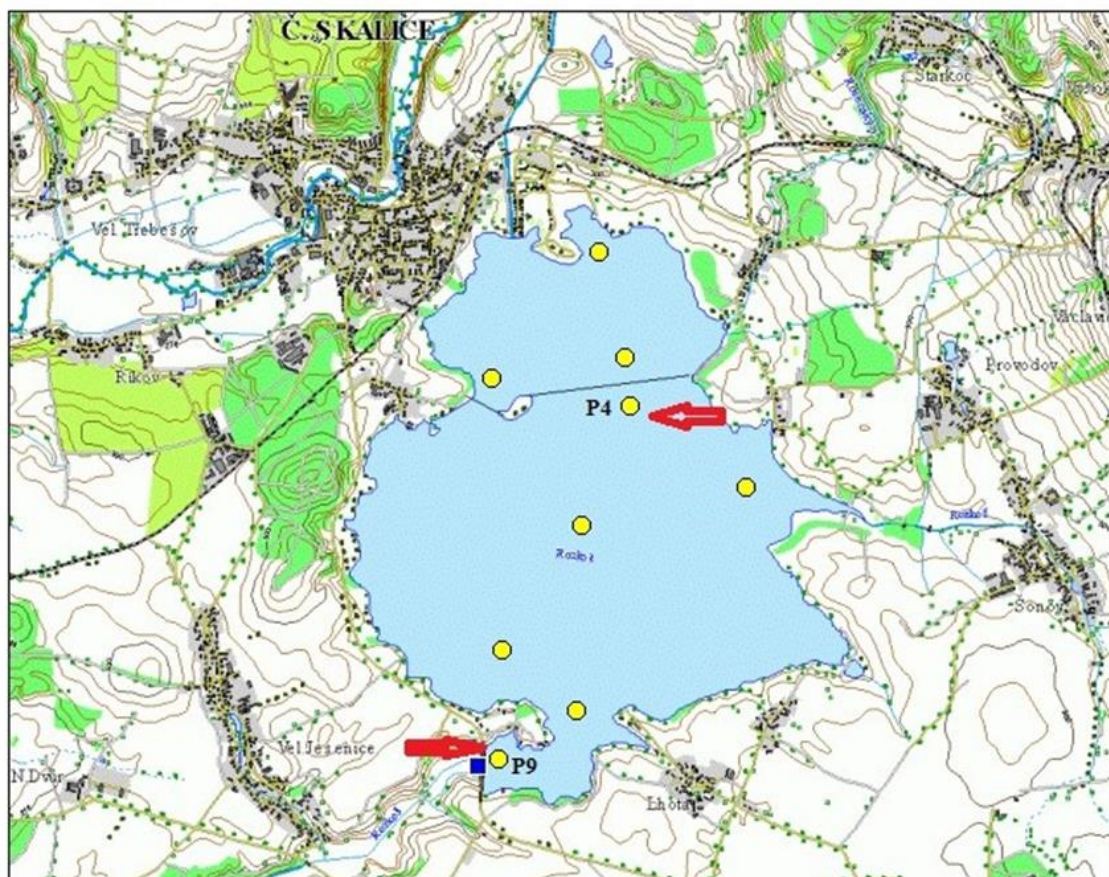
Pro monitoring populace slávičky byly použity substrátové vzorkovače jako umělý substrát k přisedání. Na lokalitu byly vzorkovače umístěny celkem čtyři. Vyrobeny byly podle protokolu pro monitoring slávičky mnohotvárné – Dreissenid (Zebra and Quagga) Mussel Monitoring Protocol (2010).

Každý substrátový vzorkovač se skládal ze 3 čtvercových desek, tvořících pyramidu (Obrázek 3). Desky byly vyrobeny z PVC šedé barvy o tloušťce 3 mm. Svrchní o velikosti 20,5x20,5 cm (deska 1), prostřední 25,5x25,5 cm (deska 2) a spodní 30,5x30,5 cm (deska 3) s vyvrtaným otvorem uprostřed. Pod každou deskou byla navíc umístěna podložka. Rozestup mezi jednotlivými plochami činil 5,5 cm a bylo jej dosaženo za pomoci nařezané PVC trubky. Desky, podložky a oddělovače byly navléknuty na oko s metrickým závitem o délce 20 cm. U horního vzorkovače (1 m) bylo na spodní konec metrického závitu našroubováno oko, u spodního vzorkovače (2 m) pouze nerezová křídlová matka. Každá z desek byla oboustranně rozdělena na čtyři kvadráty. Jeden z rohů každé desky byl označen pro označení počátku. Na obě plochy bylo přivázáno lano, na druhém konci navázané na karabinu. Spodní deska byla opatřena značkou – očkem z lana jiné barvy.



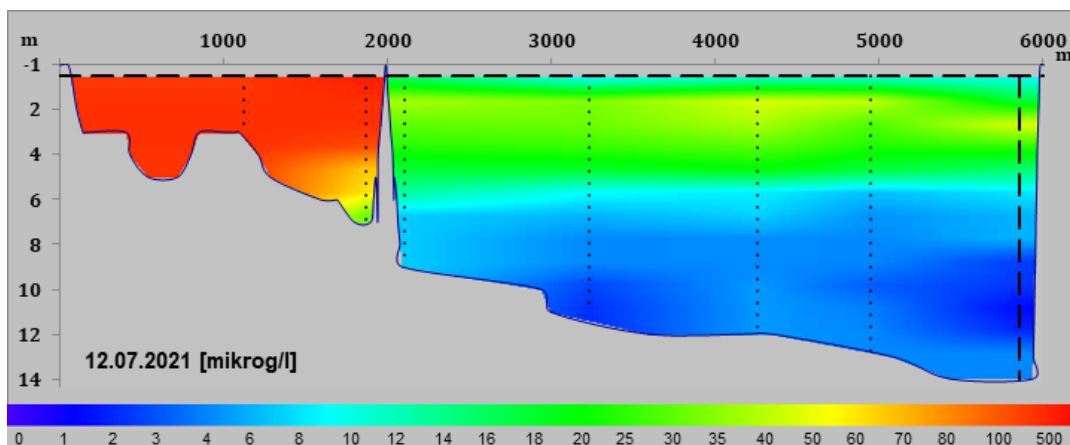
Obrázek 3. Substrátové vzorkovače, (Mařítková 2021).

Vzorkovače byly umístěny na dvou lokalitách (tzv. profily P4 a P9, Obrázek 4) na jižní (retenční) části přehrady. Mapa ukazuje zároveň rozmístění odběrových profilů monitoringu jakosti vody, který provádí správce vodního díla. Pro obě zvolené lokality byly k dispozici historické i aktuální údaje o kvalitě vody a zároveň díky tomu, že jsou pravidelně označovány trvalými bójkami, umožnily zavěšení vzorkovačů. Profil 4 bude nadále označován v práci jako stanoviště PA a profil 9 jako stanoviště PB. Výzkum na lokalitě probíhal v období květen–září 2021.



Obrázek 4. Mapa vodního díla Rozkoš s vyznačenými profily 4 a 9, na které byly umístěny substrátové vzorkovače (Povodí Labe 2021).

Jižní nádrž byla zvolena, jelikož v dřívější době docházelo k jejímu intenzivnímu vypouštění, které mohlo mít vliv na populaci slávičky. Dalším důvodem je přesun oficiálního místa ke koupání ze severní části nádrže na jižní část do Velké Jesenice. K přesunu vedla vyšší čistota vody, která je způsobena přísunem vody s redukováným obsahem živin (Obrázek 5).



Obrázek 5. Chlorofyl-a v podélném profilu nádrže Rozkoš 12.7.2021, (Povodí Labe 2021).

Vzorkovače byly zavěšeny na bóje patřící povodí Labe pomocí karabiny. První do hloubky 1 m, druhá byla pověšena za oko první plochy do hloubky 2 m.

Do vody byly vzorkovače instalovány 10.5.2021. Odběr vzorků proběhl 16.6.2021, 12.7.2021, 17.8.2021 a 14.9.2021. Odebrána byla vždy z  $\frac{1}{4}$  každé plochy. Špachtlí byla seškrábnuta svrchní i spodní strana každé ze tří desek vzorkovače, poté byly desky opláchnuty destilovanou vodou a drobnější části vzorku odebrány kartáčkem. Vzorky byly umíst'ovány do samostatných nádob a ihned na lokalitě fixovány formaldehydem na výslednou koncentraci 4 %. Po příjezdu z lokality byly vzorky slity z formaldehydu a zakonzervovány 75–80 % etanolem.

### 3.3 Zpracování vzorků v laboratoři

K mikroskopickému zpracování vzorků byl použit stereomikroskop Olympus SZX7. Vzorky z prvního a druhého odběru byly prohlédnuty pod mikroskopem za účelem zjištění případného výskytu vývojových stádií slávičky. Jelikož ve vzorcích z odběru 16.6.2021 nebylo přítomno žádné vývojové stádium, nebylo s nimi dále pracováno. Vzorky z druhého odběru, kde byla vývojová stádia slávičky nalezena, byly nejdříve rozděleny pomocí laboratorního děliče vzorků (Rotary Sample Divider laborette 27, fy. Fritsch) na 8 jednotlivých dílů vzorku (Obrázek 6). Vzhledem k vysokému obsahu balastního materiálu, který zakrýval jedince sláviček a znemožňoval další zpracování, prošly jednotlivé díly vzorků dekantací, jelikož slávičky klesly rychleji ke dnu zkumavky, zatímco balastní materiál se vznášel v roztoku a klesal pomaleji ke dnu.



Obrázek 6. Laboratorní dělič vzorků a příklad jednoho vzorku rozděleného na 8 dílů, (Mařátková 2021).

#### 3.3.1 Kvantitativní analýza vzorků

Mikroskopická analýza vzorků, odebraných 12.7.2021, odhalila velké množství jedinců malých rozměrů včetně presedentárních stádií. Před zpracováním vzorků bylo provedeno testování vlivu zvoleného počtu zorných polí na celkových výsledcích z jednotlivých dílů. Byl modifikován obrazový standard pro grafické vyhodnocování počtu kolonií bakterií v kulturační mikrobiologii (Protocol 2 od firmy Symbiosis) pomocí semínek hořčice bílé (*Sinapis alba*), které se tvarem, velikostí i zabarvením podobají presedentárním stádiím slávičky. Cílem bylo zjištění odchylky počtu semínek u náhodně vybraných zorných polí od skutečného počtu semínek ve vzorku. Napočítáno bylo přesně

100 kusů semínek a ta byla umístěna do petriho misky, která byla použita následně i na vzorky sláviček. Na povrch misky byla vyryta čtvercová mříž s velikostí čtverců 1 cm x 1 cm. Nejprve bylo použito 10 náhodně vybraných zorných polí, na kterých byla spočítána semínka. Odchylka spočítaných semínek od skutečného počtu byla však vyšší než 10 %, proto byl počet náhodně vybraných polí zvýšen na 20. Při zvýšení počtu polí klesla odchylka od skutečného počtu pod 10 %. Metoda 20 snímků byla zprvu aplikována na nejmenší vzorky, jelikož ale počty jedinců v dalších byly příliš vysoké, v průběhu zpracování vzorků došlo k redukci počtu náhodně vybraných polí na 10. U nejmenších, již hotových vzorků byl proveden test, zda při redukci již zpracovaných zorných polí na polovinu klesnou počty jedinců v jednotlivých velikostních kategoriích též na polovinu. Jelikož počty ve velikostních kategoriích klesly na předpokládanou úroveň, bylo rozhodnuto zpracovat pouze 10 náhodně vybraných polí.

Jednotlivé části vzorků byly na petriho misce o průměru 8 cm nasnímány integrovanou kamerou Infinity 2 pomocí programu QuickPHOTO CAMERA 2.3 (Obrázek 24 – příloha). U každé osminy ze vzorku bylo pořízeno 20 náhodných snímků. Z nich byl poté udělán pomocí generátoru náhodně vybraných čísel konečný vzorek o 10 snímcích náhodného výběru. Snímky byly nahrány do programu NIS – Elements AR 3.2. Pomocí funkce měření byl každý jedinec na snímku změřen a zaznamenán automaticky do tabulky. Data byla z programu následně exportována do programu Microsoft Excel. Jelikož NIS používá jako jednotku velikosti pixely, bylo použito kalibrační měřítko, pomocí kterého byl stanoven poměr 0,01 mm/px.

