

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

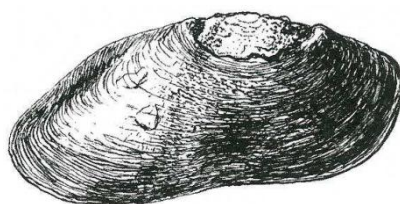
Přírodovědecká fakulta

Katedra Ekologie a životního prostředí



**Hodnocení habitatů a bioindikačních vlastností
perlorodky říční ve Vltavském luhu s využitím
juvenilních jedinců**

Bc. Michaela Galová



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.

Konzultant: Ing. Karel Douša, Ph.D.

Olomouc 2017

© Michaela Galová, 2017

Kresba na titulní straně: *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) © Michal Bílý

Galová M. (2017): Hodnocení habitatů a bioindikačních vlastností perlorodky říční ve Vltavském luhu s využitím juvenilních jedinců. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 40 s., v češtině.

Abstrakt

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) patří mezi významný bioindikační druh, jehož vývojový cyklus je podmíněn vazbou na rybiho hostitele a výrazně ovlivňován charakterem a parametry biotopu. Prvním náznakem poškození daného biotopu bývá úbytek nebo absence mladých jedinců. Ti žijí po dobu až 10 let zahrabáni v intersticiálním prostředí toku, kde jsou závislí pouze na podmínkách prostředí. Práce je proto zaměřená na tato raná post-parazitární stádia. Testována byla vhodnost prostředí pro juvenilní jedince (1+) na vybrané lokalitě v Teplé Vltavě v I. zóně NP Šumava. Celkem bylo testováno 204 jedinců exponovaných *in-situ* a hodnocených samostatně. Sledován byl vliv fyzikálně-chemických parametrů intersticiální a volné vody na přírůstky a úmrtnost jedinců. Laboratorní a terénní práce probíhaly v srpnu a září roku 2014. Po dobu asi měsíční expozice byli na lokalitě jedinci umístění v tzv. Buddensiekových destičkách. Destičky se nacházely ve 3 různých typech sedimentu (písek, štěrk, kameny). Charakter sedimentů byl stanoven pomocí granulometrického rozboru. Podle výsledků má průkazný vliv na přírůstky jedinců typ habitatu ($P = 0,023$; $DF = 4$) a s tímto úzce spojená velikostní frakce sedimentů ($P = 0,031$; $DF = 2$). Přírůstky a úmrtnost jedinců ovlivňují také hodnoty konduktivity ($P = 0,006$; $DF = 2$) a koncentrace dusíku (NH_4^+) ($P < 0,001$) v intersticiální vodě. Lokalitu lze označit jako potenciálně vhodnou pro vývoj a přežití juvenilních jedinců.

Klíčová slova: Česká republika, NP Šumava, Margaritiferidae, sladkovodní mlži, intersticiální zóna

Galová M. (2017): Habitat assessment and bioindicative values of freshwater pearl mussel in Vltavský luh by using of juvenile mussels. Master's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 40 pp., in Czech.

Abstract

Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) is one of the most important bioindication species whose developmental cycle is conditioned by the link to the fish host and is significantly influenced by the character and parameters of the biotope. The first sign of damage to a given habitat is the a decline or absence of young individuals. They live for up to 10 years buried in an interstitial zone, where they are only dependent on environmental conditions. The work is therefore focused on these early post-parasitic stages. The suitability of the environment for juvenile individuals (1+) was tested in et a selected locality in the Teplá Vltava river in the first zone of the National Park Šumava (Czech Republic). In total, 204 subjects were tested *in-situ* and evaluated separately. The influence of physico-chemical parameters of interstitial and free-flowing water on the growth and mortality of individuals was monitored. Laboratory and fieldwork took place in August and September 2014. For about a month's exposure, individuals were placed in the so-called Buddens' Plaques. Plates were found in 3 different types of sediment (sand, gravel, stones). The nature of the sediments was determined by granulometric analysis. According to the results, the growth was significantly affected by the habitat type ($P = 0,023$; $DF = 4$) and the closely related size fraction of the sediment ($P = 0,031$; $DF = 2$). Growth and mortality of individuals was also affected by conductivity values ($P = 0,006$; $DF = 2$) and nitrogen concentration (NH_4^+) ($P < 0,001$) in interstitial water. The site can be described as potentially suitable for the development and survival of juvenile individuals.

Key words: Czech Republic, NP Šumava, Margaritiferidae, freshwater mussels, interstitial zone

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

V Olomouci dne:

.....

Podpis

OBSAH

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	viii
Seznam příloh	ix
Poděkování.....	x
1. ÚVOD	1
1.1. Bioindikační vlastnosti perlorodky říční	1
1.2. Obecná charakteristika druhu.....	2
1.2.1. Systematické zařazení	2
1.2.2. Vzhled, rozšíření a ochrana na území ČR.....	2
1.2.3. Životní cyklus a jeho současná narušení.....	4
2. CÍLE PRÁCE	6
3. LOKALITA	7
3.1. Obecná charakteristika	7
3.2. Experimentální plošky	8
4. METODY	9
4.1. Principy a metody experimentu	9
4.2. Fyzikálně-chemické parametry intersticiální vody	10
4.3. Odběry sedimentu pro suchou granulometrii.....	11
4.4. Vyhodnocení přírůstků juvenilních jedinců	11
4.5. Analýza dat.....	12
5. VÝSLEDKY	13
5.1. Obecné výsledky GLM analýzy.....	13
5.2. Míra přežívání a přírůstek jedinců v závislosti na charakteru mikrohabitatu	14
5.3. Míra přežívání a přírůstek jedinců v závislosti na chemismu vody	16
6. DISKUSE	19

6.1. Vliv charakteru říčního sedimentu na přírůstky a úmrtnost jedinců	19
6.2. Vliv fyzikálně-chemických parametrů vody na přírůstky a úmrtnost jedinců	21
7. SHRNU TÍ	23
8. LITERATURA	24
9. PŘÍLOHY	31

Seznam obrázků

Obrázek 1: Výskyt perlorodky říční na území ČR.....	3
Obrázek 2: Poloha lokality na území Vltavského luhu.....	7
Obrázek 3: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na typu substrátu.	15
Obrázek 4: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na velikosti frakce sedimentu.	15
Obrázek 5: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na konduktivitě vody	17
Obrázek 6: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na koncentraci dusíku (N_{amon}) ve vodě.....	18

Seznam tabulek

Tabulka 1: Informace o odběrech intersticiální a volné vody pro měření fyzikálně-chemických parametrů	11
Tabulka 2: Shrnutí granulometrického rozboru dnových sedimentů.....	14
Tabulka 3: Sumární tabulka růstu juvenilních jedinců za sledované období.....	14
Tabulka 4: Počet uhynulých jedinců v závislosti na koncentraci O_2 a konduktivitě vody	16

Seznam příloh

Příloha 1: Dospělý jedinec perlorodky říční (<i>Margaritifera margaritifera</i>).....	31
Příloha 2: Živý juvenilní jedinec perlorodky říční (1+).....	31
Příloha 3: Část studované lokality pro <i>in situ</i> expozice	32
Příloha 4: Digitální multimetr WTW Multi 3420	32
Příloha 5: Ukotvení Buddensiekovi destičky pro expozici jedinců ve volné vodě.....	33
Příloha 6: Buddensiekova destička připravená pro umístění na lokalitu	33
Příloha 7: Umístění a zajištění trvalé sondy pro odběr intersticiální vody	34
Příloha 8: Monitoring exponovaných destiček na lokalitě.....	34
Příloha 9: Dokumentace měření přírůstků juvenilních jedinců	35
Příloha 10: Uložení Buddensiekovi destičky pro expozici jedinců v říčním sedimentu.	35
Příloha 11: Koncentrace O ₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu písek.....	36
Příloha 12: Průběh hodnot konduktivity (μS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu písek.	36
Příloha 13: Koncentrace O ₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk dno.	37
Příloha 14: Průběh hodnot konduktivity (μS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk dno.....	37
Příloha 15: Koncentrace O ₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk hyporeál. ..	38
Příloha 16: Průběh hodnot konduktivity (μS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk hyporeál.....	38
Příloha 17: Koncentrace O ₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu kameny.	39
Příloha 18: Průběh hodnot konduktivity (μS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu kameny.....	39
Příloha 19: Koncentrace O ₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky ve volné vodě.....	40
Příloha 20: Průběh hodnot konduktivity (μS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu volné vody.....	40

PODĚKOVÁNÍ

Především bych ráda poděkovala Doc. RNDr. Martinu Rulíkovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za případnou korekci a trpělivost při jejím zpracování a za pomoc při zpracování odebraných vzorků. Dále děkuji Ing. Karlu Doudovi, Ph.D. za pomoc v terénu a odbornou konzultaci při řešení samotné práce. RNDr. Tomáši Kurasovi, Ph.D. a Mgr. Janu Šipošovi, Ph.D. děkuji za konzultace a pomoc při statistickém zpracování dat. Velké poděkování patří také celému týmu z terénní hydrobiologické stanice v Dobré na Šumavě, který se podílel na sběru a vyhodnocování získaných dat. V neposlední řadě patří velký dík celé mé rodině, přítelovi a všem přátelům za finanční a psychickou podporu při dosavadním studiu.

Také děkuji VÚV TGM v Praze za provedení chemických analýz odebraných vzorků vody.

1. ÚVOD

Přestože se stav a kvalita vody nejen v našich tocích prokazatelně zlepšuje (např. Miko & Hošek 2009), stále je potřeba dbát na to, aby nedocházelo k nežádoucímu znečištění těchto vodních zdrojů. V dnešní době známe mnoho druhů, které nám dokážou téměř spolehlivě říci, v jakém je lokalita stavu. Aniž bychom potřebovali drahé přístroje, můžeme dle přítomnosti, nepřítomnosti, nebo podle změny chování nějakého druhu říci, co se v daném toku odehrává. Vhodné jsou k tomuto účelu především dlouhověkové druhy, jako je např. perlorodka říční (Mutvei & Westermarck 2001), které jsou schopné v průběhu svého života dlouhodobě odrážet změny, ke kterým dochází v okolním prostředí. A to jak změny pozitivní (vysoká abundance, pozitivní přírůstky jedinců atd.), tak negativní, které mohou vést až k úplné absenci druhu na dané lokalitě. Právě tyto tzv. zoobentické druhy, jako jsou např. mlži, řadíme k organismům vysoce citlivým ke znečištění (Bubinas & Jagminienė 2001; Hus et al. 2006). Nejen z tohoto důvodu jsou sladkovodní mlži důležitou součástí vodních ekosystémů (Vaughn & Hakenkamp 2001).

1.1. Bioindikační vlastnosti perlorodky říční

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) (viz Příloha 1) je významnou součástí živinami chudých oligotrofních toků (Absolon & Hruška 1999). Vzhledem ke své dlouhověkovosti jsou jedinci mnohem více tolerantní k dlouhodobému zhoršování kvality životního prostředí (Dolmen et al. 1995; Heming et al. 1988). Prvním náznakem poškození daného biotopu často bývá úbytek nebo absence mladých jedinců. Proto jsme se i my zaměřili na tato raná vývojová stádia.

Hlavní příčinou poklesu početnosti populací, která je autory nejčastěji uváděna, je nevhodný substrát (např. Geist & Auerswald 2007). Ten je důležitý právě pro zachycení juvenilních jedinců vypadlých z hostitelské ryby a další vývoj subadultů. Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje mladé perlorodky, je organogenní detrit jako potrava. Juvenilní jedinci jsou na rozdíl od adultů nároční na jeho kvalitu (Geist et al. 2005). Tento organogenní detrit musí obsahovat především dostatek vápníku, který je v této vázané podobě využitelný jedinci na stavbu schránky (Hruška 1995). Vápník v iontové podobě, který se dostává do vody výluhem z okolního prostředí, je naopak

nežádoucí. Perlorodka téměř výlučně obývá toky vyšších poloh, které jsou na tento vápník chudé a mají nízkou úroveň mineralizace (Beran 1998; Gittings et al. 1998). Přítomnost volného vápníku na lokalitě souvisí s nárůstem hodnot konduktivity, což indikuje narušení životního prostředí pro perlorodka (Absolon & Hruška 1999).

Výskyt juvenilních jedinců na lokalitě značí také přítomnost kvalitní rybí obsádky. Larvální stádium tzv. glochidia, která parazitují na žaberním aparátu ryb, vyžadují především mladé ryby (0+), nebo ryby z nižších částí toku. U těchto jedinců je pravděpodobné, že se s hostitelem ještě nesetkali a není zde vytvořena imunita hostitelské ryby vůči glochidiu (Karna & Millemann 1978; Meyers et al. 1980). Pro Českou republiku a stejně tak i pro zbytek střední Evropy se zdá být jedinou vhodnou hostitelskou rybou pstruh obecný potoční (*Salmo trutta m. fario*) (Bauer 1987; Geist et al. 2006; Österling & Larsen 2013).

Souhra všech okolností, nejen skutečnost složitého vývojového cyklu druhu, poukazuje na významnost, co se indikačních vlastností týče. Tento druh obývá velmi charakteristický biotop, který je celoevropsky významný. Geist (2010) uvádí, že p. říční současně s funkcí indikátorovou splňuje i definice druhu deštníkového a vlajkového. V zájmu nás všech je věnovat pozornost právě těmto ke svému prostředí citlivým druhům a vnímat jejich klíčovou roli v daných ekosystémech.

