



MASARYKOVA UNIVERZITA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV BOTANIKY A ZOOLOGIE



Potenciál dna vysychavých toků pro obnovu populací vodních bezobratlých po obnovení průtoku

Diplomová práce

Jindřich Havelka

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

Brno 2016

Bibliografický záznam

Autor:	Bc. Jindřich Havelka Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Ústav botaniky a zoologie
Název práce:	Potenciál dna vysychavých toků pro obnovu populací vodních bezobratlých po obnovení průtoku
Studijní program:	N-EB Ekologická a evoluční biologie
Studijní obor:	UB Učitelství biologie pro střední školy, UZ Učitelství geografie a kartografie pro střední školy
Vedoucí práce:	RNDr. Petr Pařil, Ph.D.
Akademický rok:	2017/2018
Počet stran:	74+11
Klíčová slova:	vysychavé toky, bezobratlí, abundance, rezistence, perzistence, abiotické faktory, semenná banka, odchov

Bibliographic Entry

Author: Bc. Jindřich Havelka
Faculty of Science, Masaryk University
Department of botany and zoology

Title of Thesis: Potential of intermittent stream bed sediment for recovery of aquatic macroinvertebrate populations after flow resumption

Degree programme: N-EB Ecological and Evolutionary Biology

Field of Study: UB Upper Secondary School Teacher Training in Biology, UZ Upper Secondary School Teacher Training in Geography and Cartography

Supervisor: RNDr. Petr Pařil, Ph.D.

Academic Year: 2017/2018

Number of Pages: 74+11

Keywords: Intermittent streams, invertebrates, abundance, resistance, persistence, abiotic characteristics, seedbank, rearing

Abstrakt

Cílem této práce bylo studium životních strategií a přežívání vodních bezobratlých v sedimentu dna vyschlého toku, kteří ho jsou po obnovení průtoku schopni znovu osídlit. Na modelové lokalitě opakovaně vysychajícího toku, dlouhodobě sledovaného v rámci projektu BIOSUCHO, bylo v létě 2016 odebráno 10 mezohabitatů vyschlého dna dle jejich proporciálního zastoupení (každý o objemu cca 6 litrů). Ze třetiny odebraného vzorku byly vytříděny aktuálně přežívající bezobratlí (část A), druhá třetina vzorku pak byla zavodněna a kultivována po dobu více než 2 měsíců v laboratoři, během kterých byli při kontrolách ze vzorků odebírání odchovaní jedinci (část B) a nakonec byl přebrán odchovaný vzorek (část C). Poslední třetina vzorku sedimentu pak byla využita na granulometrické analýzy ke zjištění podílu různých frakcí sedimentu (1. a 3. kvartil, medián, podíl zrna <1 mm) a stanovení obsahu vody.

Následně byla testována korelace měřených abiotických proměnných s abundancí a počtem taxonů vodních bezobratlých přítomným na počátku experimentu (A) a těch, kteří byli nalezeni v jeho průběhu (B+C). S výjimkou slabší pozitivní korelace počtu dnů vyschnutí k abundanci jedinců z částí (A+B+C) a (B+C) nebyl zjištěn žádný signifikantní vztah k charakteristikám habitatu. Dále bylo porovnáno, jaká část společenstva vodních bezobratlých zjištěná v jarních a podzimních vzorcích za běžného průtoku byla schopna přežít vyschnutí v sedimentu jako životaschopní, makroskopicky patrní jedinci (A) nebo obohatit společenstvo vylíhnutím ze sedimentu (B+C). Zatímco taxonomické složení jedinců přítomných v sedimentu již při odběru (A) vykazovalo oproti nově nalezené části taxonů (B+C) téměř 3x větší schodu se složením jarního společenstva (22 % oproti 7 %), podobnost částí (A) a (B+C) s taxonomickým složením podzimních odběrů byla výrazně vyšší (34 %, respektive 17 %). Celkově lze říci, že taxony přežívající ve dně vyschlého toku tvoří významnou část (cca 50 %) podzimního společenstva, nalezeného po znovuzaplavení toku. Sedimenty v korytech vyschlých toků proto výrazně přispívají k dlouhodobé perzistenci vodních bezobratlých *in situ*.

Abstract

The aim of this thesis was study of life strategies and surviving of aquatic invertebrates in dry streambed sediments, which are capable to recolonize river after the flow resumption. 10 samples of dry bed from different habitats (each of ca 6 litres) were taken proportionally to its representation on site from the intermittent stream (monitored in BIODROUGHT project). Visible surviving macroscopic invertebrates were sorted from the first third of each sample (part A). Second third was hydrated and cultivated more than 2 months in a laboratory, where only visible individuals were removed out through periodic inspections (B) and all were sorted from sediment at the end of experiment (C). Last third of each sample was used for granulometric analysis to determine proportion of different sediment fraction (1st and 3rd quartile, median and proportion of grains <1 mm) and water content in sediment.

Correlation of abiotic variables with abundance and number of taxa of aquatic invertebrates, that were present at the beginning of experiment (A) and those sorted out during its course (B+C) was tested afterwards. There was found no significant correlation to habitat characteristics, except for weaker positive correlation between number of dry days and abundance of individuals from parts A+B+C and separately B+C. Furthermore, taxonomic composition of invertebrate community from dry sediments was compared to spring and autumn samples taken during flow phase to deduce which part of community is capable to survive in sediment as viable, macroscopically visible individuals (part A) or enrich community by hatching from sediments (part B+C). Taxonomic composition of community present at experiment beginning (A) match three times more with composition of spring samples than taxonomic overlap found exclusively for part B+C (22 % comparing to 7 %). The overlap of both parts (A) and (B+C) with taxonomic composition of autumn samples was remarkably higher (34 % and 17 % respectively). It can be concluded that taxa surviving in streambed of dry rivers comprise remarkable part of autumn community (ca 50 %), which was found after flow resumption. Sediments in channels of dried streams thus considerably contributes to long term persistence of aquatic invertebrates *in situ*.



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Jindřich Havelka**
Studijní program: **N-EB Ekologická a evoluční biologie**
Studijní obor: **Učitelství geografie a kartografie pro střední školy**
Učitelství biologie pro střední školy

Ředitel Ústavu botaniky a zoologie PŘF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje diplomovou práci s tématem:

Potenciál dna vysychavých toků pro obnovu populací vodních bezobratlých po obnovení průtoku

Potential of intermittent stream bed sediment for recovery of aquatic macroinvertebrate populations after flow resumption

Oficiální zadání:

Jedním z předpokládaných dopadů probíhající klimatické změny na území ČR je zvyšování četností výskytu klimatických extrémů, v letním období lze proto očekávat zvýšené riziko výskytu sucha, které se na menších vodních tocích může projevit úplným vymizením povrchového toku. Jelikož byly na našem území dopady vysychání toků na makrozoobentos podrobně zkoumány v rámci projektu BIOSUCHO, jsou k dispozici informace o složení společenstev bezobratlých, která je obývají. Mechanismy umožňující osídlení takto narušených toků však detailně studovány nebyly. Obecně lze říci, že pro dlouhodobé přežití ve vysychavém toku je nutná buď schopnost přežít období sucha přímo na lokalitě, a/nebo schopnost rychlé rekolonizace znovuzaplavených habitatů. Popis mechanismů přežívání suché periody je zcela zásadním předpokladem pro plné pochopení selekčních tlaků, které při vyschnutí působí jak na jednotlivé taxony, tak i společenstva, která se v důsledku toho postupně mění. Výzkum potenciálu svrchních vrstev hyporeálu, coby refugia pro tyto organismy v období sucha, je proto hlavním tématem této práce. Jejimi cíli jsou:


- a) shrnout dostupné informace o výskytu vodních bezobratlých v hyporeálu vysychavých toků v dostupné literatuře a tyto informace porovnat se seznamem taxonů nacházejících se v databázových záznamech z vysychavých toků včetně těch, které byly vzorkovány v rámci projektu BIOSUCHO,
- b) pokusit se o odchov vodních bezobratlých ze sedimentů vytipovaných vysychavých toků. Experiment bude alternativně proveden přímo na lokalitě pomocí pro ten účel vyrobených odchovných zařízení a/nebo v laboratořích ÚBZ MU v simulovaných podmínkách,
- c) interpretovat získaný seznam odchovaných či odebraných taxonů nacházejících se ve svrchních vrstvách dna ve vztahu k délce vyschnutí substrátu, jeho zrnitosti a dalším měřeným proměnným. Na základě těchto informací odhadnout míru přežívání zjištěných taxonů ve vztahu k rozsahu a trvání vyschnutí toku.