### **3.3.2 Ruční analýza**

Vzhledem k velikosti jedinců v odběrech ze srpna a září byly slávičky měřeny a počítány ručně. Za použití milimetrového papíru byla vytvořena měřící pomůcka v podobě čtvrtky, na kterou byly nalepeny pruhy milimetrového papíru, čímž vznikly velikostní třídy vždy s rozdílem 1 mm (0-1 mm, 1-2 mm...). Každá velikostní kategorie představovala zleva otevřený a zprava uzavřený interval, kdy jedinec o velikosti přesně 1 mm spadal do kategorie 0-1 mm. Jedinci byli po jednom přikládáni k milimetrovému papíru pomocí entomologické pinzety a měření v nejdelším rozměru. Počty jedinců v jednotlivých velikostních kategoriích byly průběžně zaznamenávány, a nakonec převedeny do tabulky v programu Microsoft Excel.

### 3.4 Analýza dat

Předmětem sledování bylo kvantifikování biologického jevu (nejdelšího rozměru jedince), který je charakterizován distribucí četností ve zvolených velikostních třídách. Tato charakteristika se mění v závislosti na čase a mnoha dalších faktorech, z nichž jen omezený počet mohl být v experimentu zohledněn – sledován či měřen. Za použití open-source matematického nástroje pro statistiku (R software jako jazyk v prostředí RStudia) byly provedeny ANOVA-one way testy s Bonferroniho korekcí hladiny významnosti pro snížení pravděpodobnosti vnesení chyby typu I. Soubory dat byly i vícenásobně testovány (Sokal & Rohlf 1995). Bonferroniho korekce byla použita za účelem kontroly chybovosti v případech vícenásobného testování. Pro každé vzájemné srovnání byla korigována hladina významnosti  $\alpha$  z původní hodnoty 0,05 na 0,02.

Zjištěné distribuce početního zastoupení jedinců ve zvolených velikostních kategoriích nemají zjevně unimodální průběh. Multimodální průběh distribucí byl dán výskytem různých vývojových stádií slávičky na substrátových vzorkovačích. V prvním pozitivním červencovém odběru se jednalo převážně o presedentální a juvenilní stádium, v odběrech ze srpna a září se vyskytovalo juvenilní i adultní stádium vývoje. Za účelem potvrzení přítomnosti multimodality byl na data aplikován Hartigenův test multimodality. HTM je založen na hypotéze, že daná data mají více než jeden modus ve svém rozdělení za použití dip statistiky (statistiky poklesu [Kang & Noh 2019]). Dip test měří multimodalitu ve vzorku maximálním rozdílem ve všech bodech vzorku mezi empirickou distribuční funkcí (dána poměrnými kumulativními četnostmi kdy kumulativní četnost je postupně načítaná četnost jednotlivých vzestupně uspořádaných hodnot statistického znaku ve statistickém souboru) a unimodální distribuční funkcí (distribuce o jednom vrcholu), která tento maximální rozdíl minimalizuje (Hartigan & Hartigan 1985).



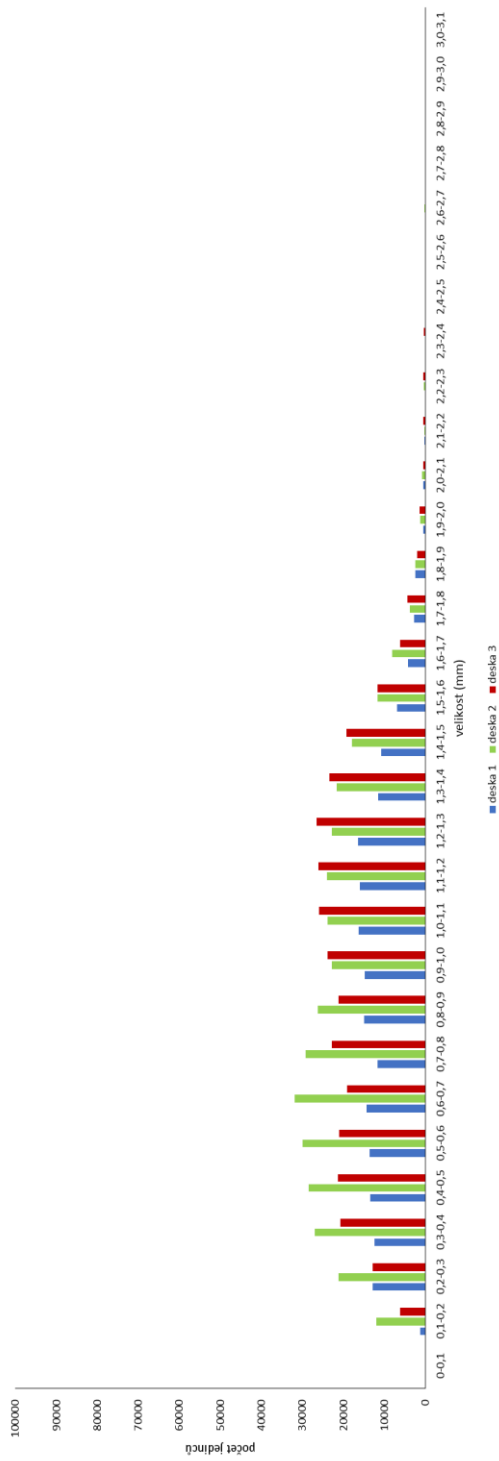
## 4. Výsledky

### 4.1 Početnost a velikost sláviček na vzorkovačích

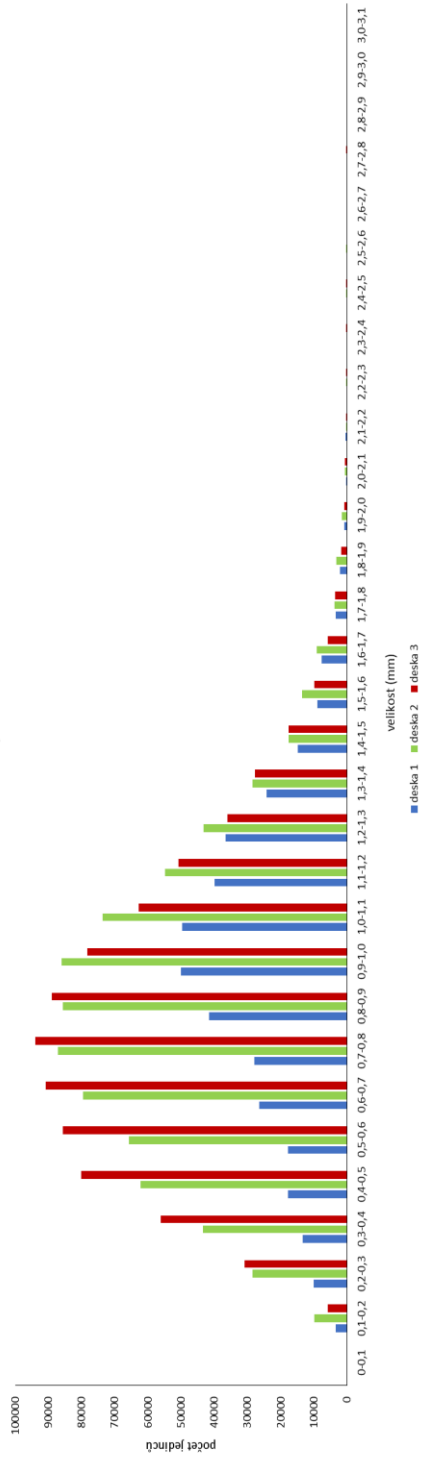
Substrátové vzorkovače byly v terénu umístěny po dobu 4 měsíců. Vzorky byly odebrány v měsíčních intervalech v období červen–září 2021. Jednotlivé počty jedinců z desek substrátových vzorkovačů byly přepočítány na plochu jednoho metru čtverečního a data vnesena do grafů. Byla vypočítána průměrná velikost jedinců v populaci za každé období. Celkový počet jedinců se lišil mezi vzorkovači v jednom a dvou metrech hloubky i mezi stanovišti PA a PB. Konstantně byl na vzorkovači v hloubce jednoho metru nižší celkový počet jedinců než na vzorkovači v hloubce dva metry ve všech odběrech. Trend méně jedinců na vzorkovači v jenom metru vykazovalo stanoviště PA i PB. Průměrná velikost jedinců se mezi jednotlivými deskami i vzorkovači lišila. Jedinci na vzorkovači, umístěném v hloubce dva metry, dosahovali ve všech odběrech nižší průměrné velikosti proti jedincům na vzorkovači v jednom metru hloubky. Podobný trend byl mezi jednotlivými deskami vzorkovačů, kdy jedinci na desce č.1 dosahovali vyšší průměrné velikosti, která s rostoucí velikostí a hloubkou desek klesala. Počet jedinců na stanovišti PA byl vyšší než na stanovišti PB konstantně ve všech odběrech.

Ve vzorcích ze dne 16.6.2021 nebyla přítomnost slávičky a jejích vývojových stádiích prokázána. V červencovém odběru (12.7.2021) byla zaznamenána poslední veligerová stádia, post-veliger a první přisedající postlarvální juvenilní stádia. Průměrná velikost jedinců v populaci se pohybovala v rozpětí 0,7-0,9 mm. Průměrná velikost jedinců vzorkovače v 1 m dosahovala 0,8-0,9 mm, na vzorkovači ve 2 m 0,7-0,8 mm. Nejmenší veligerová stádia dosahovala velikosti 0,1-0,2 mm, zatímco největší, již primární juvenilní stádia, přes 3 mm v počtu několika jedinců (Obrázek 7 a 8). Velikost a počet jedinců odpovídá první, jarní vlně rozmnožování. Celkový počet jedinců na 1 m<sup>2</sup> na stanovišti PA dosáhl 2,91 milionu a 1,90 milionu jedinců na stanovišti PB.