1.2. Obecná charakteristika druhu

1.2.1. Systematické zařazení

Kmen: Mollusca – měkkýši

Třída: Bivalvia – mlži

Podtřída: Eulamellibranchiata – listožábří

Řád: Unionoida

Čeleď: Margaritiferidae – perlorodkovití

Rod: *Margaritifera* – perlorodka

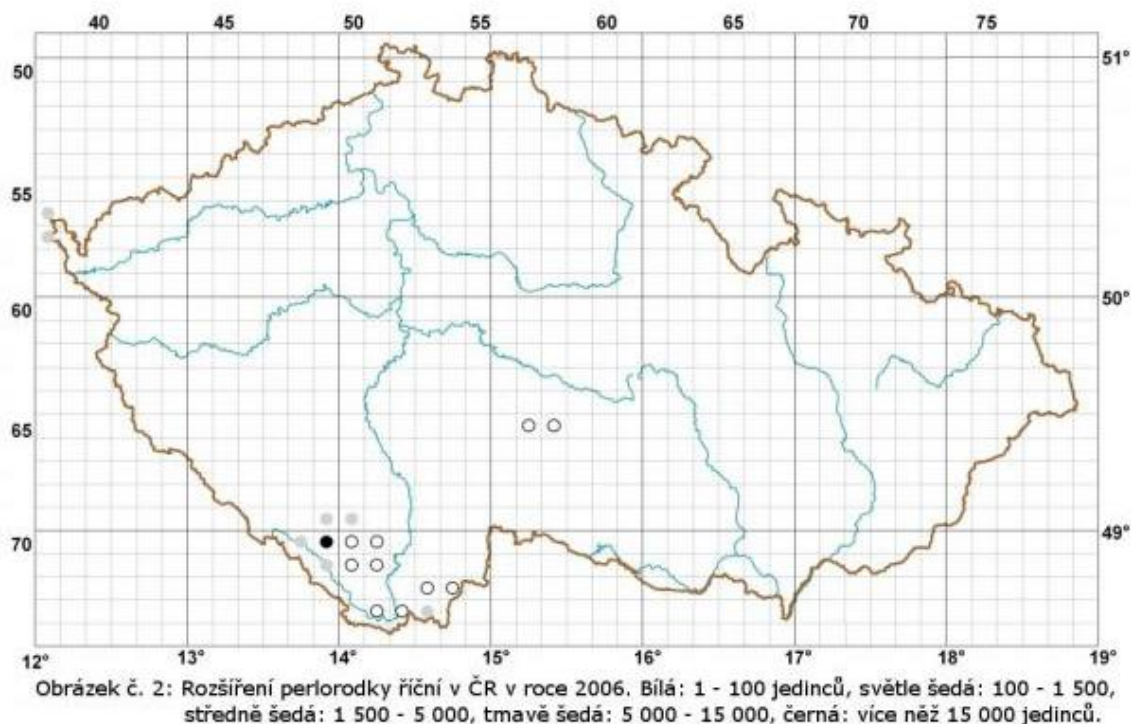
1.2.2. Vzhled, rozšíření a ochrana na území ČR

Perlorodka říční je sladkovodní druh velkého mlže. Lastura má fazolovitý tvar, jejíž délka u dospělého jedince dosahuje až 140 mm, výška 60 mm a tloušťka 40 mm (Beran 1998). Bauer (1992) však uvádí, že se dlouhověkost a velikost perlorodek mění se zeměpisnou šířkou. Barva schránky je tmavě hnědá až černá. Jednotlivé lastury jsou

silnostěnné a pevné, na vrcholu je spojuje konchiolinový vaz. Lastura se vyznačuje dovnitř zakřiveným spodním okrajem a zámekem bez podélných lišt. Oba její vrcholy jsou pak posunuty k přední části lastury (Beran 1998).

Jelikož je nejen ve střední Evropě zaznamenáván pokles početnosti tohoto druhu více než o 90 % (Araujo & Ramos 2001) a současně dochází k poklesu početnosti i těchto zbylých přestárých populací (Bauer 1998; Geist 2010), je perlorodka chráněna hned na několika úrovních. Podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, dle vyhlášky č. 395/1992 Sb. se druh řadí ke kriticky ohroženým. Do stejné kategorie řadí perlorodka i Červený seznam bezobratlých ČR (Beran et al. 2005). V celosvětovém červeném seznamu (IUCN 2010) je druh uváděn jako ohrožený. Velice specifický biotop, který perlorodka obývá, podmínil její zařazení v rámci Bernské úmluvy na ochranu volně žijících živočichů, planě rostoucích rostlin a přírodních stanovišť v Příloze II. Takzvaná aktivní ochrana druhu je pak zprostředkovávána Záchraným programem pro perlorodka říční (Švanyga et al. 2013). Jedná se již o 3 etapu tohoto aktualizovaného záchraného programu. Přijatý byl také Evropský záchraný program (Araujo & Ramos 2001), který navazuje na Bernskou úmluvu.

Perlorodka se na našem území dříve vyskytovala v povodí Labe a okrajově i v povodí Odry a Dunaje. V současné době je její rozšíření omezeno jen na několik dílčích lokalit (viz Obr. 1). Hlavní výskyt je vázán na povodí horního toku Vltavy (Teplá Vltava), Blanice, Zlatého potoka a jejich přítoky. Jedince lze nalézt také v řece



Obrázek 1: Výskyt perlorodky říční na území ČR. Zdroj AOPK ČR 2007.

Malši na česko-rakouských hranicích. Odhaduje se, že početnost druhu u nás poklesla na méně než 1 % původní abundance (Simon et al. 2015; Vaníčková et al. 2014).

1.2.3. Životní cyklus a jeho současná narušení

Životní cyklus perlorodky je velice složitý a prochází několika fázemi, kdy každá tato fáze vyžaduje specifické podmínky prostředí. Perlorodky jsou odděleného pohlaví, ale je známo, že samičky mohou být i hermafroditní například při malé hustotě populace (Bauer 1987; Bauer & Wächtler 2001). Vývoj probíhá přes parazitární larvální stádium. Oplodněná vajíčka se vyvíjejí v mezižaberních prostorách samičky 4–6 týdnů v invazní larvy (glochidia). Ta jsou poté vyvrhovány do vodního proudu. V Evropských zemích je hostitelem p. říční (glochidií) losos obecný (*Salmo salar*) a pstruh obecný, forma potoční (*Salmo trutta m. fario*) (Thomas et al. 2010). Další vývoj v juvenilní jedince probíhá na hostitelských rybách a trvá až 10 měsíců (Bauer 1994). Po dokončení metamorfózy dochází k odpadnutí jedinců z hostitelské ryby na dno toku. Malé perlorodky se pomocí svalnaté nohy zahrabávají do substrátu a v tomto intersticiálním prostředí přežívají až 10 let. Zde se dostává perlorodka do tzv. kritické fáze vývoje (Švanyga et al. 2013). Je závislá především na podmínkách, které na daném místě panují. Až v pozdějším věku se jedinci usazují na povrchu dna, kde zaujímají stálou pozici v kolonii. V našich podmínkách dosahuje perlorodka pohlavní dospělosti mezi 15–20 rokem života.

V 11 z 15 zemí v Evropě je za jednu z hlavních příčin poklesu početnosti perlorodky považována eutrofizace vodních toků (Bauer & Wächtler 2001; Denic & Geist 2015; Geist & Auerswald 2007). Zhoršená funkčnost intersticiálního prostředí pro vývoj juvenilních jedinců a změna skladby potravy v eutrofizovaných tocích narušuje celé populace (Hruška & Bauer 1995). Problém představuje také znečištění toků různými odpadními látkami ze zemědělství (kejda, mrva, močůvka, siláž) (McCarthy 1988). Ty ohrožují nejen samotnou perlorodku, ale i ostatní živočichy. Často dochází k velkému úhynu ryb, které hrají důležitou roli v parazitární části životního cyklu. Rybí společenstvo může být současně narušováno i introdukcí lososovitých ryb z jiného povodí (Young & Williams 1984). Nepůvodní populace mohou vytlačovat ty původní a sami bývají pro uchycení glochidií nevhodné. Posledních 20–30 let způsobovala stagnaci reprodukce perlorodky v západní a střední Evropě také acidifikace toků (Absolon & Hruška 1999; Geist 2010). Ta perlorodku ovlivňuje buď přímo úhynem

jedinců, nebo nepřímo indikuje špatný stav životního prostředí nárůstem hodnot konduktivity.

Negativní vliv na výskyt perlorodek mají také různé úpravy říčního koryta. Změny v podobě překážek na toku (hráze, jezy, přehrady) znamenají migrační bariéru pro potenciální hostitele a upravují funkce hyporheické zóny (Boulton et al. 1998). Zároveň dochází při úpravách ke změnám v toku splavenin. Ty mohou narušit intersticiální prostředí zanesením drobných prostor v sedimentu (Geist & Auerswald 2007) a znemožnit tak např. příjem potravy. Současně platí, že jakékoliv zásahy, které naruší nebo negativně ovlivní některou z fází životního cyklu perlorodky, jsou nežádoucí.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavní náplní této práce bylo sledování bioindikačních vlastností juvenilních jedinců perlorodky říční exponovaných *in situ* pomocí Buddensiekových destiček.

- Vyhodnocení vlivů specifických parametrů toku na přírůstky, přežívání a úmrtnost juvenilních jedinců.
- Stanovení zásadních ovlivnění subadultů charakterem intersticiálního prostředí.
- Pokus o stanovení nejvhodnějšího mikrohabitatu pro přežívání subadultů.
- Stanovení limitních koncentrací O₂ pro přežití v intersticiálním prostředí.

Získaná data a výsledky této práce jsou součástí článku:

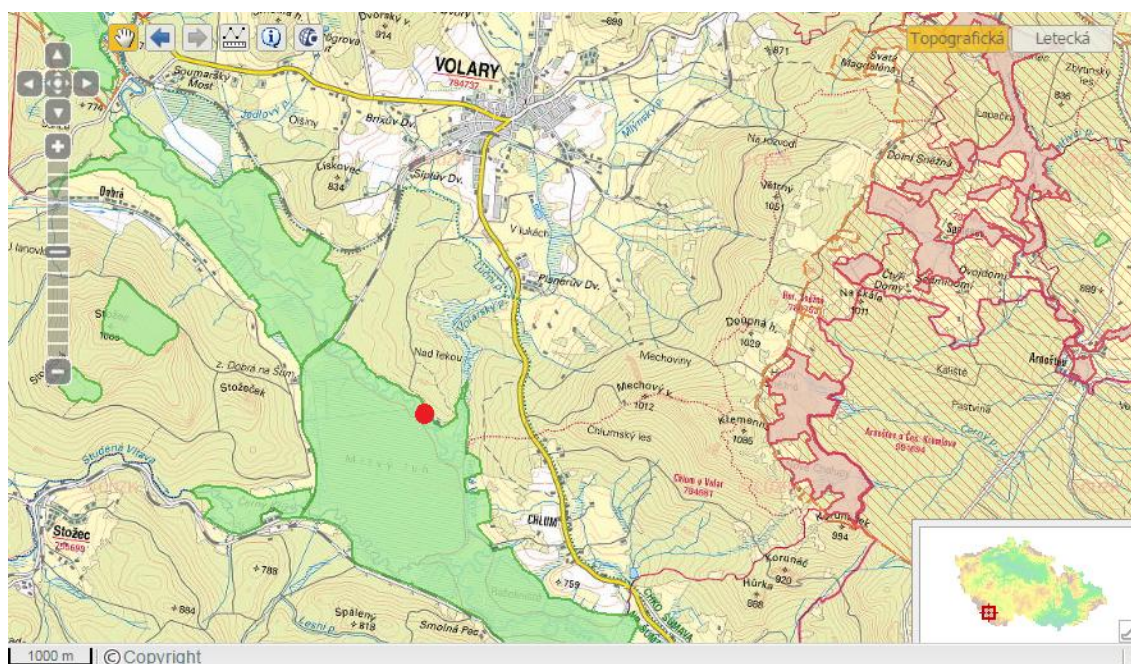
M. Černá¹, OP. Simon^{1, 2}, M. Bílý¹, K. Douda³, B. Dort⁴, M. Galová^{3, 5}, M. Volfová².

Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in-situ exposure methods. *Hydrobiologia*. (odesláno)

3. LOKALITA

3.1. Obecná charakteristika

Terénní práce byly situovány do klidové oblasti I. zóny NP Šumava. Konkrétně se jedná o oblast Přírodní památky Vltavského luhu. Tato oblast se rozkládá v nadmořské výšce 730–765 m n. m. a zaujímá plochu o rozloze 1714,34 ha. Mimo jiné jde o významnou oblast nad historickou horní hranicí výskytu p. říční. Díky omezenému a kontrolovanému pohybu osob na tomto území zde byly zachovány významné geomorfologické i biologické zákonitosti říční nivy. Také extenzivní hospodaření v okolí Teplé Vltavy, která protéká Vltavským luhem v délce cca 15 km, přispívá k oligotrofnímu charakteru toku a celé oblasti. Teplá Vltava představuje tok se specifickým systémem funkčnosti koryta při povodních. Zachovává relativně stabilní meandry, které poskytují útočiště pro různá vývojová stádia druhu. Vhodné podmínky nejen pro přežití za nepříznivých podmínek, ale především pro rekolonizaci juvenilními jedinci, poskytuje pestré habitatové složení dna. Najdeme zde jak proudné kamenité úseky, tak tišiny, náplavy a především bohaté porosty vodních makrofyt. Právě ty jsou zde významným zdrojem detritu jako potravy pro perlorodku.



Obrázek 2: Poloha lokality na území Vltavského luhu. Lokalita je znázorněna červeným puntíkem. Zdroj (geoportal.gov.cz, CENIA, 2010–2015).

Pro náš experiment, sledování jedinců perlorodky *in-situ*, byl vybrán reprezentativní meandr na toku Teplé Vltavy (viz Příloha 3). Tento asi 150 m dlouhý úsek se nachází nedaleko obce Volary před soutokem s Volarským potokem (viz Obr. 2). Průměrný roční průtok zde činí $5,89 \text{ m}^3/\text{s}$ (data ČHMÚ, hlásný profil č. 77 Chlum).