Základní literatura:

- HERSHKOVITZ Y. & GASITH A., 2013: Resistance, resilience and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia* 719: 59-75.
- LAKE P. S., 2011: Drought and aquatic ecosystems: Effects and responses. Wiley-Blackwell, 400 pp.
- MUEHLBAUER J. D. et al., 2011: Macroinvertebrate community responses to a dewatering disturbance gradient in a restored stream. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 1771-1783.
- STUBBINGTON R. et al., 2009: The response of perennial and temporary headwater stream invertebrate communities to hydrological extremes. *Hydrobiologia* 630: 299-312.
- WILLIAMS D. D., 1980a: Temporal patters in recolonization of stream benthos. *Archiv für Hydrobiologia* 90(1): 56-74.
- WILLIAMS D. D., 1980b: Some relationships between stream benthos and substrate heterogeneity. *Limnol. Oceanogr.* 25(1): 166-172.
- WILLIAMS D.D. (1998) The role of dormancy in the evolution and structure of temporary waters. *Archiv für Hydrobiologie, Advances in Limnology*, 52, 109–124.
- WILLIAMS D. D., 2006: The biology of temporary waters. Oxford University Press Inc., New York, 348 pp.
- WILLIAMS D. D. & HYNES H. B. N., 1977: The ecology of temporary streams. II. General remarks on temporary streams. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* 62: 53-61.
- WILLIAMS D. D. & SMITH M. R., 1996: Colonization dynamics of river benthos in response to local changes in bed characteristics. *Freshwater Biology* 36: 237-248.

Jazyk závěrečné práce: čeština

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Petr Pařil, Ph.D.

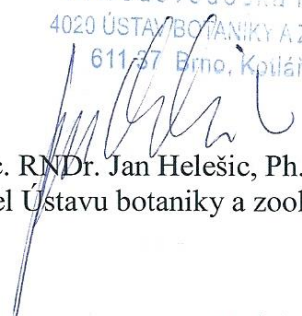
Podpis vedoucího práce: 

Konzultant: Mgr. Marek Polášek

Datum zadání diplomové práce: 30. 11. 2015

V Brně dne 30. 11. 2015

MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta
4020 ÚSTAV BOTANIKY A ZOOLOGIE
611 37 Brno, Koliářská 2


doc. RNDr. Jan Helešic, Ph.D.
ředitel Ústavu botaniky a zoologie

Zadání diplomové práce převzal dne: 30 -11- 2015

Podpis studenta



Poděkování

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří mi pomáhali s mou diplomovou prací. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Petru Pařilovi za vedení této práce, nebetyčnou trpělivost, korekci a nápad, díky kterému práce vůbec mohla vzniknout, tak za odbornou determinaci živočichů a všechn čas, který mi věnoval. Dále svému konzultantovi Marku Poláškovvi za cenné rady a připomínky, pomoc se zpracováním některých statistických analýz, také za nápady, které pomohly k vypracování nových výsledků a za determinaci jepic. Dále děkuji Vendule Poláškové, Michalovi Strakovi a Andremu van Nieuwenhuijzenovi za pomoc s determinací živočichů. Velký dík patří také paní laborantce Marcele Růžičkové za pomoc s laboratorní prací. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou/diplomovou/rigorózní práci vypracoval samostatně s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno 12. měsíce 2017

.....

Jindřich Havelka

Obsah:

1. ÚVOD.....	1
2. REŠERŠE	2
2.1. VYSYCHAVÉ TOKY A TYPY SUCHA	2
2.2. HYPORÉÁL JAKO REFUGIUM.....	4
2.3. HYPORÉÁL JAKO PERMANENTNÍ HABITAT	7
2.4. VLHKOST SUBSTRÁTU V REFUGIU	8
2.5. SEMENNÁ BANKA	9
2.6. HYPORÉOS	9
2.7. SPECIES TRAITS	10
2.8. VERTIKÁLNÍ MIGRACE.....	11
2.9. RESISTENCE, PERZISTENCE A RESILIENCE	12
3. SROVNATELNÉ STUDIE	13
4. METODIKA	16
4.1. CHARAKTERISTIKA TOKU	16
4.2. METODIKA EXPERIMENTU.....	20
4.2.1. GRANULOMETRIE	24
4.2.2. STANOVENÍ VLHKOSTI SUBSTRÁTU.....	25
4.2.3. FIXACE A PROMÝVÁNÍ MATERIÁLU	25
4.2.4. ODCHOV A PROMÝVÁNÍ MATERIÁLU.....	26
5. VÝSLEDKY.....	28
5.1. DĚLENÍ DLE FÁZÍ EXPERIMENTU	28
5.1.1. CELKOVÉ ABUNDANCE	28
5.1.2. POČTY TAXONŮ A JEDINCŮ	33
5.1.3. VZÁJEMNÉ VZTAHY ABIOTICKÝCH FAKTORŮ.....	37
5.1.4. ABIOTICKÉ FAKTORY A JEJICH VZTAH K CHARAKTERISTIKÁM SPOLEČENSTVA	39
5.2. DĚLENÍ DLE VZTAHŮ JEDINCŮ A TAXONŮ ODEBRANÝCH NA ZAČÁTKU EXPERIMENTU (A) A JEDINCŮ A TAXONŮ ODEBRANÝCH V PRŮBĚHU A NA KONCI EXPERIMENTU (B+C).....	40
6. DISKUZE	45
6.1. TAXONOMICKÉ SLOŽENÍ A ABUNDANCE.....	45
6.2. VZTAHY ABIOTICKÝCH FAKTORŮ A JEJICH VZTAH K BIOTĚ	48
6.3. PERZISTENCE, RESISTENCE A RESILIENCE SPOLEČENSTVA STUDOVANÉ LOKALITY	49
6.4. SROVNÁNÍ S VÝSLEDKY PODOBNÝCH STUDIÍ	52
7. ZÁVĚR	53
8. PEDAGOGICKÉ ZAČLENĚNÍ TÉMATU	55
9. ZDROJE.....	57

9.1.	LITERÁRNÍ ZDROJE.....	57
9.2.	INTERNETOVÉ ZDROJE:.....	64
10.	PŘÍLOHY.....	65

1. ÚVOD

Vzhledem k probíhajícím klimatickým změnám v České republice dochází často k extrémním výkyvům počasí, které se mohou projevovat výraznými suchy v letních měsících. Díky těmto suchům dochází často k vymizení povrchového průtoku především u menších toků. Vyschnutí povrchového toku má samozřejmě zásadní dopad na společenstvo vodních bezobratlých, které se ve vodním toku nachází, a proto je nutno zmapovat tato společenstva a pochopit způsoby přežívání daných taxonů, či společenstev v různých refugiích, a to včetně povrchové vrstvy hyporeálu.