PA substrátový vzorkovač 1 m

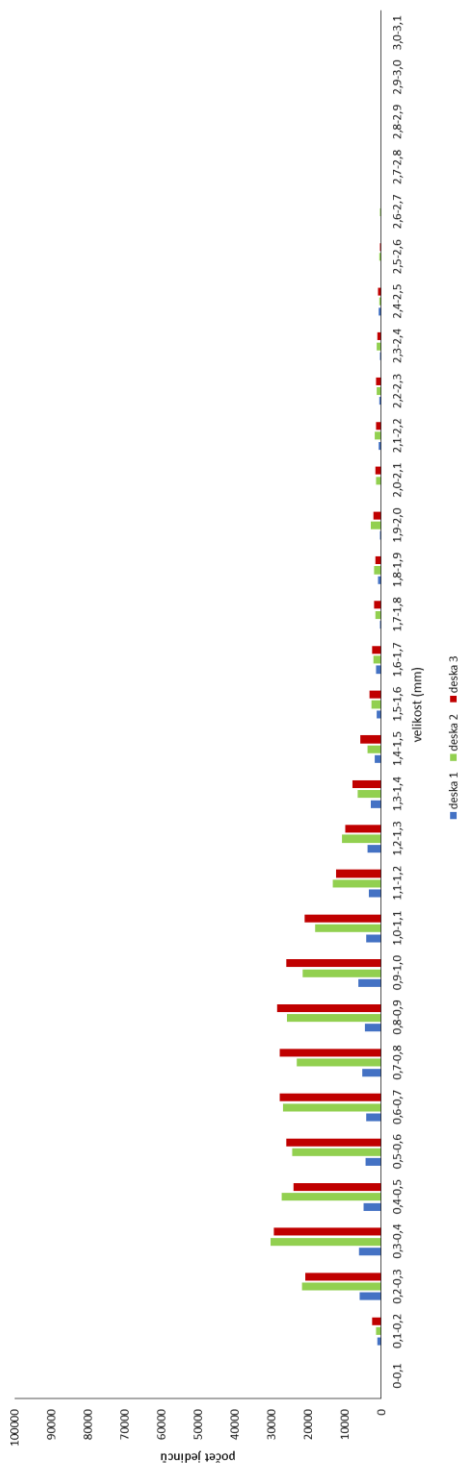


PA substrátový vzorkovač 2 m

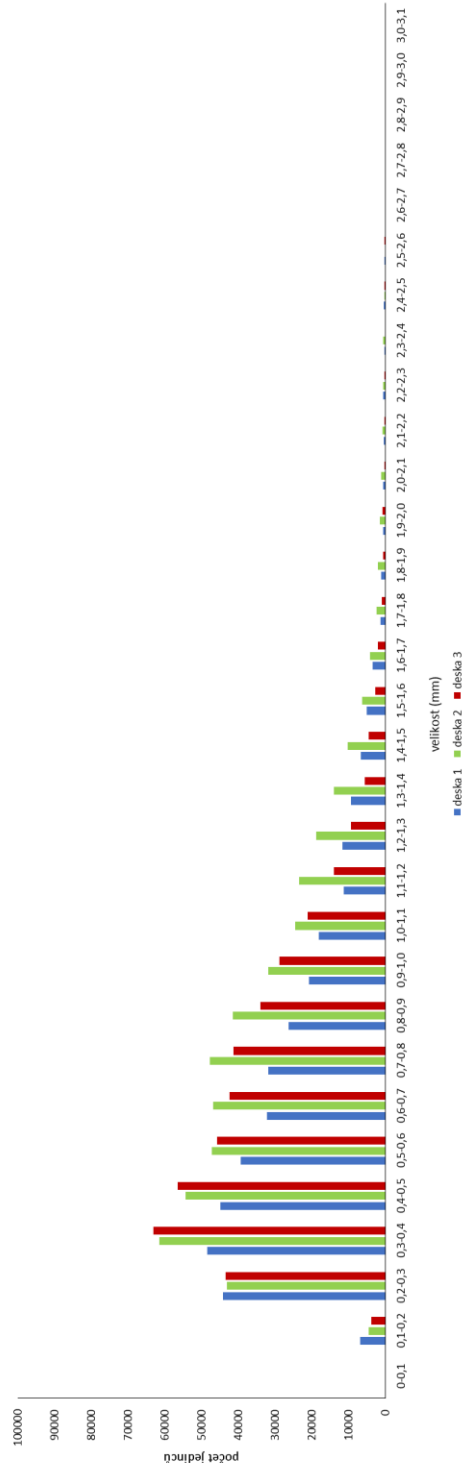


Obrázek 7. Grafy počtu jednotek, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 12.7.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PA v hloubce jeden a dva metry.

PB substrátový vzorkovač 1m

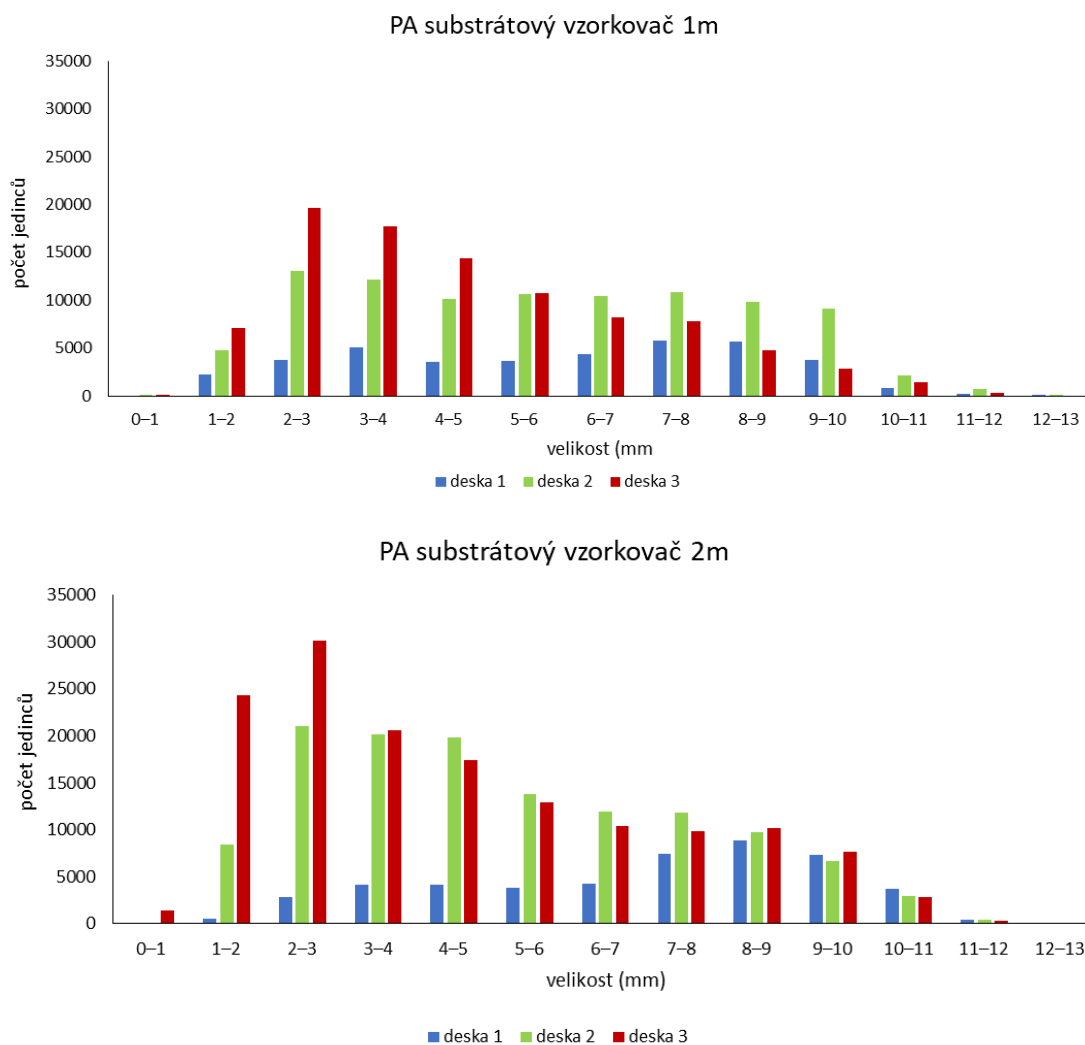


PB substrátový vzorkovač 2m

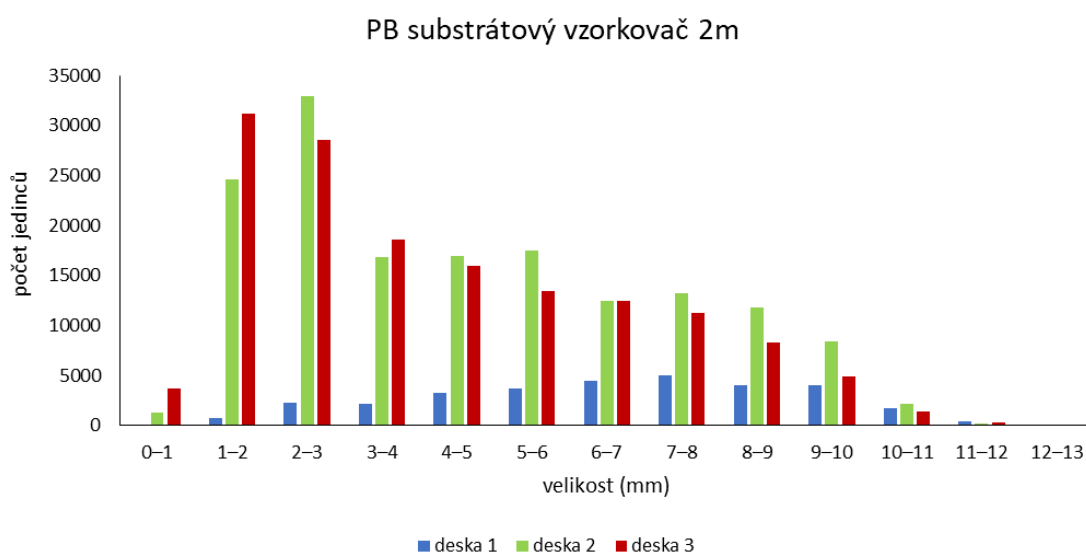
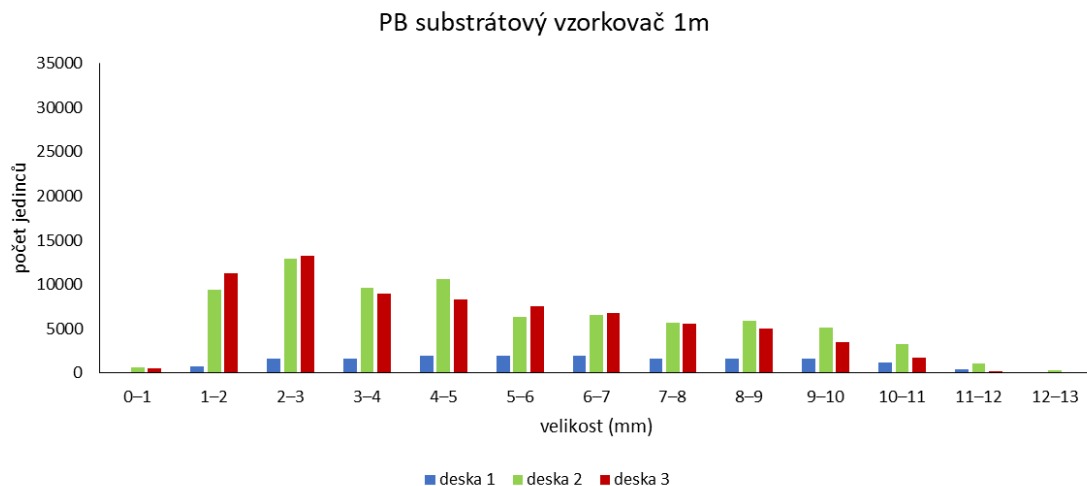


Obrázek 8. Grafy počtu jedinců, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 12.7.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry.

V srpnovém odběru se velikost jedinců pohybovala od necelého 1 mm do 13 mm (Obrázek 9 a 10) s průměrnou velikostí jedinců v populaci 4-6 mm. Průměrná velikost jedinců v populaci na vzorkovači v 1 m dosahovala 5-6 mm, na vzorkovači ve 2 m 4-5 mm. Počet jedinců na 1 m<sup>2</sup> klesl na 550 tisíc jedinců na stanovišti PA a 506 tisíc jedinců na stanovišti PB. Tyto počty jedinců odpovídají přibližně 1/5 původního počtu zaznamenaného ve vzorcích z 12.7.2021.

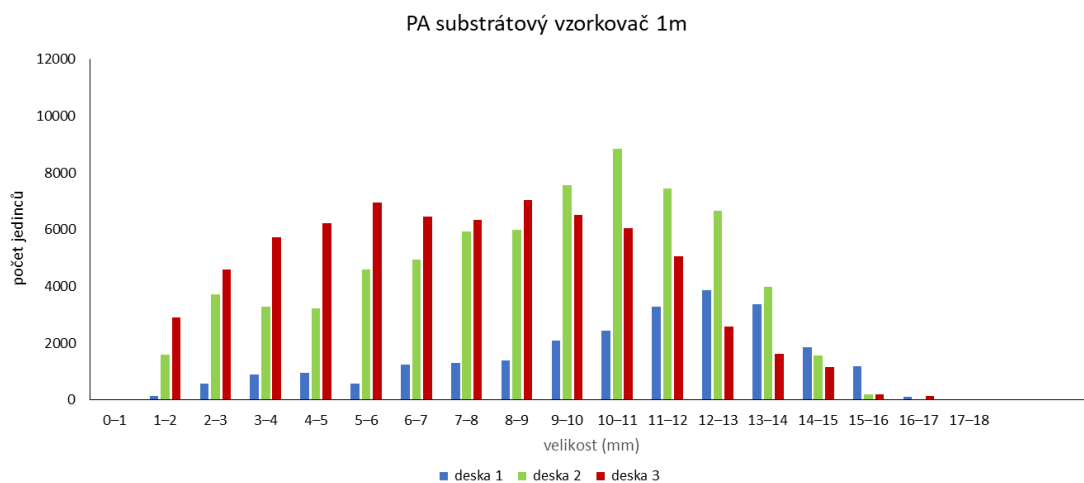


Obrázek 9. Grafy počtu jedinců, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 17.8.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PA v hloubce jeden a dva metry.