3.2. Experimentální plošky

pískové duny

Tyto drobné pískové náplavy se na lokalitě nacházejí spíše ojediněle. Jemnější sedimenty se zde usazují podél pravého břehu, kde voda proudí pomaleji. V těchto místech je také největší podíl zastínění vodní hladiny smrkovým porostem. Převládají malé náplavy jemnějšího písku většinou v blízkosti vodních makrofyt, nebo nánosy usazené za překážkami v toku. Velikost frakce sedimentu $\text{Med}(x) = 3,4 \text{ mm}$.

štěrkové lavice

Tento typ sedimentu najdeme na lokalitě především v pásu kolem levého břehu, kde je největší souvislá plocha. Jedná se o drobnější štěrk s občasným výskytem kamenů. Tyto poměrně stálé a málo pohyblivé sedimenty najdeme na lokalitě nejčastěji. Současně také představují významné potenciální mikrohabitaty pro jedince, kteří právě dokončili metamorfózu. Velikost frakce sedimentu $\text{Med}(x) = 12,4 \text{ mm}$. Obvykle se také vyznačují mocnou intersticiální vrstvou ($\text{Med}(x) = 16,9 \text{ mm}$).

kamenité dno

Poslední experimentální plošky byly umístěny tam, kde se hromadí větší kameny. Ty se na lokalitě objevují jen zřídka, anebo v malých skupinkách doprovázející velké balvany vyčnívající z vody. Nenachází se zde souvislé plochy. Tento typ sedimentu najdeme na lokalitě především v její horní části při levém břehu, kde vytváří kratší přejezdné úseky. Velikost frakce sedimentu $\text{Med}(x) = 27,8 \text{ mm}$.

4. METODY

Laboratorní a terénní práce probíhaly v srpnu a září roku 2014 pod záštitou Záchraného programu pro perlorodku říční v České republice a to v rámci projektového záměru ŽP 6.2 „Soužití člověka a perlorodky říční ve Vltavském luhu“. Manipulace s juvenilními jedinci p. říční, jakožto se zvláště chráněným druhem živočicha, byla prováděna v souladu s výjimkou dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

4.1. Principy a metody experimentu

Pro potřeby experimentu bylo celkem použito 204 juvenilních jedinců (1+)¹ p. říční dle doporučení záchraného programu (Švanyga et al. 2013). Tito jedinci byli poskytnuti z tzv. polopřirozeného odchovu (Hruška 2000) p. Bohumilem Dortem. U každého jedince byla v laboratorních podmínkách ověřena životaschopnost a byly pořízeny dvě identifikační fotografie (trinokulárním stereomikroskopem při zvětšení 40x) (viz Příloha 2). Stejný postup se pak opakoval i na konci experimentu, kdy tyto fotografie sloužily především k vyhodnocení přírůstků jednotlivých jedinců. Jedinci byli vloženi do speciálně uzpůsobených, tzv. Buddensiekových destiček (Buddensiek 1995) (viz Příloha 6, 7). Každá tato destička se skládá ze tří dílčích částí, které navzájem svírají dvě uhelonová síta (velikost ok 40 μm). Ta vytváří oddělené buňky v destičce a zajišťují volný průchod vody k perlorodkám. Díky tomu byla možná jejich expozice *in-situ* přímo na vybrané lokalitě, aniž by došlo k jejich poškození či ztrátě. Celkem bylo použito 34 destiček a do každé bylo vloženo 6 jedinců (1 exemplář / buňku v destičce), což umožnilo získat individuální data o růstu jedinců.

Na lokalitě byly tyto destičky umístěny do třech předem vybraných habitatů dle typu sedimentu: pískových náplavů – dun, štěrkových lavic a kamenitého dna. Šest destiček pak bylo instalováno tak, aby je obtékala volná voda. Výběr míst pro instalaci probíhal s cílem nalézt mikrohabitaty s dostatkem kyslíku (vylovení anoxie) dle charakteru substrátu a průzkumných měření. V každém typu habitatu bylo exponováno 7 destiček. Ty byly ve dně toku upevněny ocelovými kotvícími trny (50 cm)

¹ juvenilní jedinec vstupující do druhé růstové periody bezprostředně po opuštění hostitele, velmi rané

(viz Příloha 5) a umístěny pod úroveň dna za pomoci potápěče. Samotní jedinci se tak nacházeli v hloubce 2,5 cm těsně pod povrchem dnového sedimentu. Sedm destiček bylo navíc ukotveno v hloubce 10–15 cm (v hyporeálu). V této hloubce byly destičky uloženy pouze ve štěrkových lavicích, kde byl předpoklad stále vhodných podmínek prostředí pro přežití jedinců (především dostatek O₂). V rámci toku byly destičky rozmístěny v minimálním sponu 2 m.

4.2. Fyzikálně-chemické parametry intersticiální vody

V rámci experimentu byly na lokalitě sledovány tyto fyzikální parametry intersticiální vody: obsah kyslíku (mg/l, %), aktuální teplota (°C), konduktivita (μS/cm). Hodnoty těchto parametrů byly použity jako podpůrné informace pro určení charakteru jednotlivých mikrohabitatů a následnému vyhodnocení stanovištních preferencí juvenilních jedinců.

Voda pro potřebná měření byla odebírána pomocí trvalých sond (viz Příloha 7) (© Galová M.), abychom měli jistotu, že odběr probíhal vždy přímo z místa expozice. Jednou z buněk v destičce byla provlečena akvarijní hadička opatřená uhelonom (velikost ok 40 μm) proti zanášení a fixována injekční jehlou. Hadička byla dlouhá 60 cm a opatřená barevným štítkem s číslem pro snadnější identifikaci a dohledání sondy v toku. První odběry pomocí těchto sond proběhly přesně týden po poslední instalaci destiček v toku, aby došlo k ustálení podmínek prostředí. Pro každé měření bylo vždy odebráno jen potřebné množství intersticiální vody (5–10 ml), abychom minimálně ovlivnili prostředí v blízkosti exponovaných jedinců. Před samotným odběrem vody pro měření bylo nejdříve odčerpáno ještě cca 5 ml vody, abychom získali čistou vodu bez hrubších sedimentů. Souběžně s měřením parametrů intersticiální vody byla vždy odebrána a proměřena i voda volná. Podrobnější informace o jednotlivých odběrech jsou uvedeny v Tabulce 1. Veškeré fyzikální parametry vody byly měřeny přímo na lokalitě pomocí přenosného digitálního multimetru WTW Multi 3420 (viz Příloha 4).

Při posledním odběru intersticiální a volné vody byl proveden ještě dodatkový odběr vody na chemické rozborů. Celkem bylo odebráno 29 vzorků po 100 ml, z toho jeden vzorek pro vodu volnou. Vzorky byly uloženy do chladicího boxu a předány VÚV v Praze, kde byly zpracovány a analyzovány standardním způsobem pro zjištění obsahu N_{amon} (mg/l) a N-NO₃⁻ (mg/l).

Tabulka 1: Informace o odběrech intersticiální a volné vody pro měření fyzikálně-chemických parametrů

Datum odběru	Doba mezi odběry (dny)	Poznámky
12. 8. 14	0	začátek expozice
16. 8. 14	4	
20. 8. 14	4	
24. 8. 14	4	
4. 9. 14	11	delší časový interval mezi odběry z důvody probíhající povodně na lokalitě; dlouhodobé znemožnění odběrů
8. 9. 14	4	konec expozice ^a

^aPo cca měsíční expozici (1 letní měsíc) jedinců na lokalitě; doba expozice zkrácena a upravena podle Douđa et al. (2012)

4.3. Odběry sedimentu pro suchou granulometrii

Odběry sedimentu proběhly na konci pokusu (8. 9. 2014) při vyjímání exponovaných destiček. Došlo tak k odběru sedimentu, který přímo obklopoval jedince po celou dobu expozice a zároveň nedošlo k poškození a k manipulaci s jedinci během této doby. Sediment byl odebírán pomocí plastové nádoby z maximální hloubky 15 cm a ukládán do uzavíratelných sáčků. Z každého místa expozice byly vždy odebrány 3 vzorky sedimentu, ze kterého byl vytvořen homogenizací jeden směsný reprezentativní vzorek pro každou destičku. Tyto vzorky byly následně samostatně analyzovány.

Pro potřeby suché granulometrie byl sediment vysušen na volném vzduchu. Po důkladném vysušení byl pomocí třepacího stroje proset přes soustavu sít o různém průměru ok: 22,4 mm, 11,2 mm, 7 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,18 mm a 0,08 mm. Jednotlivé velikostní frakce byly následně zváženy. Popisné parametry sedimentu byly stanoveny pomocí programu GRADISTAT Version 8.0.

4.4. Vyhodnocení přírůstků juvenilních jedinců

Pro zjištění přírůstků jedinců za dané období byl použit program ImageJ 1.42q. Současně s pořízením dokumentačních fotografií juvenilních jedinců perlorodek byly při shodném zvětšení pořízeny také fotografie krycího uhelonu o známé velikosti ok. Tyto fotografie sloužily jako vzor pro kalibraci programu a další měření. Velikost ok uhelonu v rámci pořízené fotografie (cca 66 pixelů) odpovídalo 0,04 mm ve skutečnosti. Na tomto principu pak probíhalo následné měření.

Do programu byly jednotlivě vkládány fotografie juvenilů pořízené před a po ukončení pokusu. Měření schránek se provádělo tím způsobem, že schránkou byla proložena přímka vždy podél její delší části. Přímka byla vedena směrem od oblejšího vrcholu (opticky nejvyšší bod na okraji schránky) k opticky rovné hraně, kde přímka

končila v bodě s nejnižší hodnotou délky. Poloha přímky je znázorněna v Příloze č. 9. Tímto způsobem jsme zjistily množství pixelů, které odpovídají velikosti dané schránky ve skutečnosti. Ty byly programem automaticky převedeny na skutečnou délku v mm. Konkrétní přírůstky jedinců jsme získaly jako rozdíly velikostí schránek před a po ukončení pokusu.

4.5. Analýza dat

Pomocí GLM (generalizovaného lineárního modelu) analýzy byl testován vliv fyzikálně-chemických parametrů intersticiální a volné vody na přírůstky a úmrtnost jedinců. V testu byly zahrnuty hodnoty těchto proměnných: obsah kyslíku (mg/l, %), aktuální teplota (°C), konduktivita ($\mu\text{S/cm}$). Dále byl testován vliv typu habitatu (písek, štěrk dno, štěrk hyporeál, kameny), který určovala velikostní frakce daného sedimentu. Data byla testována pomocí regresního GLM modelu s “Gamma” rozdělením chybové variability a link funkcí “log”. Gamma rozdělení bylo použito proto, jelikož závislá proměnná vyjadřovala přírůstky jedinců, které mohou nabývat pouze pozitivních hodnot (rozměry).

Pomocí step-wise selekce byly vybrány nejlepší kombinace testovaných faktorů prostředí, které vysvětlují nejvíce variability v přírůstkách. Jednotlivé faktory pak byly testovány pomocí likelihood-ratio testu. Testován byl marginální efekt každého faktoru, který je nezávislý na ostatních faktorech v modelu. Statisticky významný vliv jednotlivých faktorů prostředí byl hodnocen na 5% ($\alpha = 0,05$) hladině významnosti. Ostatní data byla zpracována pomocí jednoduché deskriptivní statistiky.

5. VÝSLEDKY

Pro vyhodnocení vlivů faktorů prostředí na juvenilní stádia p. říční bylo celkem použito 204 jedinců. Ti byli na lokalitě rozmístěni do 3 typů habitatů (typ sedimentu), kdy na každý z nich připadlo 7 Buddensiekových destiček po 6 jedincích.

5.1. Obecné výsledky GLM analýzy

Pomocí step-wise selekce byly vybrány faktory prostředí, které vysvětlují nejvíce variability v přírůstku jedinců (35,5 %). Současně vyjadřují vztah závisle proměnné na daném parametru. Podle výsledků analýz má průkazný vliv na přírůstky jedinců typ habitatu ($P = 0,023$; $DF = 4$), ve kterém se jedinci nacházejí a s tímto úzce spojená velikostní frakce sedimentů ($P = 0,031$; $DF = 2$). Výsledky granulometrického rozboru sedimentu jsou uvedeny v Tabulce 2. Průkazný vliv na přírůstky měly také hodnoty konduktivity ($P = 0,006$; $DF = 2$) a koncentrace dusíku (NH_4^+) ($P < 0,001$) v intersticiální vodě. Obsah kyslíku a aktuální teplota se naopak ukázaly jako neprůkazné.

Průměrná aktuální teplota se mezi jednotlivými typy habitatu významně nelišila a pohybovala se v daném období okolo $14\text{ }^\circ\text{C}$. Stejně tak procentuelní obsah kyslíku dosahoval ve všech habitatech téměř 100% nasycení. Pouze u habitatu písek, dosahovalo nasycení kyslíkem v průměru 61 %. Změny v množství O_2 (mg/l) za sledované období pro jednotlivé Buddensiekovi destičky znázorňují grafy v Příloze 11, 13, 15, 17 a 19. Z grafů je patrný trend ustálení hodnot pro jednotlivé destičky směrem k habitatům se zvětšující se frakcí sedimentu (písek \rightarrow kameny). To znamená, že destičky uložené v pískových sedimentech vykazují větší variabilitu v naměřených hodnotách kyslíku a celkově je zde tento obsah nižší. Naopak obsah kyslíku pro sedimenty s větší frakcí je celkově vyšší a mezi nimi se téměř neliší.

Podobný trend má také konduktivita. Ta dosahuje nejvyšších hodnot v pískových sedimentech, a tyto hodnoty jsou rozdílné jak mezi jednotlivými experimentálními destičkami, tak varírují během sledovaného období (50,4–127,2 $\mu\text{S/cm}$). Průběh hodnot konduktivity pro jednotlivé Buddensiekovi destičky znázorňují grafy v Příloze 12, 14, 16, 18 a 20.