Tato práce se zabývá především dnem vysychavých toků a jejich potenciálem pro obnovu populací vodních bezobratlých (makrozoobentos) po znovuzaplavení toku. Jsou zde tedy řešeny mechanismy, které těmto společenstvům vodních bezobratlých umožňují přežít. Pochopení těchto mechanismů je základním předpokladem ke zjištění selekčních tlaků, které působí na jednotlivá společenstva, a která se díky těmto dlouhodobým tlakům mění. Práce vychází z již dříve provedených výzkumů v rámci projektu BIOSUCHO, které se týkaly dopadu vysychání toků na makrozoobentos vzorkovaný během zavodnění toku. Informace o složení společenstev, které tento habitat obývají během běžného průtoku, jsou tedy k dispozici pro srovnávání se stavem během vyschnutí.

Na základě těchto informací byly stanoveny tři hlavní cíle práce. V první řadě provést rešerši dostupné literatury zabývající se problematikou bezobratlých v hyporeálu vysychavých toků a získané informace porovnat se seznamem taxonů nacházejících se v databázových záznamech z vysychavých toků, včetně těch, které byly vzorkovány v rámci projektu BIOSUCHO. Dále provést odchov vodních bezobratlých ze sedimentů vytipovaného vysychavého toku. A v neposlední řadě interpretovat získaný seznam odchovaných či odebraných taxonů nacházejících se v hyporeálu ve vztahu k abiotickým faktorům mezohabitatů. Na základě těchto informací odhadnout míru přežívání zjištěných taxonů ve vztahu k rozsahu vyschnutí toku a délky jeho trvání. Následně pak porovnat v hyporeálu žijící společenstvo s tím, které je známo z období stálého průtoku a odvodit tak mechanismy, které jednotlivé taxony používají k překonání suché epizody.

Byly položeny čtyři základní otázky, na které se práce pokusí odpovědět, a to:

1. je prostorová distribuce rezistentních stádií v „semenné bance“ rozdílná v různých habitatech vyschlého dna
2. má složení „semenné banky“ jako zdroje pro rekolonizaci vztah k charakteru substrátu a délce vyschnutí
3. jaká je schopnost k suchu rezistentních stádií vyvíjet se během laboratorní kultivace během 2 měsíců
4. které druhy přežívají sucho v „semenné bance“ (rezistence) a které tok vždy znovu rekolonizují (resilience)

2. REŠERŠE

2.1. VYSYCHAVÉ TOKY A TYPY SUCHA

Dočasné toky, tedy ty, které opakovaně přestávají téct, kvůli nedostatku vody jsou v celkovém počtu světových toků hojně zastoupeny (LARNED et al. 2010). Lze je charakterizovat jako toky, ve kterých došlo k přerušení průtoku nebo k vyschnutí některého úseku toku v kterékoli roční době (ACUÑA et al. 2014, DATRY et al. 2014). Povrchový a podpovrchový odtok jsou spolu s podzemní vodou (v závislosti na propustnosti dna) hlavním faktorem ovlivňujícím aktuální množství vody v tocích. V menší míře ovlivňují množství vody také srážky, jejichž množství je podstatné zejména z dlouhodobějšího pohledu. Různé typy vodních útvarů jako například periodické tůně mimo říční nivu jsou ovšem na srážkách existenčně závislé (LAKE 2011). Dle monografie LAKE (2011) lze vodní toky rozdělit na dva typy: Permanentní, ve kterých je voda přítomna stále, a temporární, ve kterých se voda vyskytuje pouze dočasně. Temporární toky se pak dělí na efemerní, episodické a intermitentní. Efemerní toky mají pouze občasný a nepředvídatelný přísun vody, a voda se v nich udrží jen po velmi krátkou dobu. Episodické toky mají přísun vody také velmi ojedinělý, ale voda se v nich může držet celé měsíce, dokonce i roky (LAKE 2011, WILLIAMS 2008). DATRY (2016a) rozděluje intermitentní vodní tělesa na periodicky vysychající a neperiodicky vysychající. Přičemž u periodicky vysychajících toků lze předpokládat dobu úbytku povrchové vody či dobu úplného vyschnutí. Naopak u neperiodicky vysychajících toků záleží především na množství srážek,

kteřé dopadly v průběhu několika sezón, není zde tedy možné předpovědět dobu vysychání (LAKE 2003). Příkladem episodických vodních těles mohou být v případě dlouhotrvajícího sucha i běžné permanentní vodní nádrže (CHASE 2003). Suchá období jsou zásadní také pro systémy, které jsou na podzemní vodě existenčně závislé, například krasové toky (MEYER et al. 2003).

V efemerním a episodickém typu vysychavých toků je velmi těžké rozpoznat, ve kterém období nastane hydrologické sucho. To je způsobeno právě komplikovanou předvídatelností zaplavení těchto toků, v důsledku toho, že tyto typy toků se nachází většinou v semiaridních oblastech s velkou nahodilostí srážek. V případě periodicky vysychavých intermitentních vodních toků lze předvídat, kdy přijde období zaplavení po větším přísunu srážek, a zároveň také období sucha, způsobené nižším úhrnem srážek a vysokým výparem v důsledku vyšších teplot (LAKE 2011).

Vysychání toků je hydrologická disturbance, která ovlivňuje převážně negativně všechny vodní organismy. Sucho se dá definovat spoustou způsobů, například American Heritage Dictionary (1976), definuje sucho takto: „dlouhé období bez deště, odehrávající se převážně ve vegetačním období“. Funkční definice se snaží o identifikaci počátku, závažnosti a ukončení suchých epizod.

Jedním z příkladů, jak nahlížet na sucho, je jeho dopad na antropogenní aktivity nebo ho můžeme studovat v rámci klimatických jevů. Suchá období vyvolává většinou velká evapotranspirace a nízký počet srážek především v létě nebo i na konci jara. V mediteránních oblastech jsou suchá období vázána na určité části roku, tato období se opakují, je tedy možné je časově předvídat a označujeme je jako sezónní vysychání (LAKE 2003).

LAKE (2011) uvádí, že existuje pět forem sucha: meteorologické nebo klimatologické, hydrologické, zemědělské, ekologické a socioekonomické.

Meteorologické sucho je v podstatě projevem nepříznivého stavu atmosféry, kdy se v určité části roku objeví méně srážek, než se ve skutečnosti očekávalo. Určujícími faktory jsou časoprostorové rozložení a množství srážek, rychlost větru, intenzita slunečního záření a evapotranspirace (WILHITE & GLANTZ 1985, LAKE 2011).

Zemědělské sucho je definováno nedostatkem půdní vláhy pro růst rostlin v určité fázi jejich vývoje. Záleží na přísunu dešťových srážek, ale také na schopnosti půdy udržet vodu (WILHITE & GLANTZ 1985, LAKE 2011, WILHITE & BUCHANAN-SMITH 2005).

LAKE (2011) uvádí ekologické sucho, které se objevuje až v posledních letech. Je definováno jako nedostatek vody, který působí stres fauně a floře v určitém ekosystému. Uvádí také, že na rozdíl od zemědělského sucha, postrádá ekologické sucho specifické indexy k jeho kvantifikování.

Socioekonomické sucho je stav, kdy díky nedostatku vody není uspokojena lidská potřeba (být dostatečně nasycen vodou) a jsou ovlivněny některé lidské aktivity a odvětví. Je podmíněno lidskými požadavky pro průmyslové a zemědělské využití, včetně zásobování obyvatel, popřípadě pak k jejímu uchování v zásobárnách, jako jsou například nádrže (WILHITE & GLANTZ 1985, LAKE 2011).