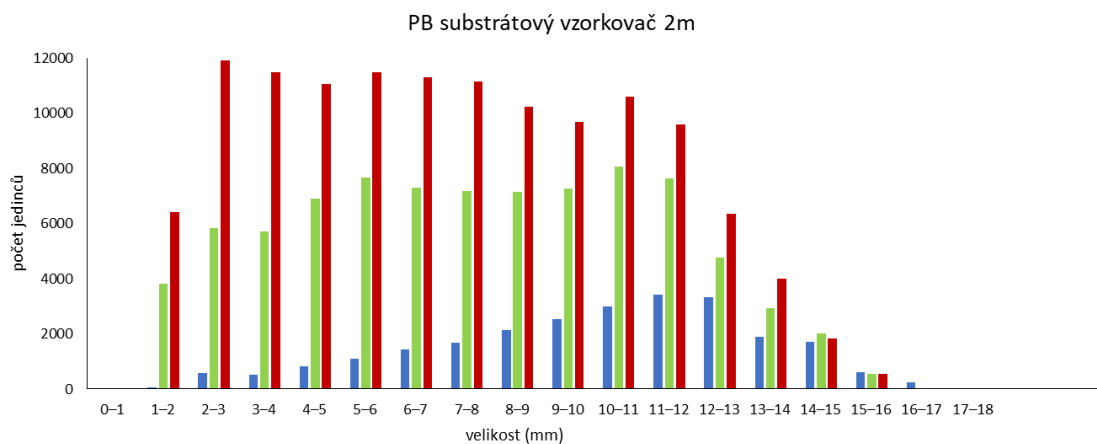
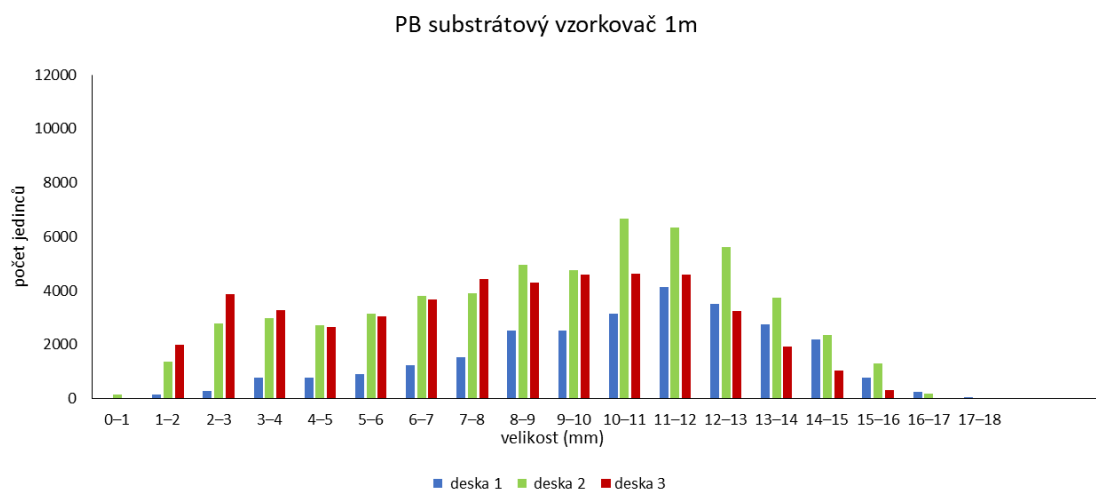


Obrázek 10. Grafy počtu jedinců, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 17.8.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry.

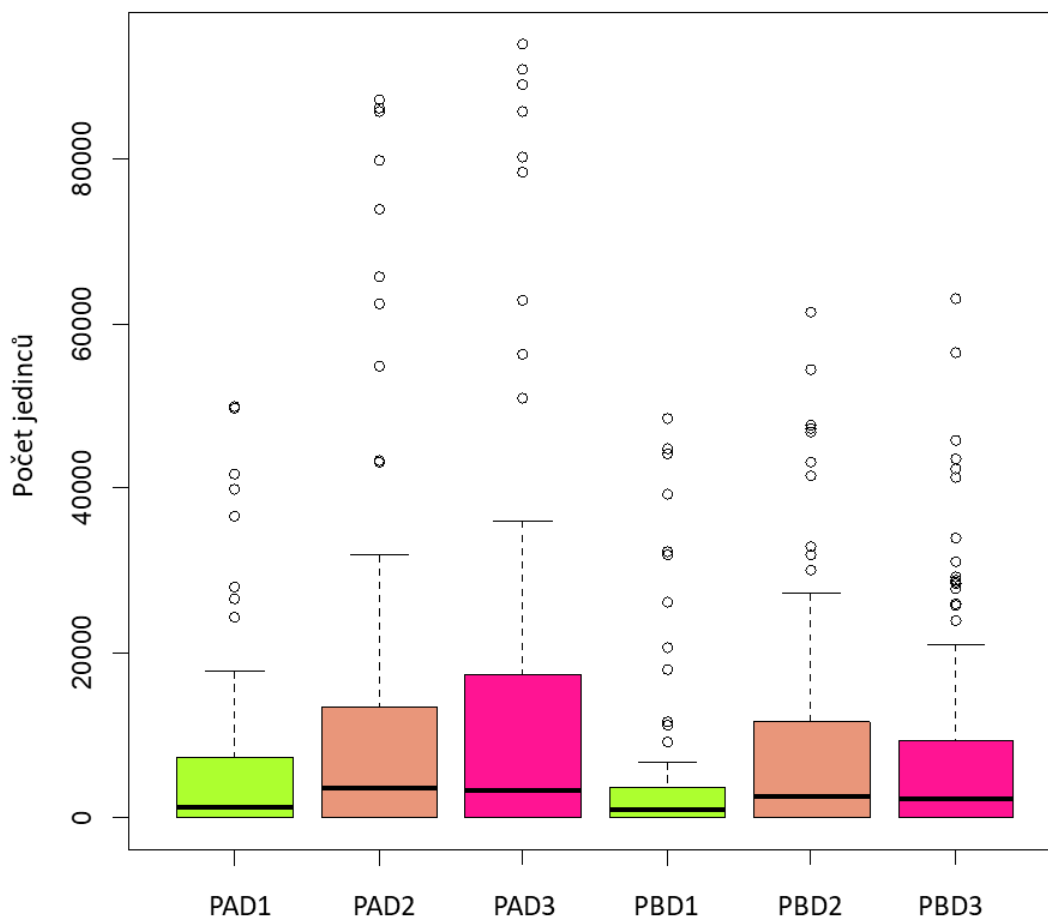
V posledním odběru vzorků v září se zvýšila maximální velikost jedinců až na 18 mm (Obrázek 12) s průměrnou velikostí jedinců v populaci 7-9 mm. Průměrná velikost jedinců na vzorkovači v 1 m dosahovala 8-9 mm, na vzorkovači ve 2 m 7-9 mm. Celkový počet jedinců na substrátovém vzorkovači na stanovišti PA v hloubce jeden metr byl 164 tisíc jedinců. U stanoviště PB představoval celkový počet 369 tisíc jedinců pouhou 1/8 z původního počtu jedinců v odběru ze dne 12.7.2021. Data ze substrátového vzorkovače PA v hloubce dva metry chybí, jelikož mezi odběry 17.8. a 14.9.2021 došlo k jeho ztrátě.



Obrázek 11. Graf počtu jedinců, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 14.9.2021 na substrátovém vzorkovači na stanovišti PA v hloubce jeden metr.



Obrázek 12. Grafy počtu jedinců, přepočítaných na plochu 1 m<sup>2</sup>, v jednotlivých velikostních kategoriích 14.9.2021 na substrátových vzorkovačích na stanovišti PB v hloubce jeden a dva metry

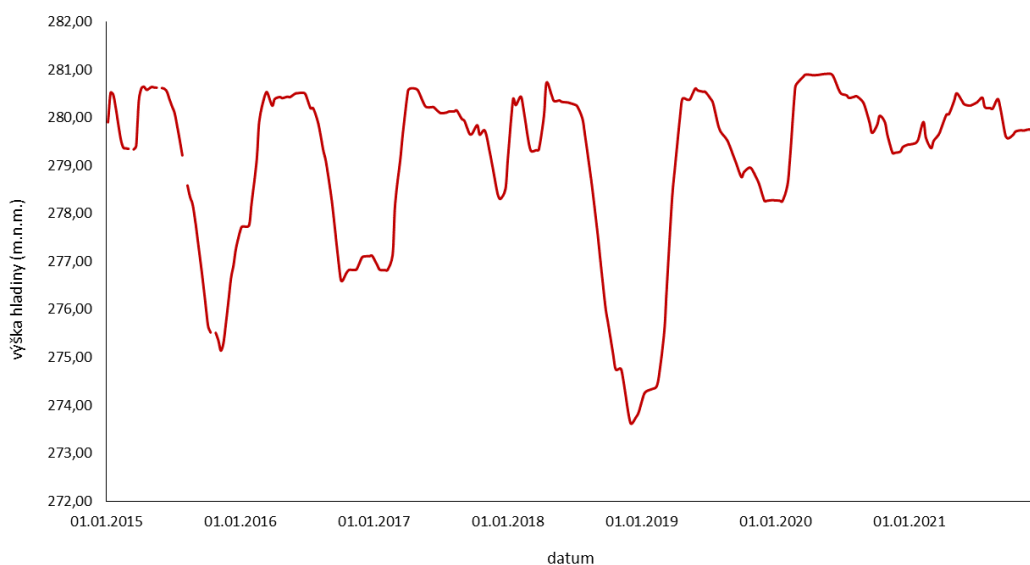


Obrázek 13. Krabicový graf znázorňující rozdíly počtu jedinců ve zvolených velikostních kategoriích ve všech odběrových termínech mezi deskami 1,2 a 3 a stanovišti PA a PB. Střední sloupcová část je vždy shora ohraničena 3. kvantilem a zvýrazněná linka uvnitř vymezuje medián. Prerušovaná úsečka vyběhající nahoru vyjadřuje variabilitu nad třetím kvantilem a samostatné body reprezentují odlehle hodnoty, (Povodí Labe 2022).

One way ANOVA testy s Bonferroniho korekcí hladiny významnosti potvrdily průkazný rozdíl při porovnání velikostních distribucí sláviček na desce 1 s deskami 2 a 3 ( $P < 0,05$ ) a neprůkazný rozdíl distribucí mezi deskami 2 a 3 ( $P > 0,05$ ). Přítomnost multimodality byla pomocí Hartigenova testu multimodality prokázána. Hartigenův test potvrdil i předpokládanou bimodalitu distribucí na datech z července. V tomto odběru vzorků byl zachycen a dokumentován výskyt presedentálních i sedentálních stádií (Obrázek 24 – příloha). Pro vizualizaci distribučních charakteristik hodnocených souborů dat byl použit tzv. krabicový graf (Obrázek 13).