Tabulka 2: Shrnutí granulometrického rozboru dnových sedimentů^a

Destička	Písek	Štěrk dno	Štěrk hyporeál	Kameny
	D ₅₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₅₀ (mm)
1	3,36	13,48	15,74	30,71
2	1,02	10,22	18,13	29,13
3	1,96	10,05	10,25	23,76
4	1,99	18,96	22,68	27,88
5	7,46	11,21	14,20	29,67
6	3,14	10,36	21,92	26,44
7	4,91	12,33	15,06	27,13

^aUvedeny jsou mediány (D₅₀) frakcí sedimentu pro jednotlivé destičky a zvolené mikrohabitaty

5.2. Míra přežívání a přírůstek jedinců v závislosti na charakteru mikrohabitatů

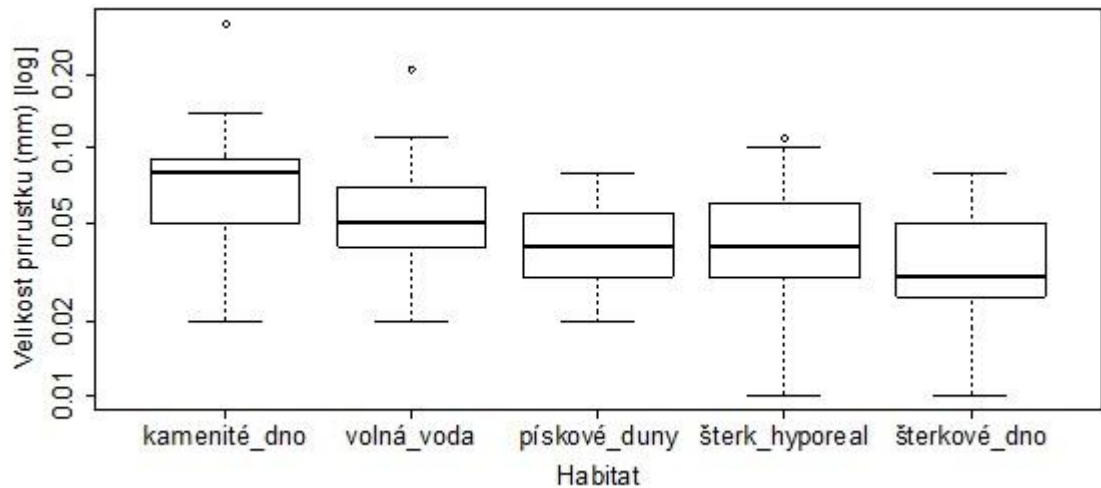
Celková úmrtnost během doby trvání pokusu byla bezmála 18 %. Největší počet uhynulých jedinců byl charakteristický pro destičky uložené v mikrohabitatů písek. Postupně pak úmrtnost klesá směrem k hrubším sedimentům. Nejvyšší mírou přežívání (cca 95 %) se vyznačovali jedinci z destiček, které obtékala volná voda a destiček uložených mezi kameny. Současně měli tito jedinci největší přírůstky (mm) a největší procentuelní přírůstek ze vstupní velikosti jedinců (viz Tab. 3). I přes vysokou úmrtnost jedinců exponovaných v písku, přeživší jedinci nedosahovali nejnižších přírůstků. Celkově nejmenší přírůstky měli jedinci ve štěrkových sedimentech těsně pod povrchem dna (v průměru 0,035 mm).

Tabulka 3: Sumární tabulka růstu juvenilních jedinců za sledované období (srpen, září 2014)^a

Typ sedimentu	Vstupní velikost (mm)	Konečná velikost (mm)	Přírůstek (%) vstupní velikosti	Poznámky
volná voda	0,931	0,985	13,5 ^b	
kameny	1,022	1,105	6,9	
písek	0,901	0,943	4,7	velká úmrtnost
štěrk dno	0,926	0,962	3,8	
štěrk hyporeál	0,888	0,936	5,3	

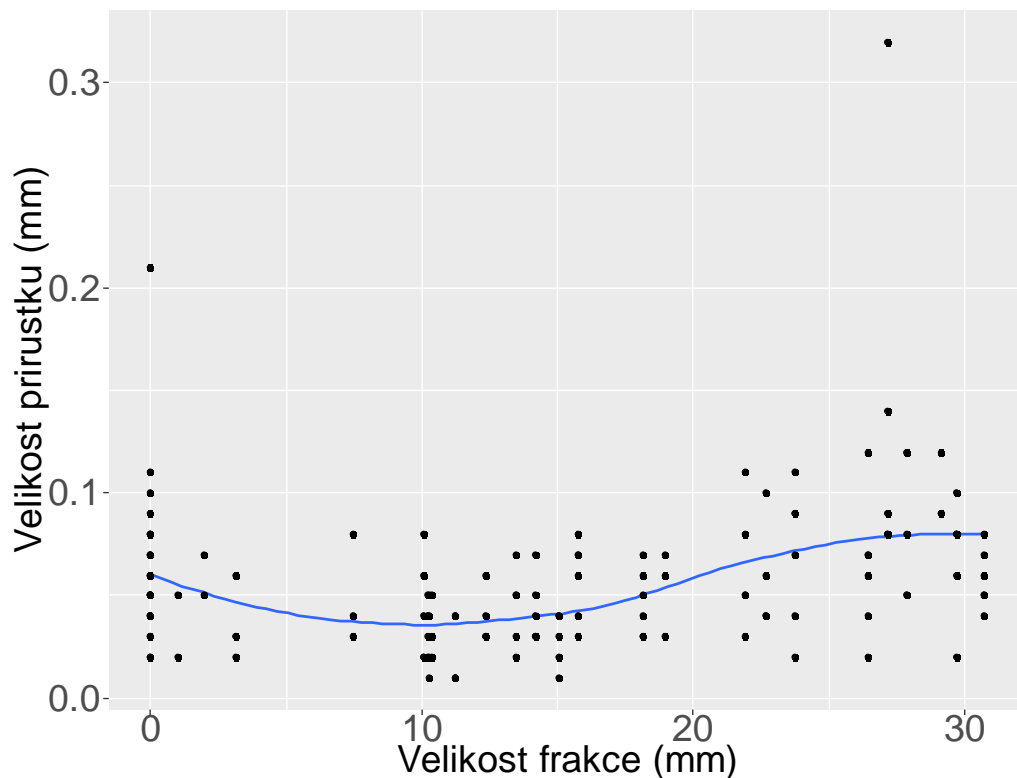
^aUvedeny jsou průměrné hodnoty pro jednotlivé typy mikrohabitátů

^bVysoký průměrný procentuelní přírůstek ze vstupní velikosti jedinců je způsobený vzdálenou hodnotou (velikost přírůstku jedince 0,21 mm)



Obrázek 3: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na typu substrátu.

Graf (Obr. 3) znázorňuje vztah závisle proměnné (přírůstku) na různých typech zvolených mikrohabitátů. Tento vztah je lineární a z grafu vyplývá, že kamenité dno podporuje největší přírůstky jedinců. Ty se pohybovaly v rozmezí (0,02–0,32 mm). Minimální přírůstky pak byly naměřeny u jedinců exponovaných ve šterkovém podloží (0,01 mm).



Obrázek 4: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na velikosti frakce sedimentu.

Graf (Obr. 4) znázorňuje vztah přírůstku jedinců v závislosti na velikostní frakci dnového sedimentu. Ta současně koreluje s rozdělením mikrohabitátů uvnitř experimentu. Největší přírůstky jsme zaznamenali u jedinců situovaných v sedimentu s největší a částečně nejmenší frakcí.

5.3. Míra přežívání a přírůstek jedinců v závislosti na chemismu vody

Na lokalitě došlo v průběhu experimentu k postihnutelným změnám v chemismu intersticiální i volné vody. Především se jednalo o značný nárůst hodnot konduktivity po bleskové povodni mezi jednotlivými odběry (24. 8.–4. 9. 2014).

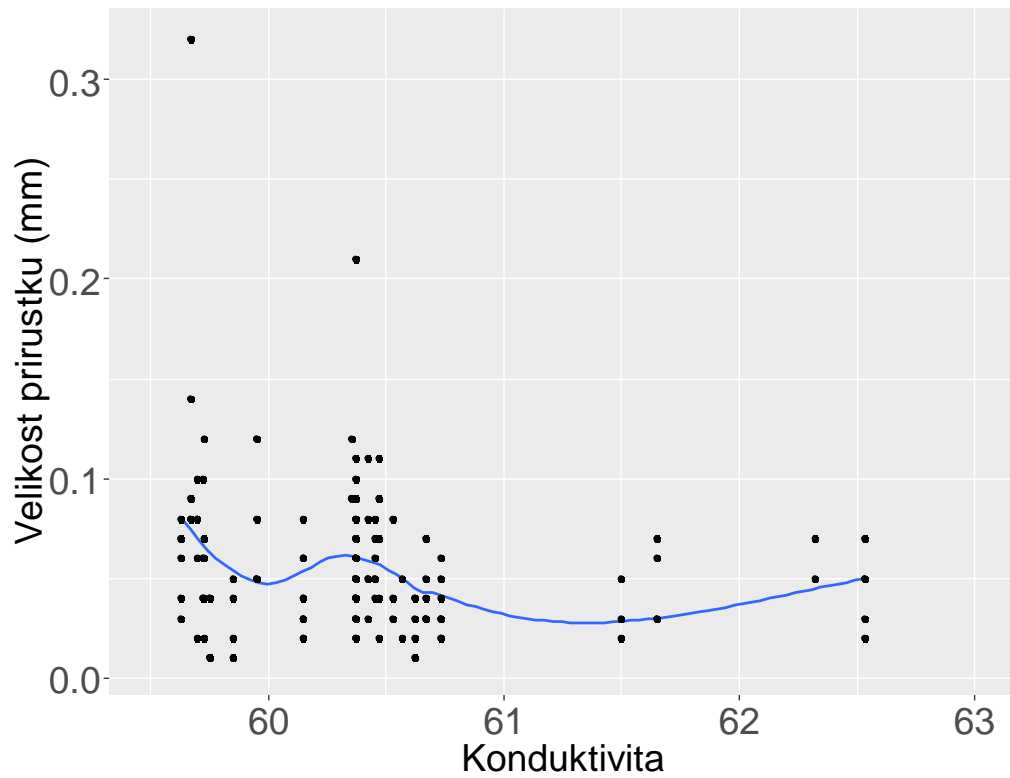
V průměru došlo u jednotlivých mikrohabitátů k nárůstu konduktivity o 12 %. Nejvyšší nárůst hodnot byl pak zaznamenán u habitatu písek, kde v tomto období konduktivita stoupla asi o 18 %. V této souvislosti došlo v okolí některých destiček i k poklesu množství obsaženého kyslíku (mg/l). Tento pokles byl v některých případech nejnižší za celé období. Jen ve výjimečných případech ale hodnoty klesly pod 50% nasycení. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u destičky č. 2 (< 4 mg/l; 50% úmrtnost jedinců) a destičky č. 7 (< 3 mg/l; 100% úmrtnost jedinců) Celkově měli jedinci exponovaní v tomto typu sedimentu nejvyšší úmrtnost. Celkem uhynulo 62 % jedinců. Podobná situace nastala při poklesu O₂ i v jednom případě u habitatu štěrk dno, kde byla nejnižší koncentrace naměřena u destičky č. 6 (4 mg/l; 50% úmrtnost jedinců). Konkrétní počty uhynulých jedinců v závislosti na konduktivitě a koncentraci kyslíku jsou uvedeny v Tabulce 4.

Na závěr pokusu byly jednorázově odebrány vzorky vody pro stanovení koncentrací dusíku. Koncentrace N_{amon} byla ve všech vzorcích intersticiální a volné vody ≤ 0,1 mg/l a koncentrace N-NO₃⁻ ≤ 0,5 mg/l.

Tabulka 4: Počet uhynulých jedinců v závislosti na koncentraci O₂ a konduktivitě vody^a

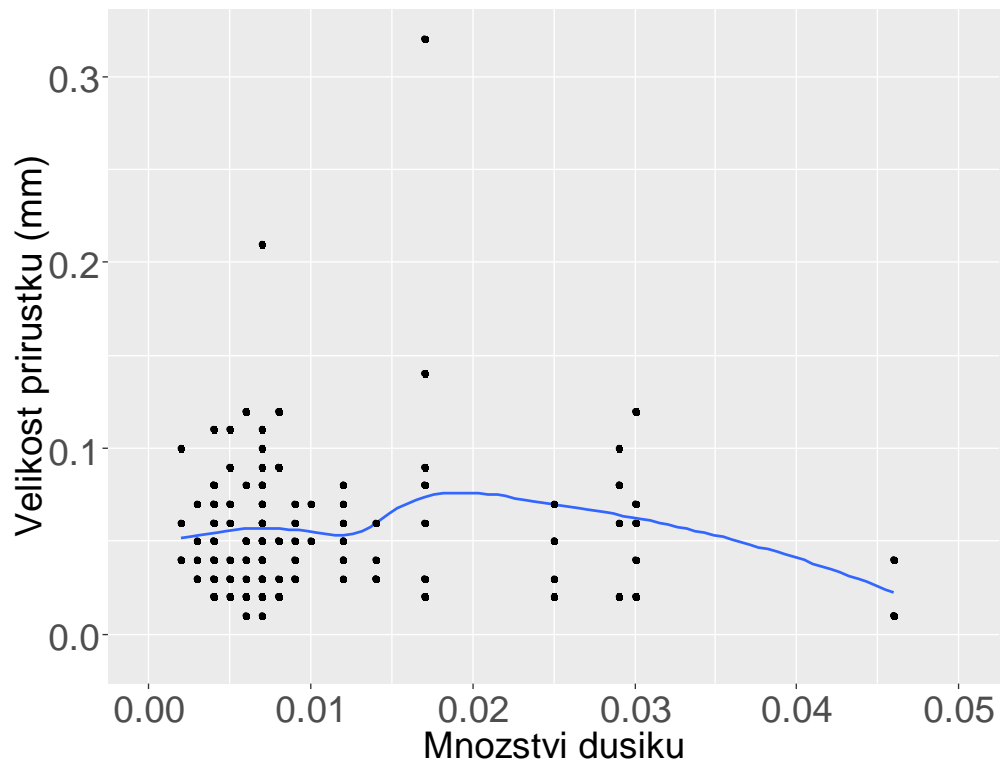
Typ mikrohabitatu	Kyslík (%)	Konduktivita (μS/cm)	Celkový počet uhynulých jedinců
Volná voda	102	60	2
Kameny	97	60	2
Štěrk dno	90	61	6
Štěrk hyporeál	92	60	4
Písek	62	71	26

^aUvedeny jsou průměrné hodnoty pro všechny destičky v rámci jednoho mikrohabitatu



Obrázek 5: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na konduktivitě vody

Graf (Obr. 5) znázorňuje vztah přírůstku jedinců na odlišných hodnotách konduktivity pro intersticiální a volnou vodu. Tato závislost není lineární. Největší přírůstky zaznamenáváme u jedinců exponovaných v habitatech s nízkými hodnotami konduktivity (okolo $60 \mu\text{S}/\text{cm}$).