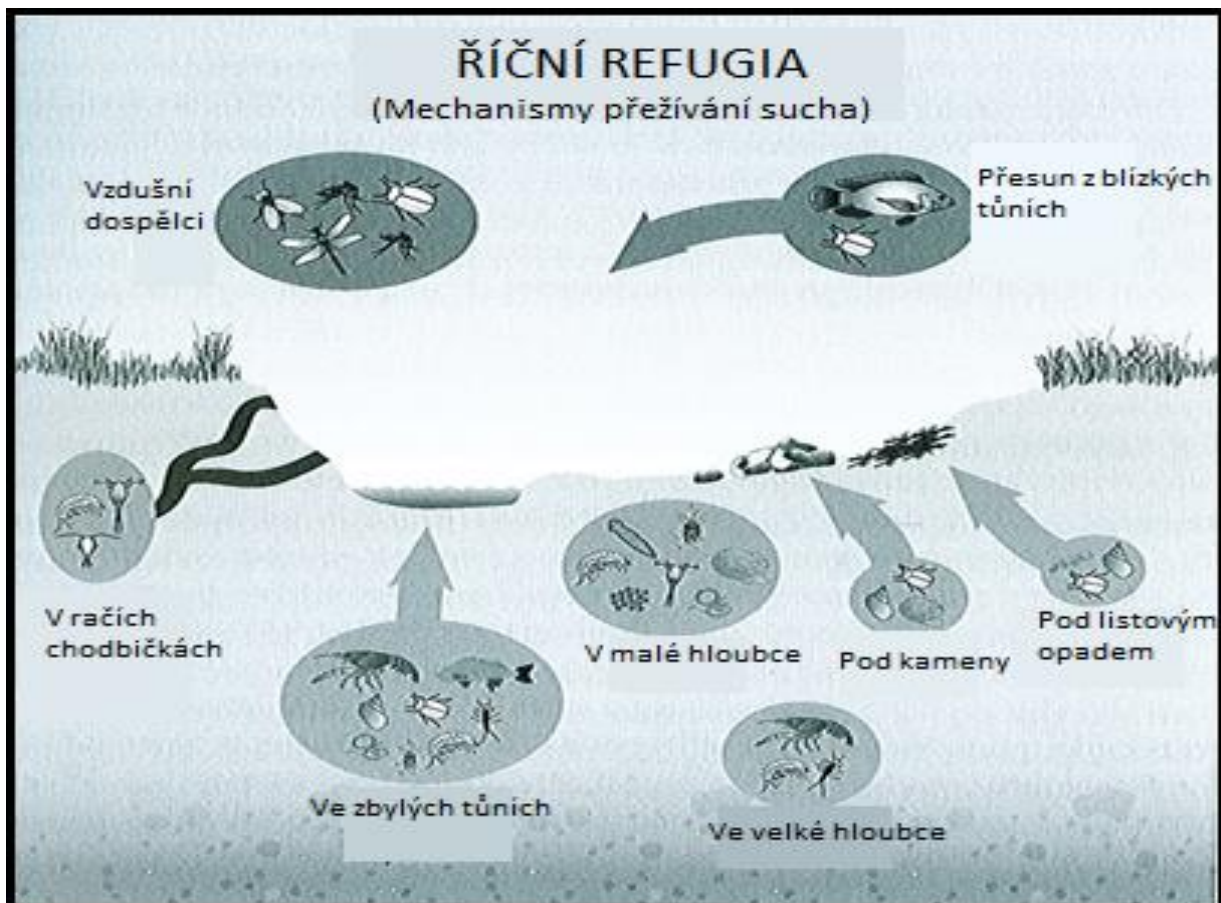
Jedním z typických projevů sucha je pokles hladiny vodního toku. Hydrologické sucho je intenzivně studováno s pomocí analýzy údajů z hydrologických stanic, umístěných obvykle na větších tocích. Nízké nebo nulové průtoky mají závažné dopady na přežití živých organismů (bioty), to ovlivňuje kvalitu vody i okolní ekosystémy (ZAHRÁDKOVÁ et al. 2015). Hydrologické sucho nastává ve chvíli, kdy množství srážek je nedostačující k tomu, aby se v určité oblasti udržela povrchová voda. Dochází také ke ztrátě podpovrchových vod, jejichž pokles může trvat řádově měsíce či léta (WILHITE & GLANTZ 1985, LAKE 2011, TALLAKSEN et al. 2004). WHIPPLE (1966) definuje hydrologické sucho jako rok, kdy celkový odtok (z povodí) je menší než dlouhotrvající průměrný odtok. Hydrologické sucho může být však způsobeno i nadměrným odběrem vody v obdobích, kdy je méně srážek, tedy antropogenní činností (HEIM 2002).

2.2. HYPOREÁL JAKO REFUGIUM

ORCHIDAN (1959) označuje hyporeál jako místo dna toku na rozhraní mezi podpovrchovým a povrchovým tokem vody. STUBBINGTON (2012) nadále upřesňuje, že se jedná o ekoton, ve kterém dochází k mísení povrchové a podpovrchové vody, pohybu organické složky, živin a také aktivnímu nebo i pasivnímu pohybu organismů. Úkryt v hyporeálu je jedním ze tří základních strategií přečkání suché disturbance (dále pak únik např. do zbytkové tůně, a následný návrat (resilience) nebo vytvoření suchu rezistentních stádií, jako

jsou vajíčka), které ve své práci uvádí DATRY (2017). Fauna, která se zde vyskytuje je označována jako hyporeos (WILLIAMS & HYNES 1974). Hyporeál může být využit jako habitat, fungující jako refugium pro hyporeos i bentické organismy, které mají potřebu vyhnout se disturbancím, jež mohou nastat při různých hydrologických událostech, jako je např. sucho nebo povodeň. Po přečkání disturbance pak může dojít ke zpětné rekolonizaci (PRYCE 2011, STUBBINGTON & WOOD 2013). Hyporeál dává bentickým druhům větší šanci přežití disturbance, která je jim umožněna díky vertikální migraci (PALMER et al. 1992). Refugia v hyporeálu se vyznačují typickou hydrologickou a teplotní stabilitou, která je většinou umožněna stabilní komunikací se spodními vodami pod korytem. Tento fakt dělá z refugí v hyporeálu jedinečný úkryt před disturbancí způsobenou vyschnutím toku, která bývá často doprovázena nežádoucím zvyšováním teplot (STUBBINGTON 2012, STUBBINGTON & WOOD 2013, VANDER VORSTE et al. 2016b). VADHER et al. (2015) zmiňuje, že pro hyporeál je limitující charakter sedimentu, neboť při suché disturbanci může dojít k sedimentaci jemných částic v intersticiálních prostorech. Dochází tedy k nepropustnosti hyporeální vrstvy a k celkovému ucpání těchto prostor. STUBBINGTON (2012) pak dodává, že zásadní je i množství kyslíku, neboť pokud dojde k zanesení hyporeální vrstvy, a tedy ztrátě kontaktu hyporeálu s vnějším prostředím, nemůže pak docházet k průniku organismů, ale ani k průniku kyslíku. Množství kyslíku v hyporeálu je všeobecně poměrně nízké, s hloubkou navíc jeho koncentrace ještě více klesá.