## 4.2 Hydrologická data a fyzikálně-chemické ukazatele

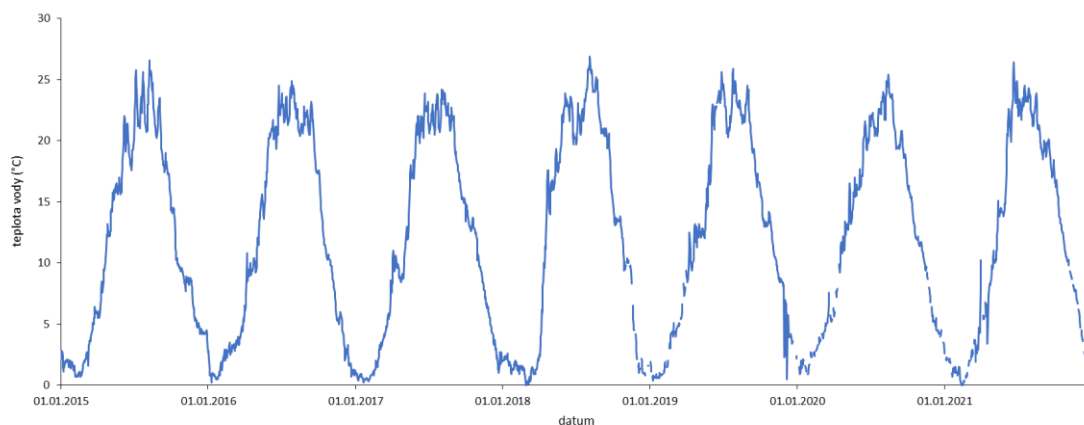
Při měření fyzikálně-chemických ukazatelů vody nádrže Rozkoš jsem byla přítomna, jelikož odběr vzorků sláviček probíhal vždy ve stejném termínu.



Obrázek 14. Průběžná výška hladiny nádrže Rozkoš 2015-2021. Data měřena u hlavní hráze v 7:00 (Povodí Labe 2022).

Jižní nádrž Rozkoše byla v minulých letech od července do listopadu vypouštěna, aby mohla plnit protipovodňovou funkci. Na grafu (Obrázek 14) jsou patrná dvě intenzivní snížení hladiny nádrže 2015 a 2018 z důvodu nadlepšování průtoku Metuje a průtočného chlazení tepelné elektrárny Opatovice nad Labem v období neobyčejně suchých letních měsíců. Tato období se projevila i na teplotě vody nádrže. V srpnu 2015 byla teplota vody týden vyšší než 25 °C a v srpnu 2018 překročila voda teplotu 25 °C na dvanáct dnů (Obrázek 15).





Obrázek 15. Průběh hladinové teploty vody nádrže Rozkoš 2015-2021. Data měřena u hlavní hráze poblíž stanoviště PB (Povodí Labe 2022).

Tabulka 1. Teplota vody (°C) na stanovišti PA a PB (Povodí Labe).

Hloubka (m)	10.05.2021		12.07.2021		17.08.2021		14.09.2021	
	PA	PB	PA	PB	PA	PB	PA	PB
0	11,6	11,7	22,3	22,7	22,9	22,3	19,8	20,2
1	11,6	11,6	22,2	22,5	22,9	22,3	19,5	19,9
2	11,6	11,5	22,1	22,4	22,9	22,3	19,4	19,9
3	11,6	11,3	21,8	22,1	22,9	22,3	19,2	19,8
4	11,6	10,9	21,5	21,8	22,9	21,4	19,0	19,6
5	11,5	10,4	21,0	20,8	21,5	21,1	18,9	19,3
6	11,5	10,4	20,4	18,9	21,2	20,8	18,8	19,1
7	11,3	10,3		17,5		20,4		18,9
8		10,2		15,5		19,1		18,7
9		10,2		14,8		16,4		18,4
10		10,1		14,2		15,1		18,1
11		10,1		14,1		14,5		17,7
12		10,1		13,1		14,0		16,7
13		9,5		13,0		13,7		15,9

Tabulka 2. Množství chlorofylu-a ( $\mu\text{g/l}$ ) na stanovišti PA a PB (Povodí Labe).

Hloubka (m)	10.05.2021		12.07.2021		17.08.2021		14.09.2021	
	PA	PB	PA	PB	PA	PB	PA	PB
0	15,8	13,3	15,6	9,7	7,1	8,0	6,2	5,0
1	21,1	14,5	36,1	17,4	14,6	6,2	15,1	11,9
2	23,7	16,2	28,7	43,1	17,1	5,6	19,1	13,3
3	24,1	20,7	22,5	23,5	10,4	5,4	11,6	11,3
4	26,0	22,2	17,5	15,1	10,4	4,7	5,3	4,7
5	19,9	26,6	12,9	8,3	7,8	4,7	4,4	3,3
6	16,9	18,6	7,3	6,3	3,9	5,6	3,5	3,0
7	14,9	16,5		6,3		5,8		1,4
8		16,4		2,7		3,2		0,6
9		16,4		2,5		2,7		0,5
10		16,7		1,6		1,9		1,1
11		15,1		2,2		2,0		0,9
12		14,0		4,4		2,5		1,7
13		12,3		4,2				2,5

Tabulka 3. Koncentrace rozpuštěného kyslíku ( $\text{mg/l}$ ) na stanovišti PA a PB (Povodí Labe).

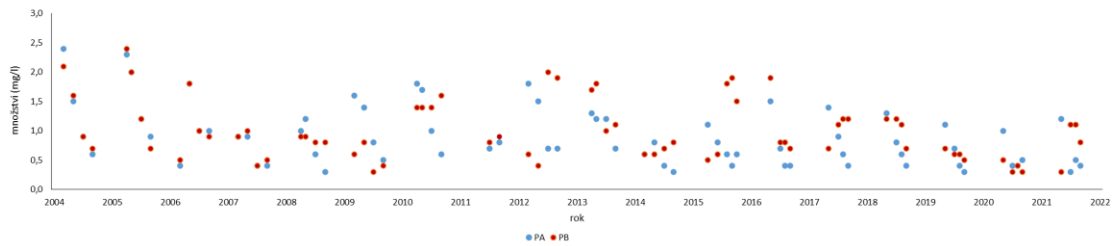
Hloubka (m)	10.05.2021		12.07.2021		17.08.2021		14.09.2021	
	PA	PB	PA	PB	PA	PB	PA	PB
0	11,85	11,71	10,89	11,88	8,02	8,35	9,17	9,94
1	11,86	11,75	11,14	12,26	7,99	8,32	9,06	9,97
2	11,83	11,74	10,96	12,35	8,00	8,29	8,98	9,91
3	11,83	11,61	9,59	11,51	8,00	7,99	8,28	9,69
4	11,86	11,53	8,47	9,63	7,95	2,79	6,96	9,10
5	11,81	11,29	5,67	5,84	2,85	0,98	5,46	8,50
6	11,81	11,03	3,74	2,34	1,00	0,41	4,38	7,80
7	11,73	10,80		0,69		0,15		7,27
8		10,15		0,21		0,10		5,88
9		10,02		0,13		0,07		2,89
10		9,88		0,07		0,05		0,58
11		9,76		0,07				0,30
12		8,81		0,01				0,12
13		4,78		-0,01				0,06

Tabulka 4. Nasycení rozpuštěným kyslíkem (%) na stanovišti PA a PB (Povodí Labe).

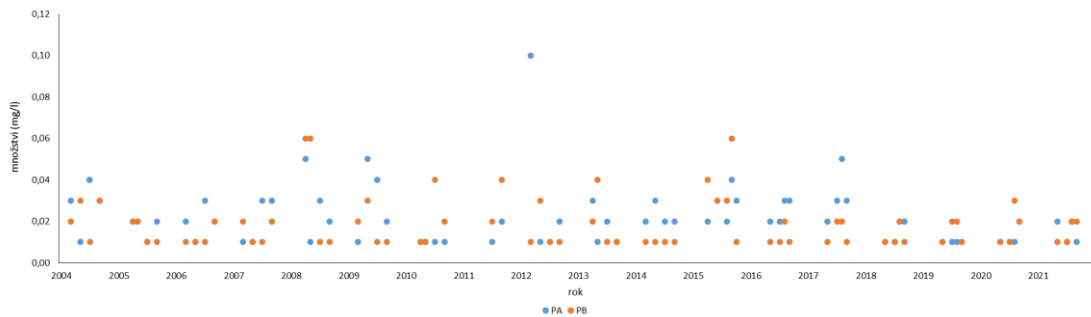
Hloubka (m)	10.05.2021		12.07.2021		17.08.2021		14.09.2021	
	PA	PB	PA	PB	PA	PB	PA	PB
0	108,9	108,1	125,3	137,8	93,3	96,1	100,4	109,9
1	109,2	108,2	127,9	141,7	93,0	95,8	98,7	109,5
2	109,0	107,7	125,7	142,4	93,1	95,4	97,6	108,8
3	109,0	106,2	109,5	132,1	93,1	92,0	89,8	106,3
4	109,1	104,4	96,0	109,7	92,6	31,5	75,2	99,3
5	108,4	101,1	63,6	65,3	32,3	11,0	58,8	92,3
6	108,3	98,6	41,5	25,2	11,3	4,5	47,1	84,3
7	107,2	96,4		7,2		1,6		78,4
8		90,3		2,1		1,1		63,0
9		89,2		1,3		0,7		30,8
10		87,8		0,7		0,5		6,2
11		86,7		0,7		0,4		3,1
12		78,2		0,1		0,3		1,3
13		41,9		-0,1		0,2		0,6

Tabulka 5. Hodnoty pH na stanovišti PA a PB (Povodí Labe).

Hloubka (m)	10.05.2021		12.07.2021		17.08.2021		14.09.2021	
	PA	PB	PA	PB	PA	PB	PA	PB
0	8,63	8,62	8,46	8,54	8,28	8,37	8,04	8,33
1	8,63	8,62	8,45	8,58	8,28	8,37	8,07	8,36
2	8,62	8,62	8,40	8,60	8,29	8,37	8,05	8,35
3	8,62	8,60	8,13	8,43	8,29	8,32	7,84	8,31
4	8,62	8,58	7,92	8,20	8,29	7,48	7,62	8,20
5	8,62	8,55	7,60	7,68	7,43	7,28	7,44	8,01
6	8,62	8,50	7,44	7,46	7,26	7,23	7,37	7,88
7	8,61	8,47		7,35		7,19		7,79
8		8,37		7,27		7,19		7,57
9		8,35		7,24		7,18		7,36
10		8,33		7,22		7,13		7,17
11		8,31		7,20		7,09		7,17
12		8,20		7,08		7,04		7,09
13		7,60		7,00		6,88		7,04



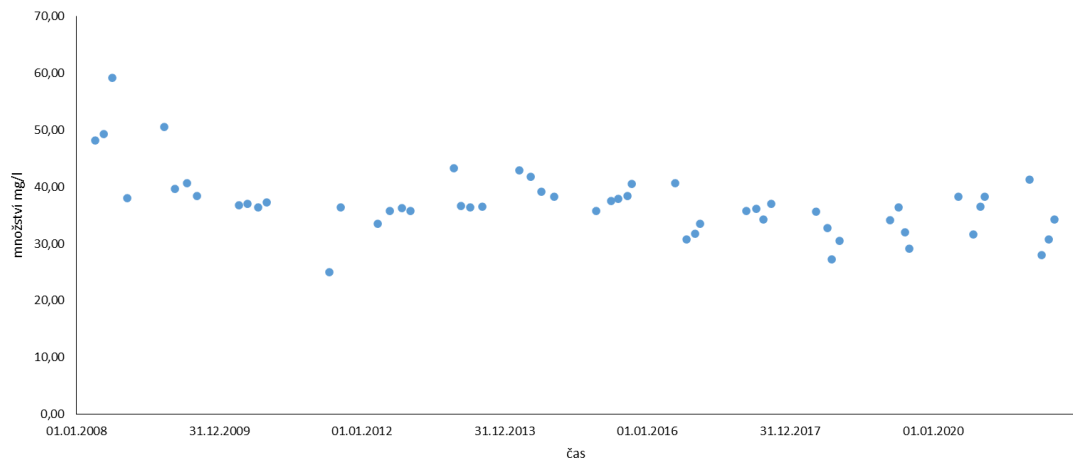
Obrázek 16. Množství celkového N v období 2004-2021 měřený na měrných stanovištích PA a PB (Povodí Labe 2022).