Obrázek 6: Změny v přírůstku jedinců v závislosti na koncentraci dusíku (N_{amon}) ve vodě

Graf (Obr. 6) znázorňuje vztah přírůstku jedinců na odlišných koncentracích N_{amon} v intersticiální a volné vodě. Tato závislost není lineární. Největší přírůstky zaznamenáváme u jedinců exponovaných při optimální koncentraci dusíku (0,015–0,02 mg/l).

6. DISKUSE

Cílem této práce bylo vyhodnotit mikrohabitatové nároky p. říční s využitím experimentální expozice juvenilních jedinců *in-situ*. Na základě získaných dat stanovit vliv specifických parametrů toku na přírůstky, přežívání a úmrtnost jedinců. V práci jsem se zaměřila na sledování změn fyzikálně-chemických parametrů intersticiální a volné vody během sledovaného období. Vyhodnocen byl také charakter a vlastnosti říčního sedimentu na dané lokalitě pro jednotlivá mikrostanoviště. Všechny tyto parametry mají tendenci ovlivňovat studovaný druh ve všech stádiích vývoje.

Úsek Teplé Vltavy, kde probíhaly experimenty, se vyznačuje málo početnou a rozptýlenou populací, která je aktuálně bez přirozené reprodukce. V roce 1998 bylo do Teplé Vltavy vysazeno 1180 juvenilů (data AOPK ČR, 2011). Podle stávajících informací o velikosti populace p. říční se v Teplé Vltavě nachází více jak 300 adultních jedinců (data AOPK ČR; Dort, 2011). Nalezení juvenilních jedinců do velikosti 1 cm je velmi vzácné i na lokalitách s přirozenou reprodukcí (Hastie et al. 2010). Často tak můžeme pouze usuzovat podle starších jedinců, kteří se v delším časovém intervalu na lokalitě vyskytují (Hastie et al. 2000b; Hastie & Toy 2008). Mladí jedinci mají tendenci vyskytovat se souběžně se starší generací (Hastie et al. 2000b).

6.1. Vliv charakteru říčního sedimentu na přírůstky a úmrtnost jedinců

Souhrnně lze říci, že nejlepším fyzikálním parametrem popisujícím stanoviště vhodná pro vývoj a přežívání p. říční je sediment, jako fyzický nosič, ve kterém perlorodky žijí (Hastie et al. 2000a; Scheder 2014). Výsledky analýz poukazují na významný vliv typu habitatu, ve kterém se juvenilní jedinci nacházejí ($P = 0,023$). Vliv na přežívání a růst má také charakter daného substrátu (velikost frakce) ($P = 0,031$). Jako nejdůležitějším stanovištním faktorem, pro zachování populací perlorodky v řekách střední Evropy, se tedy zdá být celková kvalita substrátu (Geist & Auerswald 2007). Významné jsou také další faktory prostředí, které jakkoliv ovlivňují tento nosný substrát. Substrátové charakteristiky jsou hlavními faktory, které určují nejen hojnost výskytu v různých částech toku (Hastie et al. 2000a), ale především míru přežívání mladých jedinců.

Geist a Auerswald (2007) uvádějí, že nejlepším (nejpříhodnějším) stanovištěm pro perlodku jsou mikrostanoviště ve větších řekách, kde se vyskytuje hrubý a dobře uspořádaný sediment stabilizovaný většími kameny. Téměř totéž vyplývá i z našich výsledků, kdy největších přírůstků dosahovali jedinci exponovaní mezi kameny a v hyporeálu šterkových lavic (viz Tab. 3). Současně dosahovali tito jedinci nejvyšší míry přežívání (95 %). Hastie et al. (2000a) zaznamenal ve své práci výskyt > 50 % jedinců ve všech hrubých substrátech, kdy jedinci preferovali především větší kameny a oblázky (hrubé písky až šterkopísky). Hastie et al (2003b) dále uvádí preferenci mikrostanovišť na šterkových až kamenitých substrátech s počínajícími nárosty makrofyt. Ty mohou působit stabilizačně a zároveň jsou zdrojem detritu jako potravy. Žádní jedinci naopak nebyli nalezeni v jemných břehových sedimentech. Šterkopísky se zdají být vhodným substrátem z toho důvodu, že je zde zajištěno stálé proudění vody v intersticiálních prostorech. Intersticiální voda je dostatečně nasycená kyslíkem a nedochází tak snadno k zanášení pórů jemnými částicemi. Substrát je také dostatečně stabilní, ale zároveň umožňuje mladým jedincům se zahrabat. Totéž uvádí i Scheder (2014), který považuje za klíčový faktor pro přežití raných post-parazitických stádií stabilní a dobře prokysličenou intersticiální zónu.

Nejvyšší úmrtnost byla zaznamenána u jedinců exponovaných v písčítých sedimentech (> 60 %) Přesto neměli přeživší jedinci nejmenší přírůstky. Geist & Auerswald (2007) uvádějí, že na lokalitách, kde probíhá úspěšná reprodukce (doložená nalezenými juvenilními jedinci), je průměrné zastoupení částic sedimentu < 100 μm pouze 2 % a částic < 200 μm 3 % Pískové sedimenty se sami o sobě nezdají být nevhodným substrátem pro přežití a růst juvenilů. Jen několik autorů ale pozorovalo úspěšnou reprodukci perlodky v jemném sedimentu nebo rašeliništi (Cosgrove & Harvey 2003). Prosperitu jedinců pravděpodobně určují změny v povodí, které mají vliv na fyzikálně-chemické parametry intersticiální vody. Právě tento typ mikrohabitatu je více než ostatní náchylný ke změnám, které vedou k vytvoření nevhodných podmínek pro raná vývojová stadia. Drobné intersticiální póry se v pískových sedimentech snadno zanášejí. Snížení pórovitosti sedimentu je pro reofilní druhy zvláště škodlivé (Geist & Auerswald 2007; Österling et al. 2010). Jemný sediment může výrazně ovlivnit výměnu látek a především kyslíku mezi hyporheickou zónou a volnou vodou (Geist & Auerswald 2007; Scheder 2014). Zákal a sedimentace jemných částic u tohoto typu mikrohabitatu může být zodpovědná za selhání reprodukce a především přežívání juvenilů (Österling et al. 2010). Österling et al. (2008) uvádí, že na lokalitách, kde

neprobíhala reprodukce, byl 4× větší zákal související se zvýšenou sedimentací. Jemný a nestabilní sediment může navíc podpořit odplavení a poškození jedinců (např. při povodni). Disturbance toku spojené s povodněmi a jejich negativními vlivy popisuje ve své práci Hastie et al. (2001; 2003a) vzhledem k populaci p. říční na řece Kerry v severozápadním Skotsku. Kromě povodně, jako přirozeného faktoru, upravuje funkci hyporheické zóny jakýkoliv zásah do toku například umělá regulace (Boulton et al. 1998).

6.2. Vliv fyzikálně-chemických parametrů vody na přírůstky a úmrtnost jedinců

Změny v chemismu vody, které mají tendenci p. říční ovlivňovat, jsou úzce spjaté se změnami, které nastávají v čase v říčním sedimentu. Při vyšším poměru jemnozrnných částic v intersticiálu se s klesající hloubkou výrazně snižuje obsah rozpuštěného kyslíku ve zvodnělé části dna a zároveň stoupá konduktivita (Švanyga et al. 2013). Také Geist & Auerswald (2007) hovoří o pro perlorodku nefunkčních stanovištích, která jsou ochuzená o kyslík a jejichž počet narůstá s klesající hloubkou.

Při zakládání experimentu byly Buddensiekovi destičky umístěny do míst, kde bylo v době instalace naměřeno dostatečné nasycení kyslíkem. Základními požadavky na kvalitu prostředí jsou nízké hodnoty BSK₅ a dostatečná koncentrace kyslíku (okolo 100 %) (Švanyga et al. 2013). Během měsíční expozice se průměrné nasycení kyslíkem v bezprostředním okolí destiček drželo v tomto rozmezí (90–100 %). Nižší průměrná koncentrace byla zaznamenána pouze u habitatu písek (62 %). Změna nastala po povodni (24. 8. 2014). Po této události došlo na lokalitě k rapidnímu poklesu O₂ (mg/l). U některých destiček z habitatu písek byla naměřena nejnižší koncentrace za celé období. Nasycení výrazně pokleslo pod 50 %. U těchto destiček byla současně vyhodnocena nejvyšší úmrtnost jedinců (až 100%). To dobře dokumentuje, jak velkou vazbu úmrtnosti vykazují jedinci na změny v koncentraci kyslíku v čase v daném mikrohabitatu.

Limitní hodnota konduktivity, určující čistotu vody pro p. říční, byla stanovena < 70 μS/cm (Absolon & Hruška 1999; Bauer 1988). Nejvyšší úmrtnost byla zaznamenána u destiček s naměřenými hodnotami konduktivity těsně nad tímto limitem (viz. Tab. 4). Nárůst konduktivity indikuje zvýšené koncentrace iontově rozpuštěných minerálních látek ve vodě. Současně dochází k narušení příjmu potravy, což vede k dalšímu úhynu jedinců. Někteří autoři (např. Larsen 2006 in Švanyga et al. 2013) uvádějí mezní hodnoty konduktivity mnohem vyšší (< 150 μS/cm). Nejvyšší naměřená

hodnota konduktivity byla v našem případě 127 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a to u destičky č. 1 v mikrohabitatů písek, kde byla posléze vyhodnocena 100% úmrtnost jedinců.

U dvou destiček (4P, 7P)², které měly ve svém okolí během expozice dlouhodobě snížený obsah kyslíku (< 55 %) byla zaznamenána nepatrně vyšší koncentrace NH_4^+ a současný pokles N-NO_3^- . Toto redukční prostředí může na jedince působit negativně vlivem prosté mikroaerobie, nebo působením toxických forem amoniaku. U ostatních vzorků byla koncentrace NH_4^+ < 0,1 mg/l (pod deklarovanou mezí detekce). Podle dostupných informací splňují tyto koncentrace limit čistoty vody pro p. říční (Absolon & Hruška 1999; Larsen 2006 in Švanyga et al. 2013). V některých případech lze počítat i s krátkodobými maximy NH_4^+ do 0,5 mg/l (Absolon & Hruška 1999). Průměrná aktuální teplota se v daném období pohybovala okolo 14 °C a mezi jednotlivými typy habitatů se významně nelišila. Absolon & Hruška (1999) uvádějí optimální teplotní rozmezí pro p. říční 0–20 °C s krátkodobými maximy do 23 °C. Dunca & Mutvei (2001) zjistili, že jedinci rostli podstatně rychleji při teplotě vody vyšší než 10 °C a tento růst byl ukončen při teplotě 5 °C.

² destičky číslo 4 a 7 uložené v písčitém substrátu, v obou případech došlo k 100% úmrtnosti jedinců

7. SHRnutí

Tato práce se zabývá posouzením vhodnosti specifických mikrostanovišť pro růst a přežívání post-parazitárního stádia p. říční (1+) na základě experimentální expozice v toku. Zhodnoceny byly 3 typy mikrohabitatů ve vybrané lokalitě v Teplé Vltavě, a to vzhledem k charakteristickému typu sedimentu a fyzikálně-chemickým parametrům intersticiální a volné vody. Jedinečnost spočívá ve využití bioindikačních vlastností druhu vycházejících z expozice *in-situ* a odběrů vzorků vody z bezprostřední blízkosti exponovaných jedinců.

Substrát je dobrým indikátorem kvality prostředí pro p. říční, který je schopný zachovávat stálé hydrologické podmínky v dynamickém prostředí toku. Perlorodka vyžaduje splnění požadavků nejen na kvalitu, ale především stabilitu těchto sedimentů, která se odráží v jejich zrnitosti. Jedinci nejlépe prosperovali v hrubších substrátech (štěrkopísky, hrubý štěrk), které svojí strukturou podporují dobré vlastnosti intersticiálního prostředí. Růst a především pak samotné přežívání jedinců dále ovlivňuje konduktivita intersticiální vody. Nejvyšší míry přežívání dosahovali jedinci vystaveni hodnotám nižším než 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jedinci jsou dále závislí na dostatečném nasycení vody kyslíkem. To by mělo dosahovat 100 %, ne však méně než 50 %. Při těchto koncentracích docházelo téměř vždy ke 100% úhynu jedinců. V následných pracích by bylo vhodné provést analýzy, které by se zabývaly příčinami souvislosti mezi přežíváním jedinců a konduktivitou.

Celkově vykazuje lokalita dobré podmínky pro vývoj subadultů, které jsou ovšem závislé na změnách v celém povodí. Ať už se jedná o dočasné a přirozené jevy, jako jsou povodně, nebo například akutní otravy toxickými formami amoniaku apod. V dalších studiích nelze opomenout i jiné faktory, které ovlivňují populace v raných fázích života. Důležitou roli hraje kvalita a početnost příhodného rybího hostitele, na němž z velké části závisí zakládání nových a posilování stávajících populací. Vhodné by bylo zhodnotit i další možné disturbance v toku, které mohou narušovat stabilitu substrátu a především pak hyporheickou zónu.