Častou strategií vodnic bezobratlých, jak se vyhnout vyschnutí, je jejich schopnost vyhledání refugí v chodbách raků (BOULTON & LAKE 1992) nebo v mělkých či hlubších sedimentárních vrstvách dna (STANLEY et al. 1994). Při absenci refugií dochází při jednotlivých disturbancích k výraznému úbytku taxonů. Refugia proto hrají důležitou roli při podpoře rekolonizačních schopností taxonů po odeznění disturbance (WALTERS 2011). LAKE (2011) uvádí názorné schéma typů refugií v toku a k nim přiřazuje jednotlivé představitele využívající těchto refugií. V rámci dnešních výzkumů je vyhledání refugia v hyporeálu, coby ochrany proti disturbanci (nejen suché disturbanci) daleko zásadnější než v původních pracích. A to hlavně z toho důvodu, že organismy obývající intermitentní toky jsou v těchto refugiích schopny přežít poměrně dlouhou periodu. Navíc po skončení této disturbance jsou pak schopné rychlého zotavení a následné rekolonizace (VANDER VORSTE et al. 2016b). V dřívějších výzkumech byl předpoklad sukcese přežití suché disturbance vázán spíše na schopnosti pasivního nebo aktivního driftu (BILTON et al. 2001).



Obr. 1: Typy refugií v australských tocích v chodbách raků, ve zbytkových tůň, létající dospělci, svrchní vrstvy dna, hluboké vrstvy dna, a skupiny, které je využívají (LAKE, 2011 - upraveno)

Ve schématu jsou vidět možnosti bentických bezobratlých při hledání úkrytu před vyschnutím, například: pod listím nebo kameny, případně zahrabání se do mělkého či hlubokého sedimentu. Druhy žijící u břehů hledají při disturbanci vyschnutím vodu v nejbližších zavodněných či alespoň vlhkých habitatech. Některé, například hmyzí taxony, aktivně samy vytvářejí refugia v podobě chodbiček larev v hyporeálu. Dalším typem refugia je část toku, která nebyla zasažena vyschnutím nebo uměle vytvořené habitaty vzniklé antropogenní činností, mezi které patří např. přehrady a menší umělé nádrže (LAKE 2011).

U vodních bezobratlých jsou velmi často využívána odlišná refugia v různých fázích životního cyklu. Např. larvy hmyzu se mezi habitaty přesouvají z volné vody do hyporeálu, a například některá vajíčka, larvy i dospělci hmyzu jsou schopni přežít vyschnutí i v místech, kde není dostupná tekoucí voda. Stačí jim dostatečná vlhkost prostředí (BOULTON 1989, STUBBINGTON & DATRY 2013). Ovšem hladina kyslíku zde hraje neméně důležitou roli a je tedy nutností, aby organismy v hyporeálu přežívající měly vyvinuté adaptace na nízké

koncentrace rozpuštěného kyslíku. Tím se rozumí například přijímání kyslíku celým povrchem těla, možnost dýchání vzdušného kyslíku skrz plastron.

2.3. HYPOREÁL JAKO PERMANENTNÍ HABITAT

Hyporeální zóna může být také využita jako habitat, který neslouží pouze jako refugium. Organismy, které se zde permanentně vyskytují, mohou dokončovat svůj životní cyklus právě v tomto habitatu, patří sem především zástupci meiofauny (DOLE-OLIVIER et al. 2000), specialisti podzemních vod (ROBERTSON et al. 2009) nebo například první larvální instary (WILLIAMS 1984).

Fyzický habitat hyporeální zóny je značně heterogenní (ORGHIDAN 2010) a vzhledem k tomu, že zde dochází ke styku dvou různých habitatů, je poměrně komplikované charakterizovat hlavní složky hyporeální zóny, které napomáhají utváření místních společenstev. STUBBINGTON (2012) ve své práci charakterizovala několik základních charakteristik tohoto habitatu:

Složení sedimentů, jedna z důležitých charakteristik hyporeálu, která ovlivňuje pórovitost, propustnost a velikost intersticiálních prostor, je tedy limitujícím faktorem pro velikost této zóny. Zásadní je zde i stabilita substrátu, kdy substrát méně náchylný k erozi vykazuje bohatější faunu než substrát erozi podléhající.

Hydrologické vlastnosti, konkrétně výměna vody je zásadní proměnnou, výstupný (upwelling) nebo sestupný proud (downwelling) mohou totiž zásadně upravovat faunu v hyporeálu. Podzemní taxony, například malí koryši, Amphipoda nebo Isopoda obývají právě zóny s upwellingem, které mohou zvýšit hustotu a bohatost populací. Nadzemní části toků, kde žijí například zástupci Ephemeroptera, Trichoptera či Coleoptera, podléhají downwellingu, který ale rovněž může posílit abundanci a bohatost populací. Další charakteristikou ovlivňující hyporeál, je rychlost toku, která může negativně ovlivňovat například taxony, kterým chybí adaptace proti odnosu. Nicméně tato korelace je těžko prokazatelná a špatně kvantifikovatelná, což potvrzuje i WAGNER & BRETSCHEK (2002). Jiným ukazatelem, ovlivňujícím tento habitat, je pak stálost toku, která se opět negativně odráží v abundanci a bohatosti taxonů.

Kvalita vody je neméně zásadním faktorem, konkrétně pak například rozpuštěný kyslík, který se ukazuje jako zásadní pro kvalitu vody. V hyporeální zóně je hladina kyslíku nízká v porovnání s hladinou při dnu. S hloubkou koncentrace kyslíku klesá. STUBBINGTON (2012) uvádí, že pozitivní korelace mezi hladinou kyslíku a abundancí bezobratlých (mj. i jinými veličinami: hustota a bohatost taxonů, biomasa) již byla prokázána v několika pracích.

Posledním faktorem je pak vztah mezi složením sedimentů, hydrologickými vlastnostmi a kvalitou vody, neboť tyto veličiny se ovlivňují vzájemně. Například sedimenty budou určovat rychlost průtoku, stejně tak ale rychlost průtoku může ovlivnit sedimentární složení, protože tok je schopen odnášet jemnější částice.

2.4. VLHKOST SUBSTRÁTU V REFUGIU

Pro bezobratlé hledající refugium je zásadní vlhkost substrátu. Některé výzkumy (POZNAŇSKA et al. 2012) ukazují, že taxony jsou schopné přežívat částečné vysychání, ne však kompletní vyschnutí, zde je tedy patrná souvislost mezi odolností vůči suchu a vlhkostí substrátu. Vlhkost substrátu je tedy důležitá pro přečkání suché disturbance, pokud jsou tedy organismy adaptovány na průnik a přečkání v těchto prostorech. Adaptací se rozumí přizpůsobené končetiny k hrabání nebo například elastický tvar těla, který umožňuje průnik do intersticiálních prostor (STUBBINGTON & DATRY 2013, VANDER VORSTE et al. 2016b).

Je zřejmé, že čím delší bude suchá perioda, tím méně bude organismů v daném toku, zároveň se bude měnit i taxonomické složení, neboť většina organismů není fyziologicky přizpůsobená k déletrvajícimu suchu nebo kompletnímu vyschnutí (POZNAŇSKA et al. 2012). Rozdílné odezvy různých taxonů na vyschnutí vodního toku lze využít pro bioindikaci výskytu sucha, neboť organismy, které jsou suché disturbanci přizpůsobeny, v těchto podmínkách přežívají (STUBBINGTON 2012).

Zásadní faktory, které ovlivňují vlhkost substrátu, jsou srážky, teplota a vzdušná vlhkost, tedy klimatické faktory. Dále pak hrubost sedimentu a množství organické složky v něm, délka suché periody a v neposlední řadě také zastínění toku skrz opad listí nebo vegetační pokryv (STUBBINGTON & DATRY 2013). Zde je velký rozdíl mezi středomořskými a českými habitaty. Zatímco v našem prostředí je zastínění vegetačním porostem běžné, ve

středomořských oblastech tato vegetace většinou chybí a teploty vyschlého dna se pohybují mnohdy i na hranici 50 °C.