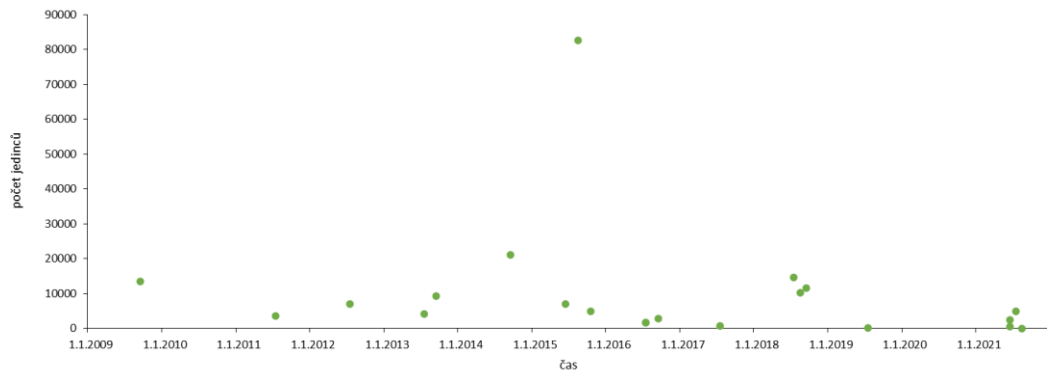
Obrázek 17. Koncentrace celkového fosforu ve filtrovaném vzorku v období 2004-2021, měřená na stanovištích PA a PB (Povodí Labe 2022).

Forma koncentrace fosforu ve filtrovaném vzorku byla zvolena z důvodu rychlé realizace v potravním řetězci v podobě primární produkce a eliminace podílu fosforu vázaného na suspendované částice (povodňové a příbojové zákaly), který se nemusí vždy v potravním řetězci realizovat.

Grafy na obrázcích 16 a 17 ukazují na střednědobou stabilitu výsledků s patrnými meziročními rozdíly. Hodnoty z posledních pěti let naznačují postupný pokles dusíku a fosforu v nádrži. K výraznému poklesu fosforu došlo v posledních čtyřech letech od roku 2018.



Obrázek 18. Množství naměřeného vápníku na nádrži Rozkoš v období 2004-2021. Data byla měřena na profilu 9 (stanoviště PB) ve 4 metrech hloubky (Povodí Labe 2022).



Obrázek 19. Výskyt stádia veligeru v rutinním odběru zooplanktonu v období 2009-2021. Odběry nejsou na veliger zaměřeny, proto jej nemusí nutně odhalit, jsou prováděny pouze v letních měsících z důvodu koupací sezóny (Povodí Labe 2022).

Tabulka 6. Veliger zaznamenaný Povodím Labe v odběrech zooplanktonu v roce 2021.

datum	měrný profil	počet jedinců
15.6.2021	4	577
15.6.2021	9	2406
13.07.2021	4	4894
17.08.2021	4	11

## 5. Diskuze

Populace slávičky mnohotvárné na Rozkoši je ovlivňována mnoha specifickými charakteristikami nádrže. Rozkoš je v souladu s platným manipulačním řádem vypouštěna v letních a podzimních měsících, aby podle potřeby nadlepšovala průtoky a tím se mohl zároveň vytvořit dostatečný retenční objem pro zachycení jarních zvýšených průtoků či povodní. K mimořádným poklesům hladiny došlo v letech 2015 a 2018, kdy hladina klesla v retenční části o 5 a 6 m (Obrázek 14) a došlo tak k obnažení velké plochy dna. Tento stav v obou letech trval od června do půlky listopadu (2015) a začátku prosince (2018). Nádrž Rozkoš byla v létě 2018 vypouštěna rychlostí 2-5 m<sup>3</sup>/s, což představovalo pokles hladiny o 2-5 cm za den (při vypouštění rychlostí 10 m<sup>3</sup>/s klesne hladina přibližně o 10 cm za den [internetové stránky Povodí Labe]). S nižším objemem vody v mělké nádrži vzrostla její teplota. U hlavní hráze v letních měsících je běžně teplota v epilimniu v srpnu 22-23 °C, v roce 2018 teplota v epilimniu překračovala ve stejném měsíci hodnotu 26 °C. Tato výrazná a poměrně rychlá změna podmínek měla velký negativní dopad na velikost populace slávičky (ústní sdělení; Koza V.). Manipulace s hladinou Rozkoše a s tím spojená změna životních podmínek vždy představovala pro populaci sláviček omezení životního prostoru. Při zvýšené disturbanci populace omezené životním prostorem dochází ke snížení její velikosti a v rámci populace vzroste počet mladých jedinců (Strayer a Malcom 2006).

Největší velikostní přírůstky (až 0,09 mm/den) dosahují mladí jedinci během prvního roku života, v zimním období růst stagnuje (Tošenovský et al. 2008). Strayer a Malcom (2006) vyzorovali pozitivní vztah mezi rychlostí růstu lastury sláviček a množstvím fytoplanktonu. Na Rozkoši byl průměrný denní přírůstek populační velikosti jedinců v období červenec–srpen 0,17 mm. V tomto období bylo množství chlorofylu-a na přehradě podstatně vyšší nežli v srpnu, kdy množství chlorofylu kleslo na polovinu a průměrný denní populační přírůst velikosti lastur klesl na 0,1 mm/den. Velikost jedince při dosažení dospělosti se mezi lokalitami podle podmínek pohybuje mezi 5 a 12 mm (Nichols 1996), na většině lokalit dosáhnou slávičky dospělosti během prvního roku života a je pravděpodobné, že se ve stejné sezóně i poprvé rozmnožují (Delmott & Edds 2014). V Německu dosahují reprodukční velikosti 7-9 mm (Borcheding 1991). Této velikosti dosahovali jedinci z první, červnové vlny rozmnožování v srpnu s maximální velikostí 13 mm. Lze předpokládat, že se tyto jedinci byli v srpnu schopni

poprvé rozmnožovat, jelikož Borchering (1991) prokázal, že po 6-7 týdnech růstu při teplotě okolo 20 °C dosahovaly slávičky pohlavní zralosti při velikosti od 6 mm na jezerech v Německu.

Reprodukce probíhá u sláviček, když teplota vody přesáhne 12 °C (Borchering 1991), jelikož vajíčka mohou být oplodněna při teplotě vody vyšší než 10 °C (Sprung 1991), a k jejímu zastavení dochází při teplotě 24 °C (Sprung 1987). Teplota vody se na konci první květnové dekády pohybovala okolo 11 °C v celém vertikálním profilu vodního sloupce na obou stanovištích, reprodukce tedy v tomto období neprobíhala. Jaro 2021 bylo chladnější v porovnání s předchozími sezónami, Rozkoš se k teplotám 12-15 °C přiblížila až v půlce května. (Tabulka 1). Došlo tak k posunu první produkce gamet slávičkami. Z důvodu nižších teplot v květnu nebyly slávičky zaznamenány v červnovém odběru, nýbrž se přisedající stádia objevila na deskách až v odběru červencovém. Planktonní stádium slávičky do první fáze přisedání trvá zhruba měsíc (18-90 dní po fertilizaci, [Ackerman et al. 1994]). Jelikož byl v červencovém vzorku zaznamenán pediveliger a následující přisedající stádia (post – veliger a juvenilní stádia), k první vlně rozmnožování došlo přibližně okolo půlky června, kdy byl veliger zaznamenán v odebraném zooplanktonu (Tabulka 6). Nelze však přesně určit, zda se jednalo o prostorové nebo časové oddělení presedentálních i sedentálních stádií slávičky. Letní teplota vody epilimnia se pohybovala okolo 22-23 °C, hypolimnion si v létě držel teplotu 14 °C a vyšší, pro slávičky teplota vody vhodná k rozmnožování. V červenci byla na Rozkoši patrná teplotní stratifikace, která se prohloubila v srpnu a vedla k patrné reakci sláviček na rostoucí teplotu vody a oslunění. Na spodní straně desek pokrývaly slávičky celou plochu desky. Na svrchní straně desek byl patrný posun jedinců ke středům desek, do stínu, který vrhají vrchní patra vzorkovače na patra nižší (Obrázek 20, 21 a 22 – příloha). Snaha sláviček obsazovat zastíněná stanoviště byla patrná i v září (Obrázek 23 – příloha). Borchering (1991) uvádí na dvou německých jezerech (Fuhlinger See a Heider Bergsee) v hloubce dvou metrů dvě vlny rozmnožování. První v květnu při teplotě vody 12-16 °C a druhou v srpnu při teplotě 16-21 °C. Vlivem chladného jara došlo na Rozkoši k posunu počátku produkce gamet adultní populací sláviček až do poloviny června. Vzhledem k početné skupině jedinců velikosti do 3 mm v srpnovém odběru vzorků a vývoji teploty vody nádrže zřejmě proběhlo druhé rozmnožování v červenci, tedy o měsíc dříve, než uvádí Borchering (1991) na jezerech v Německu. Příčinou tohoto posunu byl rozdíl v letních teplotách vody srovnávaných lokalit, kdy jezera v Německu

nepřekročila teplotu 24 °C. Vzhledem k teplotě nádrže lze předpokládat, že by se populace slávičky mohla rozmnožovat i v září, což potvrzuje výskyt veligeru v odběrech zooplanktonu z předcházejících let (Obrázek 19).

Kyslík byl jedním z hlavních parametrů ovlivňujících životní prostor slávičky v nádrži Rozkoš. V letních měsících se v hloubce pod osm metrů nacházela na stanovišti PB (hypolimnion) anoxie, spojená se zvýšenou koncentrací amoniaku vznikající nitrátovou respirací. Voda, odebraná z této hloubky, měla tmavou barvu a byla jasně cítit sirovodíkem. Životní prostor slávičky byl limitován kyslíkem v červenci na šest metrů hloubky na stanovišti PA i PB, v srpnu na pouhých pět metrů na stanovišti PA a čtyři metry na stanovišti PB (Tabulka 3 a 4). Ačkoliv je slávička schopna při teplotě 18 °C tolerovat poměrně nízké koncentrace kyslíku (20 %, [Sprung 1987]), na stanovišti PA v srpnu bylo v hloubce osmi metrů okolo 20 % kyslíku, ale teplota se pohybovala okolo 22 °C. Tyto podmínky by slávička byla schopna krátkodobě tolerovat, dlouhodobě by však vedly populaci dospělých jedinců k aktivní změně stanoviště nebo k jejich mortalitě.

pH představovalo další z limitních faktorů vody nádrže Rozkoš pro rozmnožování i výskyt populace slávičky. V květnu bylo pH mírně zásadité (7,6-8,6) v celém profilu Rozkoše, vhodné pro výskyt sláviček. Červencové hodnoty pH pod hodnotu 7,4 klesly na stanovišti PB v hloubce sedmi metrů. Jelikož je pro slávičky hodnota pH 7,4 hraniční pro rozmnožování (Sprung 1987), rozmnožující se populace by se nacházela v červenci na stanovišti PA v hloubce celého měřeného profilu, na stanovišti PB do šesti metrů hloubky. V srpnu na stanovišti PA dosahovalo pH v hloubce pod pět metrů hodnot nižších než 7,5. Rozmnožující se adultní populace byla limitována do hloubky pěti metrů na stanovišti PA a čtyř metrů na stanovišti PB. Při poklesu pH k hodnotě 7,1 dochází k pozorovatelnému stresu jedinců (snížená schopnost přichycení byssovými vlákny) a postupnému ochuzení lastur o vápník (Claudi et al. 2012). Při takto nízkém pH nádrže Rozkoš v letních měsících v hloubce od deseti metrů a níže na stanovišti PB je pravděpodobný omezený až nulový výskyt sláviček, a to i s přihlédnutím k dalším omezujícím faktorům (viz výše). Hodnoty pH v září u dna nádrže začaly výrazně stoupat. Kritická minimální hodnota pro rozmnožování 7,4 se pohybovala mezi 8 a 9 metry hloubky, tedy o pět metrů níže nežli v srpnu.