8. LITERATURA

- Absolon K, Hruška J. 1999: Záchranný program Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) v České republice. AOPK ČR. Praha. p. 27.
- Araujo R, Ramos MA. 2001: Action plan for *Margaritifera margaritifera* in Europe. Nature and environment. No. 117. Council of Europe Publishing. 29–66.
- Bauer G. 1987: Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. Journal of Animal Ecology. 56(2): 691–704.
- Bauer G. 1988: Threats to the freshwater pearl mussel in central Europe. Biological Conservation. 45: 239–253.
- Bauer G. 1992: Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel, Journal of Animal Ecology. 61: 425–436.
- Bauer G. 1994: The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia; Unionoidea). Journal of Animal Ecology. 63(4): 933–944.
- Bauer G, Wächtler K. 2001: Ecology and Evolution of the freshwater Mussels Unionida. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Beran L. 1998: Vodní měkkýši. Metodika ČSOP č.17. Vlašim. p. 113.
- Beran L, Juříčková L, Horsák M. 2005: Mollusca (měkkýši). In: Farkač J, Král D, Škorpík M. Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. 1st ed. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. p. 69–74.
- Boulton AJ, Findlay S, Marmonier P, Stanley EH, Valett HM. 1998: The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. Annual Review of Ecology and Systematics. 29: 59–81.

- Bubinas A, Jagminienė I. 2001: Bioindication of ecotoxicity according to community structure of Macrozoobenthic fauna. *Acta Zoologica Lituanica*. 11(1): 90–96.
- Buddensiek V. 1995: The culture of juvenile freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements. *Biological Conservation*. 74: 33–40.
- Cosgrove PJ, Harvey PV. 2003: An unusual freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) population in Scotland. In: Geist J, Auerswald K. 2007: Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*. 52: 2299–2316.
- Denic M, Geist J. 2015: Linking stream sediment deposition and aquatic habitat quality in pearl mussel streams: implications for conservation. In: Lopes-Lima M, Sousa R, Geist J, Aldridge DC, Araujo R, Bergengren J, Bespalaya Y, Bódis E, Burlakova L, Van Damme D, Douda K, Froufe E, Georgiev D, Gumpinger C, Karatayev A, Kebapci U, Killeen I, Lajtner J, Larsen B, Lauceri R, Legakis A, Lois S, Lundberg S, Moorkens E, Motte G, Nagel KO, Ondina P, Outeiro A, Paunovic M, Prié V, von Proschwitz T, Riccardi N, Rudzīte M, Rudzītis M, Scheder C, Seddon M, Şereflişan H, Simic V, Sokolova S, Stoeckl K, Taskinen J, Teixeira A, Thielen F, Trichkova T, Varandas S, Vicentini H, Zajac K, Zajac T, Zogaris S, 2016: Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biol. Rev.* doi <http://dx.doi.org/10.1111/bry.12244>.
- Dolmen D, Arnekleiv JV, Haukebø T. 1995: Rotenone tolerance in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Nordic Journal of Freshwater Research*. 70: 21–30.
- Douda K, Simon OP, Dort B, Švanyga J. 2012: The relative importance of temperature and food to juvenile growth of *Margaritifera margaritifera* in its natural habitat. In Teixeira A, Lopes-LM, Varandas S (Eds.): *International Meeting of Biology and Conservation of Freshwater Bivalves Braganca, Portugal, 4th-7th September*

2012, Book of Abstracts Polytechnic Institute of Braganca. Braganca, 102 p. (poster)

Dunca E, Mutvei H. 2001: Comparison of microgrowth pattern in Margaritifera margaritifera shells from south and north Sweden. In: Österling ME, Arvidsson BL, Greenberg LA. 2010: Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal of Applied Ecology*. 47: 759–768.

Geist J. 2010: Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*. 644: 69–88.

Geist J, Auerswald K. 2007: Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*. 52: 2299–2316.

Geist J, Auerswald K, Boom A. 2005: Stable carbon isotopes in freshwater mussel shells: Environmental record or marker for metabolic activity? *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 64/14: 3545–3554.

Geist J, Porkka M, Kuehn R. 2006: The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) streams. *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems*. 16: 251–266.

Gittings T, O’Keefe D, Gallagher F, Finn J, O’Mahony. 1998: Longitudinal variation in abundance of a Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* population in relation to riverine habitats. *Biology and Environment: Proceedings of Royal Irish Academy*. 98B/3: 171–178.

Hastie LC, Boon PJ, Young MR. 2000a: Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Hydrobiologia*. 429: 59–71.

- Hastie LC, Boon PJ, Young MR, Way S. 2001: The effects of a major flood on an endangered freshwater mussel population. *Biological Conservation*. 98: 107–115.
- Hastie LC, Cosgrove PJ, Ellis N, Gaywood MJ. 2003a: The Threat of Climate Change to Freshwater Pearl Mussel Populations. *Ambio*. 32(1): 40–46.
- Hastie LC, Coosley SL, Scougal F, Young MR, Boon PJ, Gaywood MJ. 2003b: Characterization of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) riverine habitat using River Habitat Survey data. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*. 13: 213–224.
- Hastie LC, Tarr EC, Mousawi Al B, Young MR. 2010: Medium-term recruitment patterns in Scottish freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* populations. *Endangered Species Research*. 11: 21–33.
- Hastie LC, Toy KA. 2008: Changes in density, age structure and age-specific mortality in two western pearlshell (*Margaritifera falcata*) populations in Washington (1995–2006). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 18: 671–678.
- Hastie LC, Young MR, Boon PJ. 2000b: Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology*. 43: 243–256.
- Heming TA, Vinogradov GA, Klerman AK, Komov VT. 1988: Acidbase regulation in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. *Journal of Experimental Biology*. 137: 501–511.
- Hruška J. 2000: Experience of semi-natural breeding programme of freshwater pearl mussel in the Czech Republic. In: *Die Flussperlmuschel in Europa: Bestandssituation und Schutzmassnahmen, Ergebnisse des Kongresses vom 16.–18. 10. 2000 in Hof. Wassereirtschaftsamt Hof.*: 69–75.

- Hus M, Śmiałek M, Zając K, Zając T. 2006: Occurrence of *Unio Crassus* (Bivalvia, Unionidae) Depending on Water Chemistry in the Foreland of the Polish Carpathians. Polish Journal of Environmental Studies. 15(1): 169–172.
- Karna DW, Millemann RE. 1978: Glochidiosis of salmonid fishes. III. Comparative susceptibility to natural infection with *Margaritifera margaritifera* (L.) (Pelecypoda: Margaritanidae) and Associated Histopathology. The Journal of Parasitology. 64(3): 528–537.
- Larsen BM. 2006: Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. In: Švanyga J, Simon O, Mináriková T, Spisar O, Bílý M. 2013: Záchraný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice. AOPK ČR. p. 77.
- McCarthy DT. 1988: Roinn Na Mara. Fish Kills 1969-1987. Fishery leaflet. 141.
- Meyers TR, Millemann RE, Fustish CA. 1980: Glochidiosis of salmonid fishes. IV. Humoral and tissue responses of Coho and Chinook salmon to experimental infection with *Margaritifera margaritifera* (L.) (Pelecypoda: Margaritanidae). The Journal of Parasitology. 66(2): 274–281.
- Miko L, Hošek M. 2009: Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu 2009. 1st ed. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. p. 102.
- Mutvei H, Westermark T. 2001: How environmental information can be obtained from naiad shells. In: Bauer G, Wächtler K. Ecology and Evolutionary Biology of the freshwater mussels Unionoidea. Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoidea. Ecological Studies. Springer Berlin Heidelberg. Berlín. p. 367-379.
- Ósterling ME, Arvidsson BL, Greenberg LA. 2010: Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. Journal of Applied Ecology. 47: 759–768.

- Österling ME, Greenberg LA, Arvidsson BL. 2008: Relationship of biotic and abiotic factors to recruitment patterns in *Margaritifera margaritifera*. *Biological conservation*. 141: 1365–1370.
- Österling ME, Larsen BM. 2013: Impact of origin and condition of host fish (*Salmo trutta*) on parasitic larvae of *Margaritifera margaritifera*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 23: 564–570.
- Scheder CH, Lerchegger B, Flödlb P, Csara D, Gumpinger C, Hauerba CH. 2014: River bed stability versus clogged interstitial: Depth-dependent accumulation of substances in freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) habitats in Austrian streams as a function of hydromorphological parameters. *Limnologica*. p. 11.
- Simon OP, Vaníčková I, Bílý M, Douda K, Patzenhauerová H, Hruška J, Peltánová A. 2015: The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. *Limnologica*. 50: 11–20.
- Švanyga J, Simon O, Mináriková T, Spisar O, Bílý M. 2013: Záchraný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice. *AOPK ČR*. p. 77.
- Thomas GR, Tayolor J, Garcia de Leaniz C. 2010: Captive breeding of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*, *Endangered species research*. 12: 1–9.
- Vaníčková I, Simon OP, Dort B. 2014: Omlazení populací perlorodky říční. *Ochrana přírody*. 6: 10–15.
- Vaughn CC, Hakenkamp CC. 2001: The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*. 46: 1431–1446.

Young MR, Williams JC. 1984: The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland II. Field studies. Archiv für Hydrobiologia. 100: 29–43.

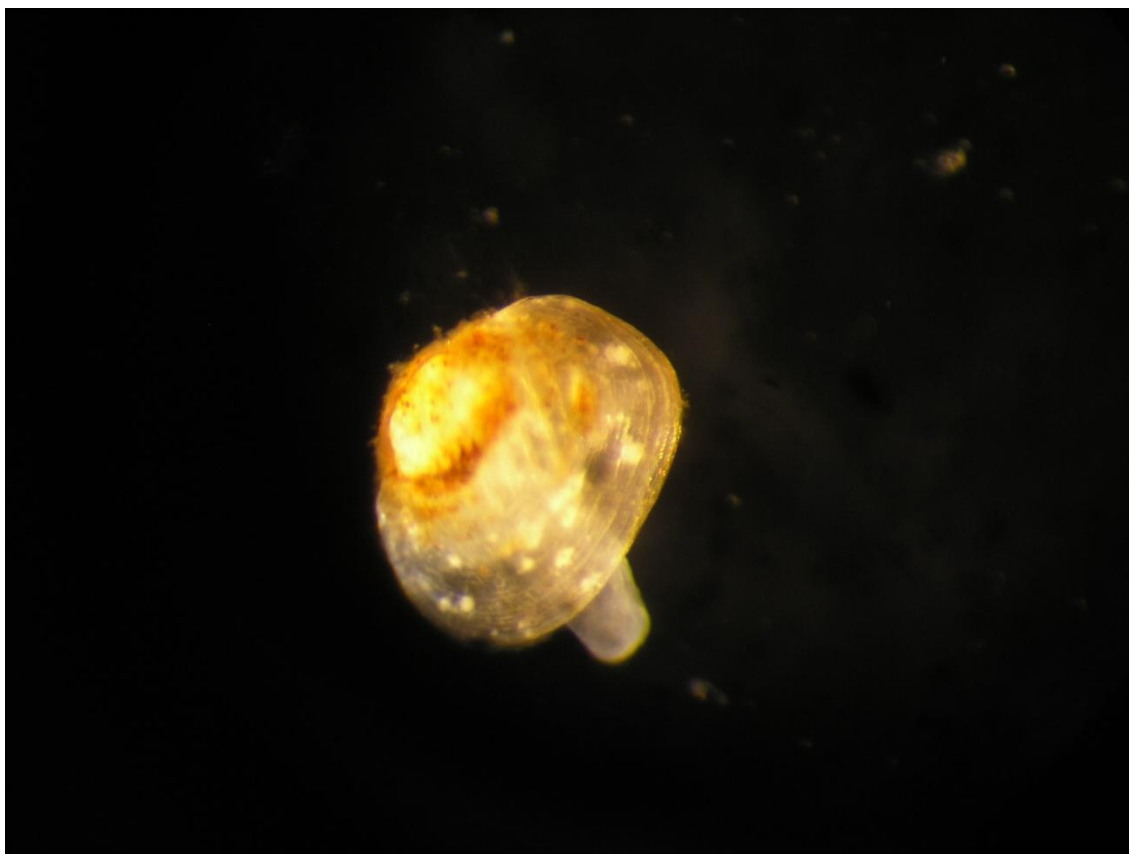
Internetové zdroje

Geo Portal, CENIA, 2010–2015, <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

9. PŘÍLOHY



Příloha 1: Dospělý jedinec perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*); © Michaela Galová



Příloha 2: Živý juvenilní jedinec perlorodky říční (1+), velikost schránky cca 1 mm; © Michaela Galová