V rámci vlhkosti substrátu je rozhodující i velikost částic v sedimentu. Důležitá je především propustnost substrátu a velikost intersticiálních prostor, které jsou rozhodující pro pohyb a přežití bezobratlých (jemnozrnný substrát vydrží déle vlhký, naopak v hrubozrnném je větší pravděpodobnost rychlejšího vysychání). V hrubozrnných substrátech se budou vyskytovat zástupci makrozoobentosu, kdežto v jemnozrnných, například písčitých, budou převládat spíše zástupci mikrofauny (STUBBINGTON 2012).

2.5. SEMENNÁ BANKA

Jako pojem semenná banka (anglicky seedbank) bývají označována vývojová stádia makrozoobentosu, využívající sedimentů jako refugia, která jsou alespoň částečně rezistentní k disturbanci vyschnutím. Semenná banka obsahuje veškerá vývojová stádia vodních bezobratlých organismů, která ve vysychajícím toku zůstávají životaschopná. Patří sem larvy či dospělci, kteří reprezentují aktivní životní formy, ale i vajíčka nebo cysty, tedy dormantní životní formy (DATRY et al. 2012, STUBBINGTON & DATRY 2013). Po ztrátě povrchové vody dochází ke konstantnímu poklesu abundance a bohatosti semenné banky (STANLEY et al. 1994, DATRY et al. 2012), pokud ovšem nedojde k upwellingu a/nebo k dešti, který by udržel sedimenty vlhké (STUBBINGTON & DATRY 2013, VERDONSCHOT et al. 2015). Suprasezónní sucho dále také redukuje bohatost taxonů, které se dostanou za hranici sucha, jež ještě můžou snést. Zůstane zde pouze málo taxonů, tolerantních k úplnému vyschnutí (BOGAN et al. 2015).

2.6. HYPOREOS

Když při delší suché periodě vyschne již i zbytková tůň, tak si hodně taxonů (aktivně i pasivně) hledá úkryt v hyporeálu, který nabízí během suché periody stabilnější podmínky pro přežití, než habitat při povrchu (DATRY et al. 2017). Hyporeos je možno rozčlenit na stálý (permanentní) a příležitostný hyporeos, což je závislé na tom, zda se druhy vážou na hyporeál celým svým vývojovým cyklem nebo zda jej využívají jen některá vývojová stádia (WILLIAMS & HYNES 1974). Fauna hyporeosu se žije především tenkou vrstvou mikroorganismů (biofilm), která se nachází na povrchu substrátu. Největší hustoty dosahuje hyporeos během podzimu a zimy a nejnižší naopak v létě (FRASE & WILLIAMS 1998). Hyporeální fauna je složena většinou

z různých druhů korýšů (Crustacea), opaskovců (Clitellata), hlístic (Nematoda), vířníků (Rotifera), vodních roztočů (Hydrachnidia) a v neposlední řadě také z larev vodního hmyzu (BOULTON et al. 1998). K přežití v prostředí hyporeálu jsou nutné adaptace, které spočívají především v morfologických změnách organismů, například v dostatečně malých rozměrech (z tohoto důvodu zde převládá meiofauna nad makrofaunou), dále úzkém dlouhém těle a jeho ohebnosti, umožňující snadný pohyb v intersticiálních prostorách hyporeálu. Dále je důležitá efektivní výměna plynů s okolím, a ochranný exoskelet (vnější kostra) těla, který by měl být dostatečně tuhý, aby umožňoval průnik mezi částicemi sedimentu bez poškození (WILLIAMS & HYNES 1974).

Fauna v hyporeálu je existenčně závislá na podmínkách, které konkrétní typ sedimentu nabízí. Jedná se o velikost intersticiálních prostor, která musí být pro zde žijící organismy dostatečná (STRAYER et al. 1997). Z hlediska zrnitosti substrátu je možné předpokládat, že v zanesených prostorách nebo v prostorách s jemným pískem (obecně homogenním substrátem), budou tato refugia pro organismy téměř nedostupná (BOULTON 2003). Naopak s růstem heterogenity substrátu bude růst denzita jedinců i rozmanitost druhů, protože diverzifikovaný substrát nabízí větší ochranu jak v souvislosti s disturbancemi, tak i s predací (BROWN 2007). Dalším faktorem je množství rozpuštěného kyslíku, které zásadně omezuje prostorovou distribuci a hustotu organismů v této vrstvě, neboť většina živočichů, kteří zde žijí, preferují aerobní prostředí (potřebují k životu kyslík). Posledním zásadním faktorem je množství organického materiálu, který je využíván jako potrava (STRAYER et al. 1997).

2.7. SPECIES TRAITS

Vlastnost druhu (angl. species trait) je charakterizována jako přesně definovaná, měřitelná vlastnost organismu, měřená většinou na úrovni druhů, kterou lze použít pro převažující část taxonů napříč celým druhovým spektrem (McGILL et al. 2006). Obvykle jsou odlišovány biologické (biological traits) a ekologické (ecological traits) vlastnosti. Biologické vlastnosti jsou spojeny s biologickými charakteristikami jednotlivých zástupců druhu, tedy s jejich životním cyklem, fyziologickou a morfologickou charakteristikou, jako například maximální velikost těla, délka života, potravní a rozmnožovací strategie nebo typ pohybu organismu. Ekologickými vlastnostmi se rozumí habitatové preference, jako tolerance k pH, teplotě, organickému znečištění, či biogeografická distribuce taxonu apod.

Značnou výhodu proti suchu mají především druhy schopné se zahrabat, a tudíž schopné přečkat suchu ve vlhkém úkrytu, či ve vrstvě hyporeálu. Aktivní pohyb či jiné pohybové preference jsou také velmi zásadní vlastností, neboť organismy mají možnost se disturbanci suchem úplně vyhnout (MARMONIER et al. 2000, WALTERS 2011). Rozsáhlý výzkum zabývající se analýzou charakteristických vlastností pro bezobratlé ve vysychavých tocích provedla BONADA et al. (2007b). Byly zjištěny jedinečné druhové vlastnosti umožňující organismům vyskytujícím se v intermitentních tocích přežít nebo se suchu vyhnout. Mezi tyto vlastnosti patří například aktivní pohyb ve vzduchu, dýchání celým povrchem těla, popřípadě dýchání vzdušného kyslíku, případně pak tvorba dormativních stádií.

Velkou výhodou species traits je možná indikace sucha, neboť podobné vlastnosti zdánlivě různých taxonů, které jsou resistantní či dostatečně resilientní vůči suchu mohou sloužit k bioindikaci (VANDER VORSTE et al. 2016b).

2.8. VERTIKÁLNÍ MIGRACE

Hyporeál slouží bentickým i jiným taxonům jako refugium při různých disturbancích, proto právě bentické druhy využívají hyporeální vrstvy v rámci přežití při vyschnutí. JAMES et al. (2008) uvádí, že bentické druhy se vyskytují v hyporeálu i při neúplném vyschnutí. Hyporeál, který využívají migrující organismy jako refugium v průběhu disturbance, musí plnit několik zásadních podmínek. V první řadě nabídnout dostatečný prostor, vhodné množství potravy a hladiny kyslíku. V některých případech dochází i k nezáměrné neboli pasivní migraci do hyporeálu, například v případě povodní, kdy jsou organismy splaveny pod dno silným proudem vody. Zde pak ale může nastat zpětná situace, při které budou organismy vyplaveny z této vrstvy zpátky na dno. Jsou zde tedy značně zvýhodněny organismy schopné aktivního pohybu (STUBBINGTON 2012). Upwelling může být následně pak využit ke zpětné rekolonizaci. Zásadnější je ovšem opět možnost aktivního pohybu, kdy odolnější taxony přečkají suchou periodu a pak znovu kolonizují zavodněný tok. Sukcese zpětné rekolonizace je většinou provedena do měsíce (VANDER VORSTE et al. 2016a).