Množství chlorofylu–a bylo v květnu, v období tzv. jarního maxima rozvoje fytoplanktonu, v celém vodním sloupci na stanovišti PA i PB vyrovnané v rozmezí 16-



25 µg/l. Krátké, avšak typické, období tzv. čisté vody („clear water“) s nízkou koncentrací chlorofylu bylo zaznamenáno v červnu. Na tomto jevu se významně podílí planktonní filtrátoři – zooplankton. Tento pokles chlorofylu (Tabulka 2) pozitivně koreluje s první vlnou rozmnožování slávičky a výskytem veligeru v pelagiálu, jelikož slávička je filtrátorem již v planktonním stádiu veligeru. Po nárazovém snížení chlorofylu ve vodě došlo k jeho opětovnému nárůstu a stratifikaci v letních měsících. Stejnou dynamiku sláviček a chlorofylu na stanovišti uvádí Vanderploeg et al. (2001). Fytoplankton (řasy a sinice) měl nerovnoměrné plošné i vertikální rozložení v nádrži. Vertikální distribuce chlorofylu-a v srpnu ukazuje výskyt fytoplanktonu v prvních osmi metrech vodního sloupce od hladiny (tj. v euforické vrstvě) na stanovišti PB. V této části vodní nádrže byl v srpnu výskyt slávičky teoreticky limitován kombinací výše uvedených faktorů na prvních zhruba šesti metrech hloubky. Na stanovišti PA u dělicí hráze bylo v srpnu množství chlorofylu vyšší než u hráze hlavní (PB), i u dna byly naměřeny 4 mikrog/l. Na stanovišti PA jsou příčinou výskytu chlorofylu v celém vodním sloupci menší hloubka, kdy eufotická vrstva zahrnuje epilimnion i metalimnion a proudění a míchání vody způsobené větrem – Langmuirovy proudy a vnitřní seiche ([web.pdx.edu/~sytsmam/limno/Limno09.8.Stratification.pdf](http://web.pdx.edu/~sytsmam/limno/Limno09.8.Stratification.pdf)).

Na vzorkovači, umístěném ve dvou metrech hloubky, byl ve všech odběrech vyšší počet přisedlých jedinců než na vzorkovači umístěném v jednom metru hloubky. Teplota vody byla přibližně stejná v hloubce jeden i dva metry na stanovišti PA i PB celou sezónu. Stejný trend vykazovaly hodnoty pH. V červenci a srpnu bylo na stanovišti PB více rozpuštěného kyslíku než na stanovišti PA. Kyslík na obou stanovištích poklesl mezi hloubkou dva a tři metry. Slávičky přisedlé na vzorkovači v jednom metru hloubky tedy byly v prostředí s vyšší koncentrací kyslíku než slávičky přisedlé na vzorkovači v hloubce dva metry. Množství chlorofylu-a bylo ve dvou metrech vyšší množství než v jednom metru hloubky. Vyšší dostupnost potravy v kombinaci s nižším osluněním, menší pravděpodobností predace a stabilnější prostředí z hlediska působení větru a vodních proudů byly pravděpodobně důvody pro preferenci substrátového vzorkovače ve dvou metrech hloubky jako přisedacího podkladu vyšším počtem sláviček. Omezení disperze veligeru vodními proudy potvrzuje ve své práci i Herbert et al (1991). Nižší počet sláviček na vzorkovači v jednom metru hloubky představoval menší konkurenční boj o prostor, jedinci zde tak mohli dosahovat průměrně větších velikostí. Stejně výsledky byly zjištěny i na jiných lokalitách (Herbert et al 1991).

Počet jedinců na profilu PA byl vyšší než na profilu PB konstantně ve všech odběrech. Hodnoty pH a teploty se mezi stanovišti výrazně nelišily. Množství kyslíku bylo v květnu vyšší na stanovišti PA, v období červenec-září bylo vyšší na stanovišti PB. Chlorofylu-a bylo naopak vyšší množství na stanovišti PA, jen v červenci bylo na stanovišti PB chlorofylu-a v hloubce pod dva metry více než na stanovišti PA. Výraznými rozdíly mezi stanovišti PA a PB je hloubka a typ hráze. Na stanovišti PA vodní sloupec dosahuje hloubky pouhých sedmi metrů, na stanovišti PB je hloubka téměř dvojnásobná, třináct metrů. S hloubkou se pojí množství kyslíku, kdy na stanovišti PA bylo minimum u dna 11 %, zatímco na stanovišti PB panuje v letních měsících od sedmi metrů anoxický stav. Typ hráze je na obou stanovištích odlišný. Zatímco na stanovišti PA je po celé dělicí hrázi kamenný zához, stanoviště PB se nacházelo poblíž hlavní hráze, která je vydlážděna betonovými šestiúhelníky. Rozdíly v morfologii nádrže na stanovišti PA a PB spolu vyšším zaznamenaným počtem jedinců na stanovišti PA naznačovaly, že zdrojová dospělá populace slávičky byla na obou stanovištích odlišná. Na množství produkovaného veligeru má vliv hlavně velikost a stav dospělé populace (Strayer & Malcom 2006) a v rámci jedné lokality se hustota sláviček se mění nejen s hloubkou, ale i mezi různými stanovišti nacházejícími se ve stejné hloubce (Stanczykowska et al. 1983). Herbert et al (1991) ve své práci zmiňuje množnost reakce veligeru na chemické podněty adultní populace, kdy je veliger na stanoviště přitahován při nízké hustotě adultní populace, a naopak odpuzován, pokud je denzita adultních jedinců na stanovišti vysoká.

Při sběru dat v terénu došlo ke ztrátě substrátového vzorkovače v hloubce dva metry na stanovišti PA u dělicí hráze mezi odběry 17.8.2021 a 14.9.2021. Došlo tedy ke ztrátě posledního setu dat. Vzorkovač byl zavěšen na ocelovém oku horního vzorkovače pomocí dvojitého lana. Při prohlédnutí vzorkovače v hloubce jednoho metru bylo zřejmé, že u spodního ve dvou metrech došlo k přetržení lan a následnému potopení vzorkovače na dno. U vzorkovače v jednom metru byla lana totiž částečně přerézaná také. Proběhl pokus vzorkovač za pomoci magnetu vylovit, vzhledem k podmínkám (větrné a chladné počasí, pohyby bóje vlivem změn úrovně hladiny), které panovaly však neúspěšný. Při kontrole vzorkovačů na stanovišti PB byla všechna lana netknutá. Vzhledem k typu poškození lan lze vyloučit vandalismus. Mnohem pravděpodobnější se jeví buď únava materiálu, vzhledem k váze vzorkovačů a sláviček na nich přisedlých, nebo mechanické poškození. Poškození lan na stanovišti PA také nepřímo poukazuje na odlišné větrné

podmínky a proudy vody oproti stanovišti PB u hlavní hráze. Tento rozdíl v intenzitě a frekvenci proudění a jeho mechanických účinků mohl být dalším ekologickým faktorem. Je tedy na zváženu, zda na lokalitě s podobnými podmínkami použít silnější lano či dokonce lano jiného materiálu než polypropylenové.

## 6. Závěr

Stanoviště vhodná ke kolonizaci slávičkou jsou na nádrži Rozkoš limitována kolísáním hladiny a vybranými stanovištními charakteristikami, hodnotami pH, chlorofylu-a, výškou hladiny a anoxií u dna nádrže v letních měsících, na zhruba 2-6 metrů výšky vodního sloupce. Populace slávičky se jeví jako stabilní i přes řadu nepříznivých epizodních situací během posledních pěti let. Produkce veligeru byla v sezóně 2021 poměrně vysoká. V posledních letech byl na nádrži Rozkoš zaznamenán pokles celkového dusíku a fosforu, avšak zatím bez poklesu maximální sezónní koncentrace chlorofylu-a. Pokles koncentrací nutrientů může vést ke kompetici o živiny, jejíž důsledkem může být snížení množství řas a sinic a změna druhového složení jejich populací. Méně živin ve vodě znamená nižší stupeň eutrofizace nádrže, spolu s poklesem chlorofylu by populace slávičky mohla být sezónně či lokálně limitována množstvím dostupné potravy. Podloží dna nádrže Rozkoš je na vápník bohatý slínovec, nádrž je tak dobře zásobovaná vápníkem, který se v hloubce čtyř metrů pohybuje přibližně v rozmezí 20-40 mg Ca/l a není proto pro slávičku limitním prvkem. Jelikož je nádrž Rozkoš poměrně mělkou nádrží, v letních měsících se výrazně ohřívá celý vodní sloupec. Teplota vody tak po celý rok není limitní pro výskyt slávičky, ovlivňuje však načasování a délku rozmnožovací sezóny.

Pro podrobnější zhodnocení populace slávičky na nádrži Rozkoš by bylo vhodné studii zopakovat a zahrnout více sezón. Taková studie se neobejde bez průzkumu stavu mateřské populace. Zajímavým porovnáním rozdílů v kolonizaci vzorkovačů i reakce na odlišné hodnoty parametrů nádrže by bylo umístit vzorkovač do hloubky dva metry a současně druhý vzorkovač do hloubky v rozmezí 6-9 metrů. Spolu s rozšířením instalace vzorkovačů a se získanými zkušenostmi s intenzitou mechanických a chemických účinků na vzorkovače na velké a hluboké nádrži jako je přehrada Rozkoš bych doporučila především změnu kotvícího lana.

## Literatura

- ACKERMAN D., SIM B., NICHOLSS J. & CLAUDI R. 1994: A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. *Canadian Journal of Zoology*, 72: 1169–1179.
- ACKERMAN J.D., LOEWEN M.R. & HAMBLIN P.F. 2001: Benthic-pelagic coupling over a zebra mussel reef in western Lake Erie. *Limnology and Oceanography*, 46: 892-904.
- ARNOTT D. & VANNI M. 2011: Nitrogen and Phosphorus Cycling by the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Western Basin of Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 646-659. 10.1139/cjfas-53-3-646.
- BENDO VÁ H. 2020: Informační tabule na přehradě Rozkoš s QR kódem; Povodí Labe. Zdroj:  
[http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/dokumenty/informacni-tabule-na-prehrade-rozkos-s-qr-kodem\\_11912.html](http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/dokumenty/informacni-tabule-na-prehrade-rozkos-s-qr-kodem_11912.html)
- BENSON A. J., RAIKOW D., LARSON J., FUSARO A., BOGDANOFF A. K. & ELGIN A. 2021: *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771): U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, and NOAA Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System, Ann Arbor, MI, <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=5&Potential=N&Type=0>, Revision Date: 3/8/2021, Access Date: 3/23/2021
- BERAN L. 2009: Doplněk k poznání vodních měkkýšů Labe mezi Hřenskem a Střekovem a srovnání s malakofaunou Labe v jiných úsecích. *Malacologica Bohemoslovaca*, 8: 46-52.
- BERAN L. 2018: Slávička mnohotvárná – náš nejstarší přistěhovalec mezi mlži. *Živa*, 5: 255-256.
- BIRNBAUM C. 2011: NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Dreissena polymorpha*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org), Date of access 19/3/2021. Zdroj: [https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/d/dreissena-polymorpha/dreissena\\_polymorpha.pdf](https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/d/dreissena-polymorpha/dreissena_polymorpha.pdf)

- BLAŽKA F. 1893: Do Čech zavlečená slávka: *Dreissena polymorpha* (Pall.) Vesmír, Praha 22, 15: 177–178.
- BORCHERDING J. 1991: The annual reproductive cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) in lakes. *Oecologia*, 87: 208–218. <https://doi.org/10.1007/BF00325258>
- BOWMAN M. & BAILEY R. 2011: Upper pH tolerance limit of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Canadian Journal of Zoology*, 76: 2119–2123. 10.1139/z98-155.
- BURLAKOVA L., KARATAYEV A. & PADILLA D. 2000: The impact of *Dreissena polymorpha* (PALLAS) invasion on unionid bivalves. *International Review of Hydrobiology*, 85: 529–541. 10.1002/1522-2632(200011)85:5/6<529:AID-IROH529>3.0.CO;2-O.
- BURLAKOVA L.E., KARATAYEV A.Y. & PADILLA D.K. 2006: Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time. *Hydrobiologia*, 571: 133–146.
- CHASE M.E. & BAILEY R.C. 1999: The Ecology of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Lower Great Lakes of North America: I. Population Dynamics and Growth, *Journal of Great Lakes Research*, 25(1): 107–121. ISSN 0380-1330.
- CLAUDI R., GRAVES A., TARABORELLI A., PRESCOTT R. & MASTITSKY S. 2012: Impact of pH on survival and settlement of dreissenid mussels. *Aquatic Invasions*. 7: 21–28. 10.3391/ai.2012.7.1.003.
- DELMOTT S. E. & EDDS D. R. 2014: Zebra mussel maturation and seasonal gametogenesis in Marion Reservoir, Kansas, USA. *BioInvasions Records*, 3(4): 247–260.
- DUCHÁČ V. 1985: Slávička mnohotvárná a její výskyt v údolní nádrži Rozkoš. Náchodsko od minulosti k dnešku (sborník muzeí náchodského okresu), 1: 193–195.