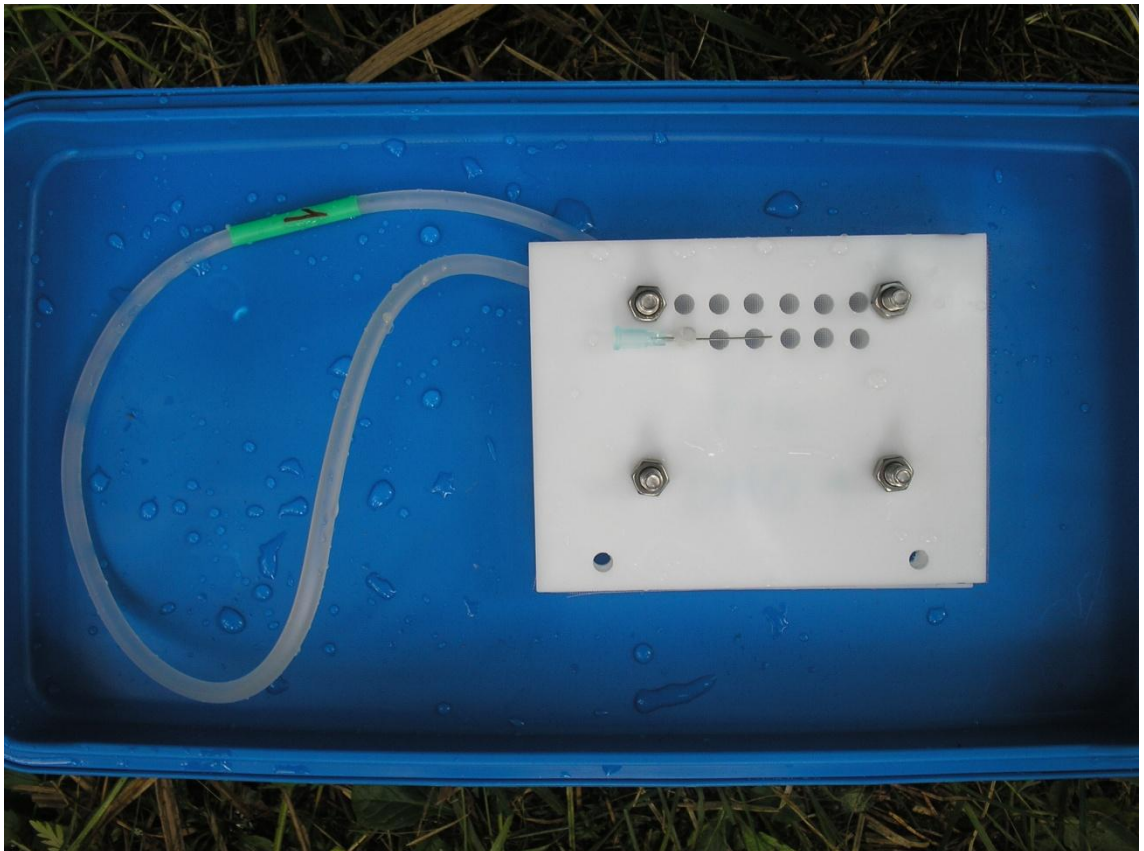
Příloha 3: Část studované lokality pro *in situ* expozice; © Michaela Galová



Příloha 4: Digitální multimetr WTW Multi 3420 pro potřeby měření fyzikálních parametrů intersticiální vody; © Michaela Galová



Příloha 5: Ukotvení Buddensiekovi destičky pro expozici jedinců ve volné vodě; © Jan Švanyga



Příloha 6: Buddensiekova destička připravená pro umístění na lokalitu; © Michaela Galová



Příloha 7: Umístění a zajištění trvalé sondy pro odběr intersticiální vody; © Jan Švanyga



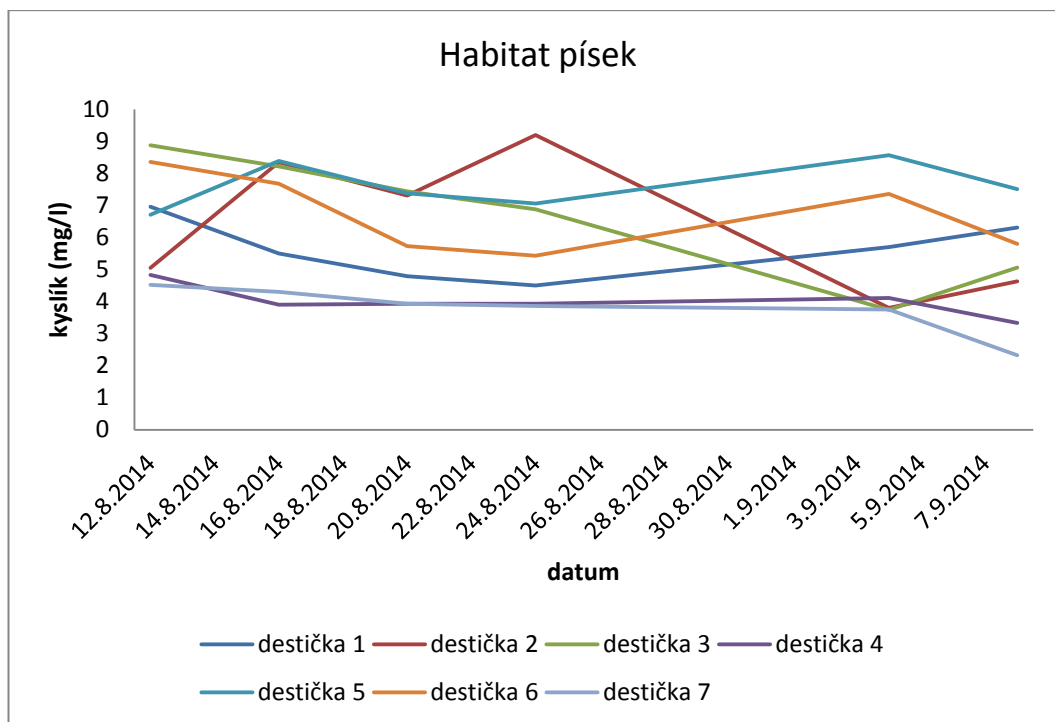
Příloha 8: Monitoring exponovaných destiček na lokalitě; © Jan Švanyga



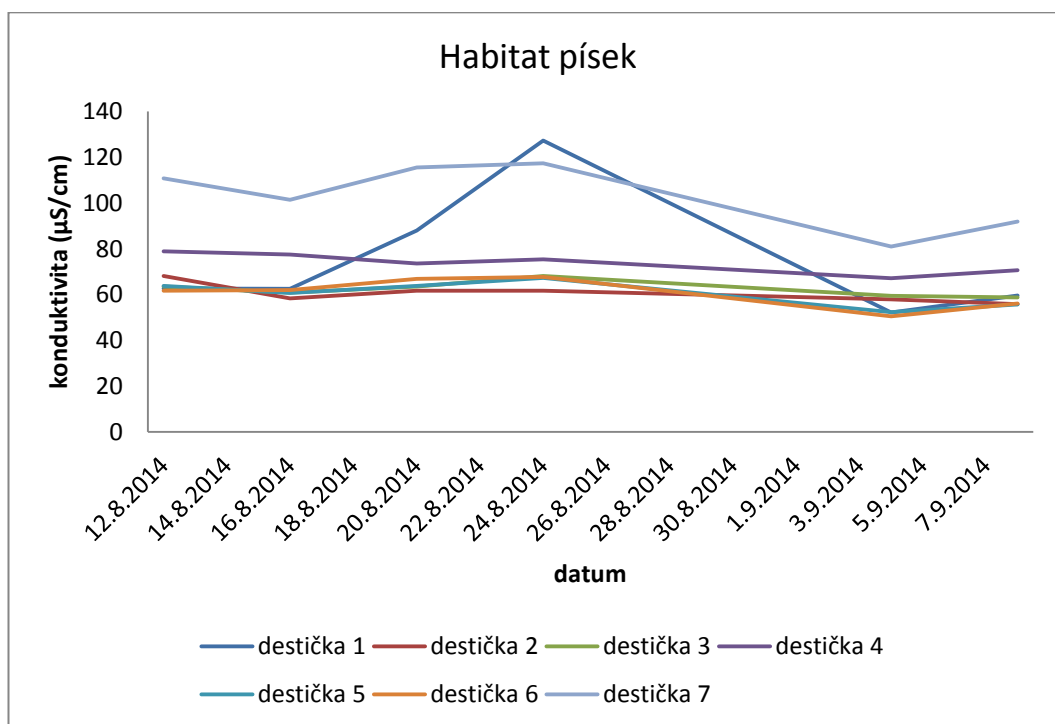
Příloha 9: Dokumentace měření přírůstků juvenilních jedinců. Program ImageJ 1.42q. © Michaela Galová.



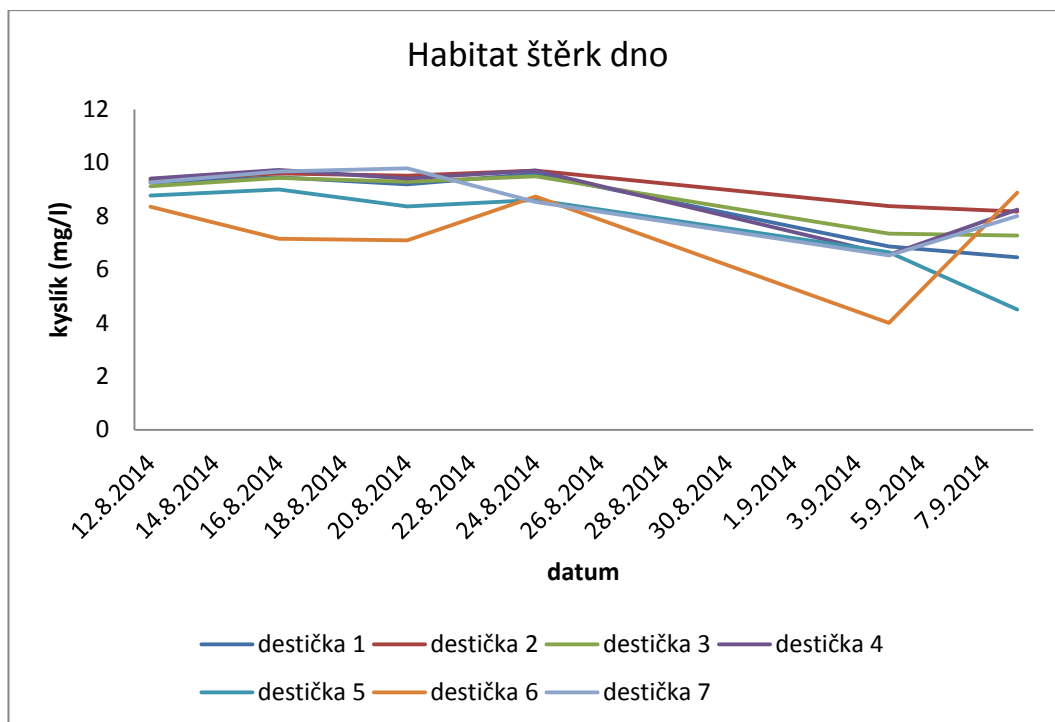
Příloha 10: Uložení Buddensiekovi destičky pro expozici jedinců v říčním sedimentu; © Ondřej Simon.



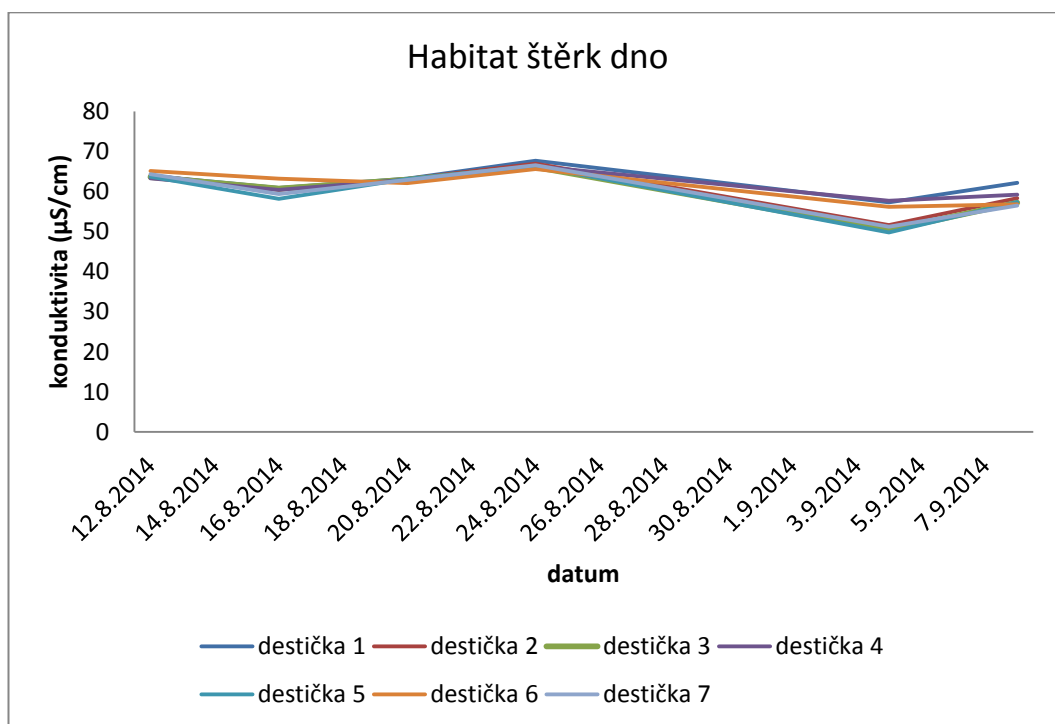
Příloha 11: Koncentrace O₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu písek.



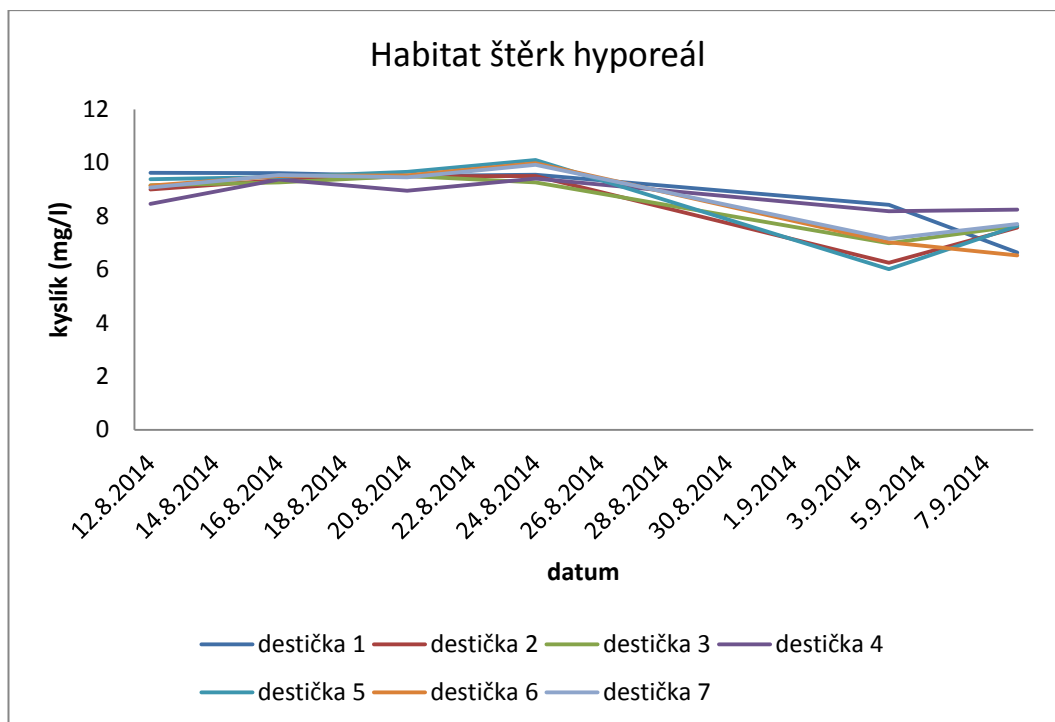
Příloha 12: Průběh hodnot konduktivity (µS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu písek.