Při vysychání je ztelnější predační tlak a velká kompetice spojená s bojem o prostor, potravu nebo kyslík (STUBBINGTON 2012). Také se zvětšuje hustota populací na daném habitatu, což může být chápáno jako příprava na úplně vyschnutí (STUBBINGTON et al. 2011).

2.9. RESISTENCE, PERZISTENCE A RESILIENCE

V závislosti na tom, zda se disturbance v habitatech opakují a můžeme je dopředu předpokládat, nebo zda jsou zcela náhodné, lze popsat dva základní typy reakcí organismů na probíhající změny, tj. resistenci (odolnost) a resilienci (pružnost) (LAKE 2003, BROCK et al. 2003). Většina živočichů využívá k adaptaci na přežití disturbance vyschnutí kombinaci těchto reakcí (HERSHKOVITZ & GASITH 2013). Zásadním faktorem pro přežití vodních bezobratlých je dostupnost refugií a jejich charakteristiky (STUBBINGTON et al. 2009b). HUMPHRIES & BALDWIN (2003) uvádí, že refugia lze rozdělit do několika typů: fyzické refugium (habitaty), morfologické refugium (tvar orgánů nebo částí těla, popřípadě tvar těla samotného), fyziologické refugium (stanoviště odpovídající druhové fyziologii) a behaviorální (přežití druhu na základě adaptace v chování).

Resistance i resiliencie živočichů může do jisté míry odrážet tzv. „ekologickou paměť“, čili ovlivnění předchozími disturbancemi, který již musel druh v evoluční historii překonat. Tato paměť je následně zodpovědná za schopnost organismů okamžitě reagovat na probíhající disturbance, tedy za schopnost resistance (přežití v místě, kde k disturbance došlo). Naopak za následné zotavení populace druhu po skončení disturbance je odpovědná resiliencie (znovuosídlení disturbovaného místa z jiných lokalit). Při déletrvajícím vysychání se vytrácí schopnost resistance (protože druh již nedokáže dál přežívat), zatímco resiliencie nabývá na důležitosti. Déletrvajícím působením suché disturbance vytváří zcela odlišnou ekologickou paměť druhu, nežli krátké vyschnutí (LAKE 2011). Na základě disturbance se u organismů vyvinuly různé adaptační systémy, které umožňují jak resistenci, tak resilienci (STANLEY et al. 1994).

Resistenci můžeme rozdělit na dvě základní strategie (HERSHKOVITZ & GASITH 2013): (i) schopnost přečkat vyschnutí díky toleranci na tuto disturbance nebo díky úkrytu v refugiu nebo (ii) schopnost vyhnout se disturbance např. únikem do částí toku, které nejsou touto disturbance postiženy. DATRY et al. 2017 uvádí, že rezistentní mechanismy spočívají v toleranci extrémních fyzikálně-chemických podmínek a schopnosti vytvářet vysychání odolná dormativní stádia.

LAKE (2013) uvádí, že druhy, které mají nižší schopnost resistance vůči suchu, mají naopak silnější schopnost resiliencie. Z toho vyplývá, že po ukončení disturbance se odolné druhy fyziologicky zotaví a nastává rekolonizace toku např. zpětnou migrací z refugií mimo tok

i přímo v něm. Schopnost resilience je tedy schopností znovuosídlit tok společenstvem po ukončení suché disturbance (HERSHKOVITZ & GASITH 2013). K tomuto je zapotřebí, aby při počínající suché disturbanci byli jedinci schopní využít zbytkového proudu (popřípadě pozemních cest) a dostat se do částí toku, které nejsou postiženy vysycháním (DATRY et al. 2017).

Další možností rezistence může být únik do zbytkových tůň. Zde se především vyskytují aktivněji se pohybující zástupci bezobratlých, jako například brouci. Zároveň je zbytková tůň velmi důležitá pro organismy, které nemají možnost větší prostorové disperze, jako na příklad korýši (DATRY et al. 2017).

Pro potřeby experimentu byl definován ještě pojem perzistence. DATRY (2012) popisuje perzistenci jako schopnost organismů přežít periodu vysychání bez větších výkyvů. Dle WU (1977) je perzistence nutnou (základní) stabilitou, která musí ve společenstvu figurovat, aby v případě disturbancí, mohlo být toto společenstvo označeno za perzistentní. GRIMM & WISSEL (1996) uvádí, že perzistence společenstva závisí na výběru proměnných, kterými mohou být např. velikost populace nebo využití prostoru. Pro tuto studii byla perzistence definována jako schopnost taxonu setrvat a přečkat suchou periodu v životaschopné formě dospělého nebo larvy bez zjevné morfologické či fyziologické adaptace na vyschnutí. Oproti tomu rezistence byla definována jako schopnost taxonu přečkat suchou periodu ve formě suchu odolných makroskopicky nerozlišitelných životních forem (především tedy vajíček), u kterých lze tedy předpokládat adaptaci k suchu.

3. SROVNATELNÉ STUDIE

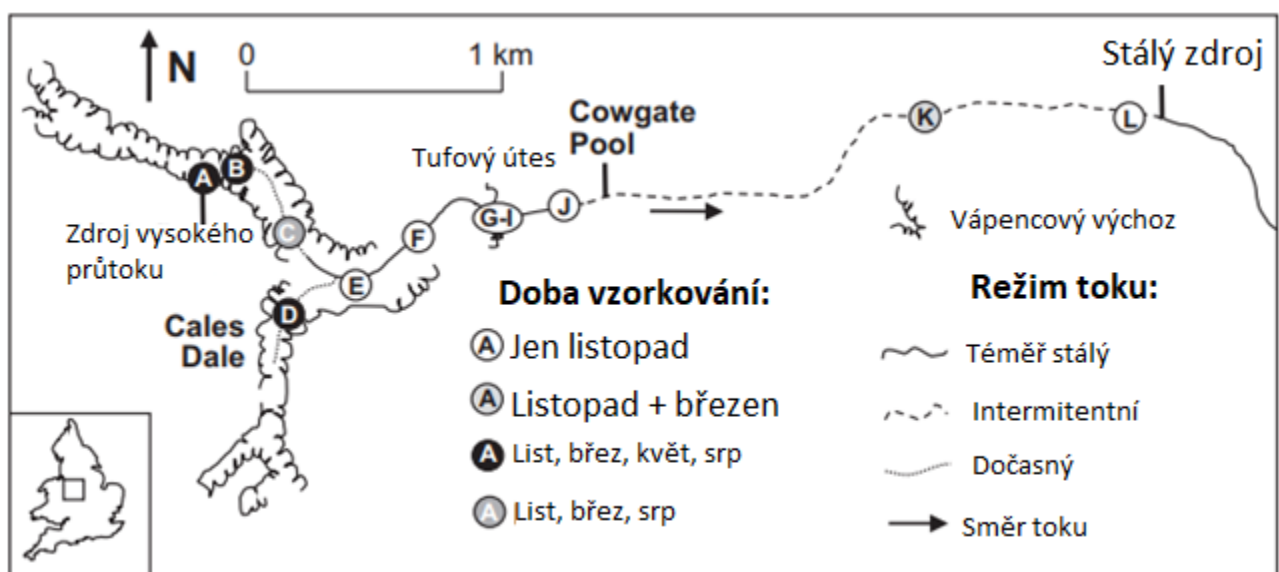
Bylo prokázáno, že stabilita průtoku ovlivňuje společenstva vodních bezobratlých více, než ostatní fyzikálně-chemické faktory. Díky tomu existuje signifikantní rozdíl v rozložení společenstev vodních bezobratlých mezi hlavním tokem a mezi přítoky (SMITH & WOOD 2002). Tyto přítoky bývají vystavovány větším hydrologickým extrémům, jako například vysychání (STUBBINGTON et al. 2009). Tyto extrémů mají vliv na strukturu bentických i hyporeálních bezobratlých (DATRY et al. 2007, SMITH et al. 2003). Většina doposud uveřejněných prací, které shrnuje STUBBINGTON et al. (2009) se týkala především mediteránních a aridních oblastí.