- Dreissenid (Zebra and Quagga) Mussel Monitoring Protocol 2010. In: *Watercraft Inspector Handbook*. Wisconsin: Department of Natural Resources. Dostupné z: [https://dnr.wi.gov/lakes/forms/protocols/ZebraMussel\\_MonitoringProtocol.pdf](https://dnr.wi.gov/lakes/forms/protocols/ZebraMussel_MonitoringProtocol.pdf)  
Date of access: 7.4.2022.
- FAHNENSTIEL G.L., LANG G.A., NALEPA T.F. & JOHNGEN T.H. 1995: Effects of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Colonization on Water Quality Parameters in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 21: 435–448. doi:10.1016/s0380-1330(95)71057-7.
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2021) Species profile: *Dreissena polymorpha*. Downloaded from:  
<http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=50> on 23-03-2021.
- HARTIGAN J. A. & HARTIGAN P.M. 1985: The dip test of unimodality. *The Annals of Statistics*, 13(1):70-84.
- HEBERT P. D. N., WILSON C. C., MURDOCH M. H. & LAZAR R. 1991: Demography and ecological impacts of the invading mollusc *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 405-409.
- HINCKS S.S. & G L MACKIE G.L. 1997: Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(9): 2049-2057. <https://doi.org/10.1139/f97-114>.
- HORSÁK M., JUŘIČKOVÁ L. & PICKA J. 2013: Měkkýši České a Slovenské republiky. (Molluscs of the Czech and Slovak Republics.), ISBN: 978-80-86447-15-5.
- KANG Y. J. & NOH Y. 2019: Development of Hartigan's Dip Statistic with Bimodality Coefficient to Assess Multimodality of Distributions. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-17. 10.1155/2019/4819475.
- KARATAYEV A., BURLAKOVA L. & PADILLA D. 1997: The Effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) Invasion on aquatic communities in Eastern Europe. *Journal of Shellfish Research*, 16: 187-203.

- KRAHULEC F., RAUCH O. & ŽDÁREK P. 1980: Slávička mnohotvárná znovu nalezena v Čechách. *Živa*, 28: 182.
- LEACH J. H. 1992: Impacts of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) on Water Quality and Fish. *Zebra mussels Biology, Impacts, and Control*, 381.
- MACKIE G. L. & SCHLOESSER W. D. 1996: Comparative Biology of Zebra Mussels in Europe and North America: An Overview. *American Zoology*, 36: 244-258.
- MCMAHON F. R. 1996: The Physiological Ecology of the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America and Europe. *American Zoology*, 36: 339-363.
- MELLINA E., RASMUSSEN J. & MILLS E. 2011: Impact of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) on Phosphorus Cycling and Chlorophyll in Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 2553-2573. 10.1139/f95-246.
- MILLER E.B. & WATZIN M.C. 2007: The effects of zebra mussels on the lower planktonic foodweb in lake champlain. *Journal of Great Lakes Research*, 33(2): 407-420.
- MOLLOY D. P., KARATAYEV A. Y. U., BURLAKOVA L. E., KURANDINA D. P. & LARUELLE F. 1997: Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites and ecological competitors. *Reviews in Fisheries Science*, 5:27-97.
- MORTON B. 1993: The anatomy of *Dreissena polymorpha* and the evolution and success of the heteromyarian form in the Dreissenoidea. *Zebra mussels: Biology, impacts, and control*; 185-215.
- NALEPA T. & SCHLOESSER. D. 1993: *Zebra Mussels: Biology, Impact, and Control*. Boca Raton, Florida, USA: Lewis Publishers.
- NICHOLS S. G. 1996: Variations in the reproductive cycle of *Dreissena polymorpha* in Europe, Russia and North America. *American Zoology*, 36: 311-325.
- NOONBURG E.G., SHUTER B.J. & ABRAMS P.A. 2003: Indirect effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on the planktonic food web. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 1353–1368.



- NOORDHUIS R., REEDERS H. & BIJ DE VAATE A. 1992: Filtration rate and pseudofaeces production in zebra mussels and their application in water quality management. In Neumann, D., and H.A. Jenner (Eds.). *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*. Vol. 4, Limnologie Aktuell, Gustav Fischer Verlag, New York, pp. 101-114.
- PEYER S., MCCARTHY A. & LEE C. 2009: Zebra mussels anchor byssal threads faster and tighter than quagga mussels in flow. *The Journal of experimental biology*, 212: 2027-36. 10.1242/jeb.028688.
- QUALLS T. M., DOLAN D.M., REED T., ZORN M.E. & KENNEDY J. 2007: Analysis of the impacts of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, on nutrients, water clarity, and the chlorophyll-phosphorus relationship in lower Green Bay. *Journal of Great Lakes Research*, 33(3): 617-626.
- RICHMAN L. & SOMERS K. 2005: Can we use zebra and quagga mussels for biomonitoring contaminants in the Niagara river? *Water, air, and soil pollution*, 167: 155-178.
- SCHEFFER M., HOSPER S.H., MEIJER M.L., MOSS B. & JEPPESEN E. 1993: Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*, 8:275-279.
- SOKAL R.R. & ROHLF F.J. 1995: *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd Edition, W.H. Freeman and Co., New York.
- SPRUNG M. 1987: Ecological requirements of developing *Dreissena polymorpha* eggs. *Archives of Hydrobiologii*, 79(1):69-86.
- SPRUNG M. 1991: Costs of reproduction: a study on metabolic requirements of the gonads and fecundity of the bivalve *Dreissena polymorpha*. *Malacologia*, 33(1-2), 63-70.
- STANCZYKOWSKA A. 1963: On the relationship between abundance aggregations and condition of *dreissena polymorpha* pall. in 36 masurian lakes. *ekol. pol.* 12:653-690.

- STRAYER D. L. & MALCOM H. M. 2006: Long-term demography of a zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) population. *Freshwater Biology*, 51(1): 117-130.
- TOŠENOVSKÝ E., UVÍROVÁ I., UVÍRA V. & VLÁČILOVÁ A. 2008: Rychlost růstu invazivního mlže slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) v různých typech nádrží. – In: Bryja, J., Nedvěd, O., Sedláček, F. & Zukal, J, (eds.): *Zoologické dny České Budějovice 2008*. 14.-15. února 2008, České Budějovice, Česká republika. Sborník abstraktů z konference: 202-203.
- VANDERPLOEG H.A., LIEBIG J.R., CARMICHAEL W.W., AGY M.A. JOHENGEN T.H., FAHNENSTIEL G.L. & NALEPA T.F. 2001: Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic microcystisblooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:1208–1221.
- VANDERPLOEG H.A., NALEPA T.F., JUDE D.J., MILLS E.L., HOLECK K.T., LIEBIG J.R., GRIGOROVICH I.A., & OJAVEER H. 2002: Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59:1209–1228.
- VELECKÁ I., UVÍRA V. & BARTOŠ M. 2003: Rozvoj populace slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*, Pallas) v pískovně Poděbrady u Olomouce; zoologické dny Brno 2003. Sborník abstraktů z konference 13.-14. února 2003.
- UVÍRA V. & KOL. 2009: Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) v zatopených pískovnách a lomech na Moravě. *Limnologické noviny*, 2: 1-16. ISSN 1212-2920.

## Příloha



Obrázek 20. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 16.6.2021. Vzorky obsahovaly biofilm, snůšky pakomárů (*Chironomidae*) a vláknité řasy, (Mařátková 2021).



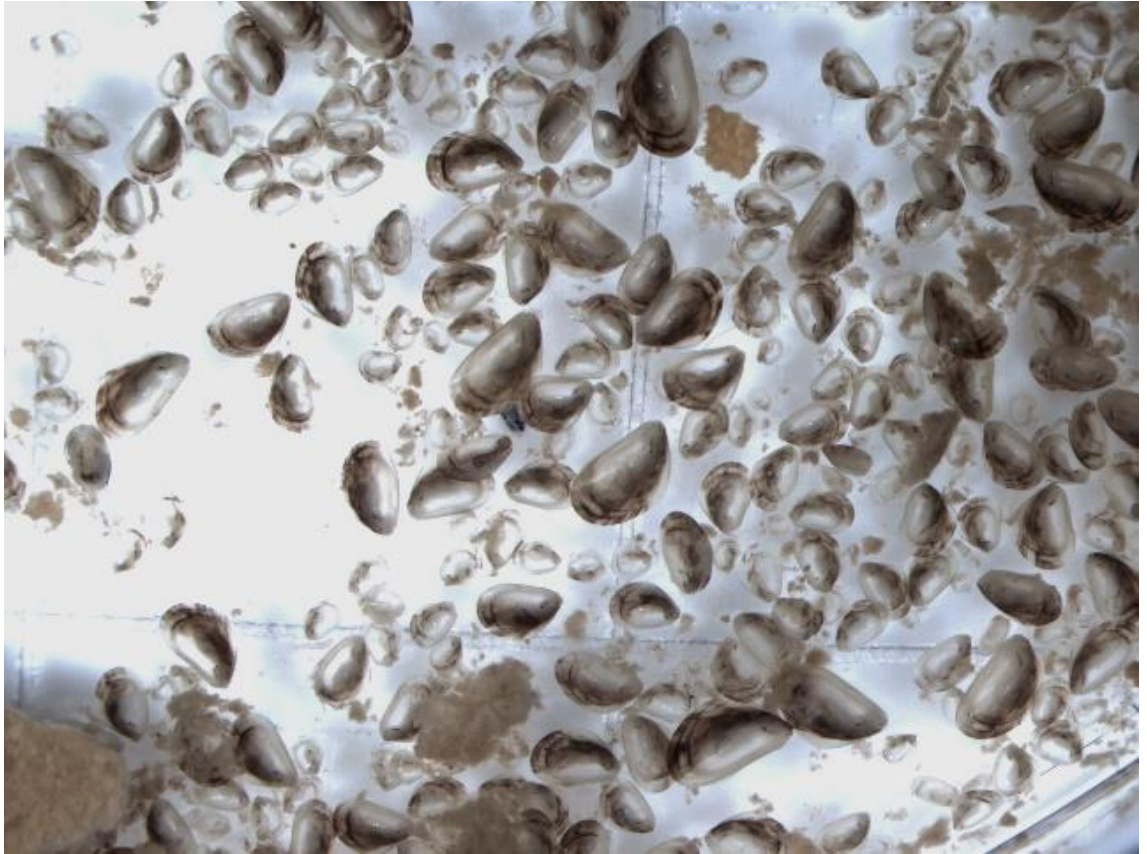
Obrázek 21. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 12.7.2021. Kromě biofilmu a sláviček vzorky obsahovaly larvy pakomárů, chrostíků (Trichoptera), zástupci čeledi Oligocheta a několik jedinců kapřivce (Branchiura), (Mařátková 2021)



Obrázek 22. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 17.8.2021. Na obrázku je patrný posun sluviček do zastíněných částí ploch, (Mařátková 2021).



Obrázek 23. Substrátové vzorkovače při odběru vzorků 14.9.2021. Slávičky stále vykazují tendenci obsazovat méně osluněné části desek, (Mařátková 2021).



Obrázek 24. Nasnímaná část vzorku sláviček odebraného 12.7.2021, (Mařátková 2022).