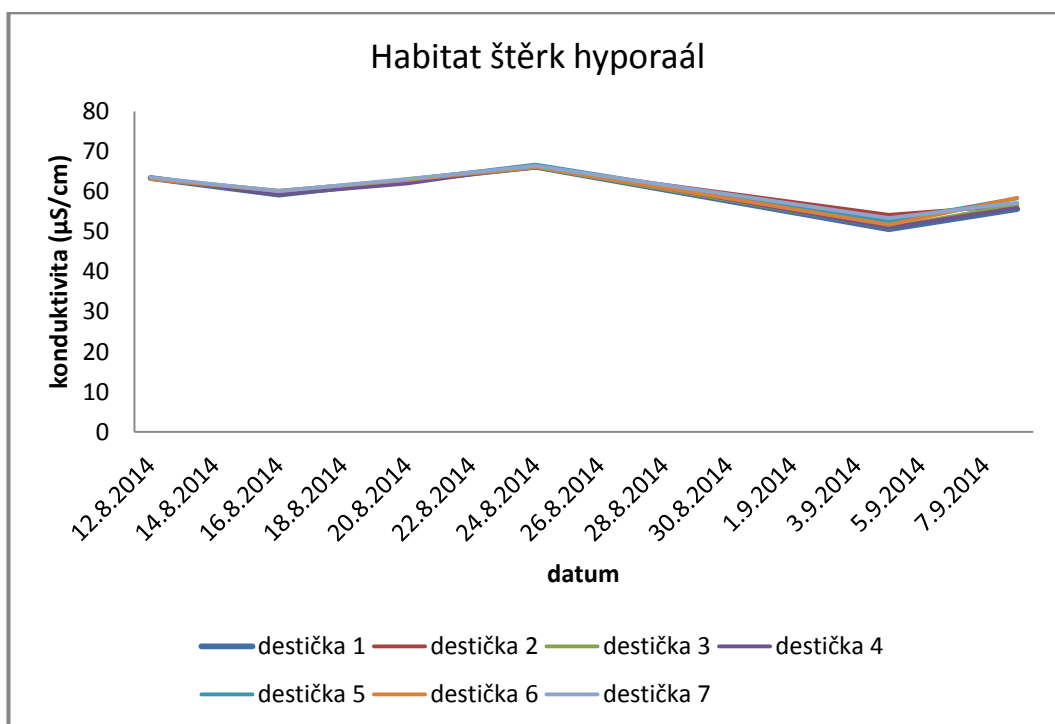
Příloha 13: Koncentrace O₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk dno.



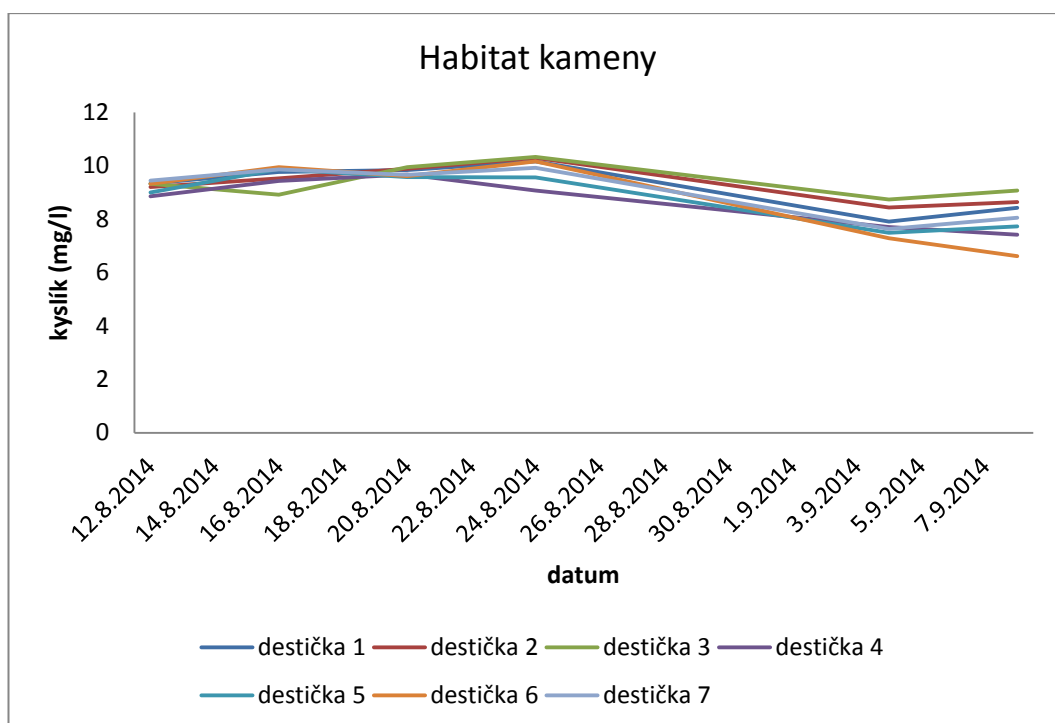
Příloha 14: Průběh hodnot konduktivity (µS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk dno.



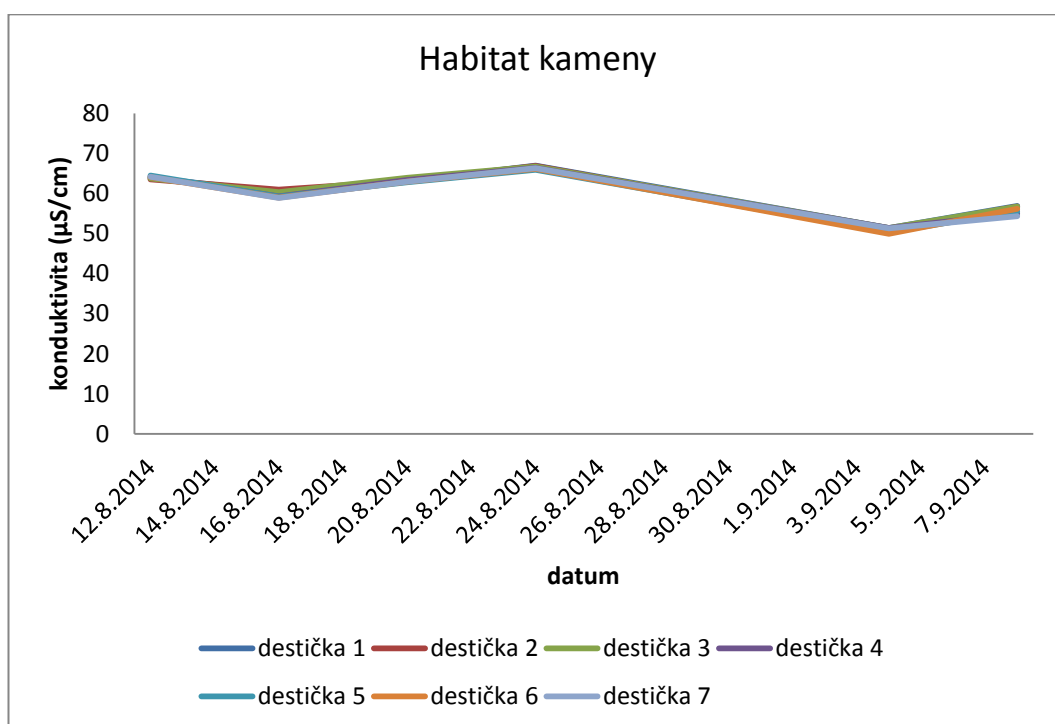
Příloha 15: Koncentrace O₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk hyporeál.



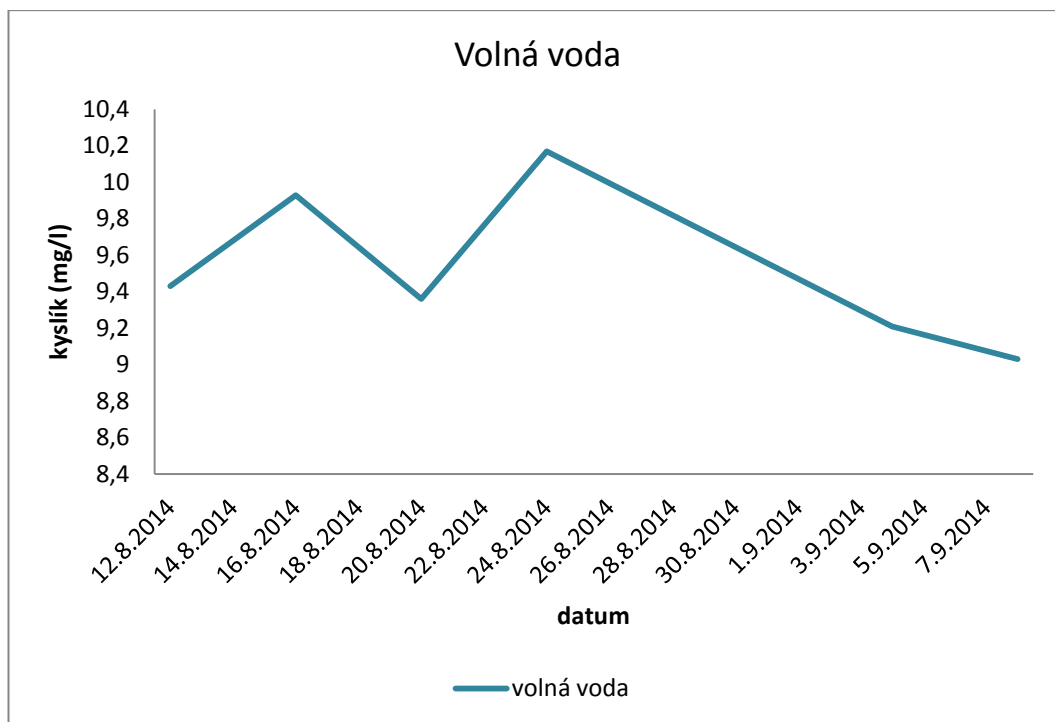
Příloha 16: Průběh hodnot konduktivity (µS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu štěrk hyporeál.



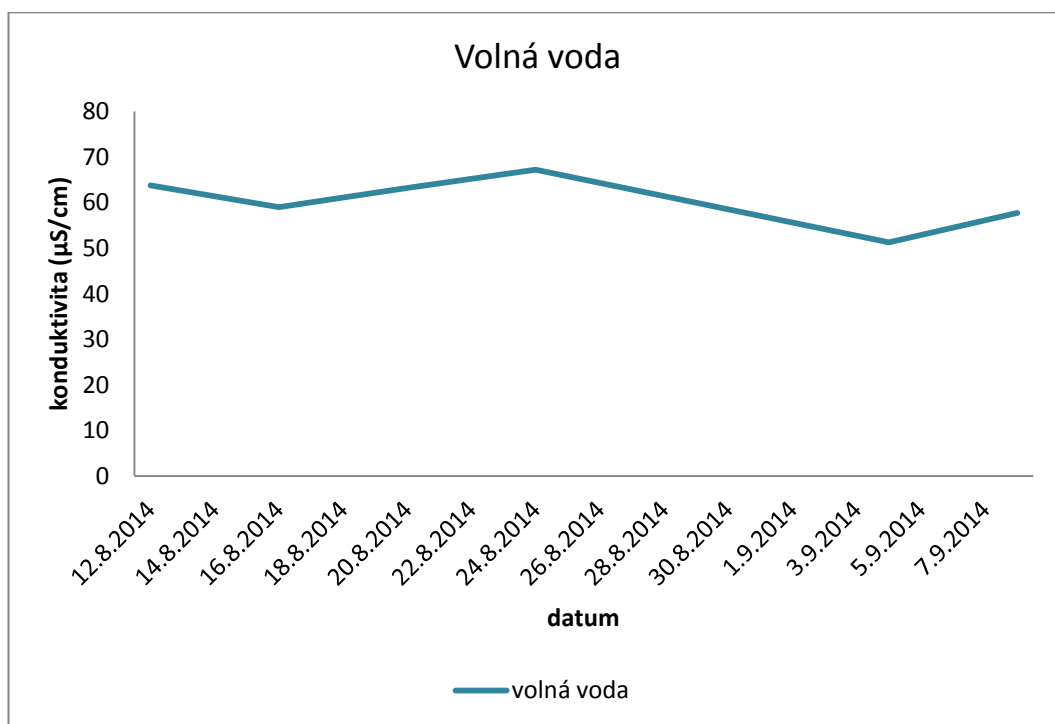
Příloha 17: Koncentrace O₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky v habitatu kameny.



Příloha 18: Průběh hodnot konduktivity (µS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu kameny.



Příloha 19: Koncentrace O₂ (mg/l) pro jednotlivé destičky ve volné vodě.



Příloha 20: Průběh hodnot konduktivity (µS/cm) pro jednotlivé destičky v habitatu volné vody.