STUBBINGTON (2009) ve své práci pozorovala reakce vodních bezobratlých na vysychání toků ve východní Anglii, tedy v prostředí, které dosud nebylo z hlediska vlivu vysychání toků na společenstva vodních bezobratlých detailněji popsáno. Ačkoli někteří autoři (GAGNEUR & CHAOUI-BOUDGHANE 1991, BOULTON & STANLEY 1995) uvádějí, že pro využití hyporeálu jako refugia je nutný hrubozrnný substrát a zbytková zásoba vody ve dně, tak v této práci prokázala, že s vhodnými adaptacemi mohou společenstva využívat i jemnozrnný substrát, který je zásadní. Resistance a resilience, případně pak kombinace těchto dvou schopností je pro společenstva vodních bezobratlých v případě vysychání toků existenční záležitostí. V rámci této práce STUBBINGTON (2009) bylo provedeno i umělé znovuzaplavení vyschlého substrátu, které se zaměřovalo na stádia jedinců, která jsou proti dočasnému vyschnutí odolná. Tento pokus probíhal v přirozených podmínkách na lokalitě postižené suchou disturbancí. Na nevyschnuté části toku došlo po obnovení toku k náhlému úbytku abundance bezobratlých, kdežto na dočasně vysychavých částech toku se po rehydrataci sedimentu objevil značný počet taxonů vodních bezobratlých, kteří tento znovuzavodněný úsek začali rekolonizovat. Celkově bylo zaznamenáno 38 taxonů, z nichž taxon s největší abundancí byl Oligochaeta a taxon s největší druhovou bohatostí byl Chironomidae (Diptera). Tento experiment s rehydratací také prokázal přítomnost několika ne tak početných taxonů, a sice chrostík *Stenophylax* sp. a pošvatka *Nemoura* sp. Některé taxony, které se na zkoumaném toku běžně vyskytují, tedy například vodomil *Anacaena globulus* (Paykull, 1798) a potápník *A. guttatus* (Paykull, 1798), po skončení disturbance a následné rehydrataci nalezeny nebyly, to ovšem mohlo být způsobeno nízkou abundancí těchto druhů, nicméně i tyto druhy jsou známy svými adaptacemi na období vyschnutí. Některé druhy, například chrostík *Stenophylax permistus* (McLachlan, 1895) či pošvatky (*Nemouridae*) byly zaznamenány na tomto toku v částech, které pravidelně vysychají (WOOD et al. 2005). Výzkum prokázal, že taxony, které přežily disturbanci suchem a následně se ve vzorcích objevily i po rehydrataci, přežily nejen díky vyschnutí odolným vajíčkům, uloženým ve vrstvě sedimentů, ale také díky hyporeální vrstvě, které bylo využito jako refugia pro překonání disturbance suchem.

Další podobný experiment se zaměřil na souvislost vlhkosti sedimentu na suchém dně a taxonů obývajících tento habitat. STUBBINGTON & DATRY (2013) prokázali, že hustota společenstva neustále klesala ve třicetidenní periodě, avšak suchu odolnější taxony z čeledí

Chironomidae (pakomárovití) a Oligochaeta (máloštětinatci) byly i po 280 dnech vysychání stále přítomny.

Velmi zásadní práce STUBBINGTON et. al. (2016) kalkulovala s třemi hypotézami, (i) rozložení a abundance bezobratlých bude korespondovat s délkou suché periody, (ii) opakující se suché a mokré periody nebudou mít vliv na degradaci semenné banky, protože taxony budou adaptovány na fluktuující podmínky, (iii) taxony přečkají suché periody v odlišných stádiích (vajíčka, juvenilové i adulti). Vzorky byly sbírány na řece Lathkill a jejích přítocích. Celkem bylo odebráno 12 vzorků od listopadu 2011 do srpna 2012.



Obr. 2: Studie řeky Lathkill a místa odběru vzorků (STUBBINGTON et. al. 2016, upraveno): (A) zdroj s vysokým průtokem (Lathkill Head Cave); (B) 50 m od zdroje; (C) Holme Grove Risings; (D) Cales Dale; (E) Puding Springs; (F) 400 m protiproudý tufový útes; (G) přímý protiproudý tufový útes; (H) Mech na útesu tufy; (I) přímý tufový útes po proudu; (J) Carter's Mill po proudu; (K) protiproudý Mandale Sough; (L) protiproud trvalého zdroje.

V laboratorních podmínkách byli odstraněni všichni pozorovaní bezobratlí kvůli predačnímu tlaku. Dále se vzorek rozdělil na dvě části, z nichž jedna byla určena k dalšímu zkoumání a druhá byla zavodněna. Vzorky byly umístěny v laboratořích v bílých kbelících se vzduchováním, s teplotou, která nebyla kontrolována, stejně jako fotoperioda. Vzorky byly kontrolovány po 7, 14, 28 a 56 dnech. Vždy byli odebíráni všichni pozorovaní jedinci. Po skončení experimentu bylo pozorováno 38 taxonů, z toho 24 taxonů bylo zaznamenáno i ve vzorcích odebraných v kulminaci suché periody. V konečné fázi se tedy potvrdil fakt, že semenná banka funguje jako mechanismus, při kterém bezobratlí přežívají suché periody, tím se tedy potvrzuje i existence resistance a resilience k vysychání. Potvrzuje se také předpoklad,

který byl zmíněn již v práci (STUBBINGTON & DATRY, 2013), a sice, že čím delší je doba trvání suché periody, tím více se snižuje diverzita seedbank. Zde je pak doplněno poznání, že suprsezónní sucho může eliminovat některé, na vyschnutí citlivé, taxony. Více taxonů na jaře ukazuje na důležitost vzdušných dospělců, kteří jsou důležitými rekolonizátory na řece Lathkill, stejně tak ale i v jiných dočasných tocích (ROBSON et al. 2011, BOGAN et al. 2015).

4. METODIKA

4.1. CHARAKTERISTIKA TOKU

Žejbro je vysychavý (intermitentní) tok v údolí Dolívka u stejnojmenné obce, nacházející se v Železnohorském bioregionu. Vlévá se do řeky Novohradky, která ústí do Chrudimky (roční průměrný průtok v ústí – 6,02 m³/s dle ČHMU) a ta je přítokem Labe, spadajícího do Baltského úmoří. Žejbro (číslo hydrologického pořadí: 1-03-03-069), které je tokem 3. řádu (dle Strahlera), má dva významnější levostranné přítoky Ranou (s délkou 22,3 km) a Mrákotínský potok (s plochou povodí 6,8 km²). Celé povodí Žejbra leží v provincii Česká vysočina, v podsoustavách Českomoravská vysočina a Východočeská tabule a patří do podcelků Sečská vrchovina a Chrudimská tabule.

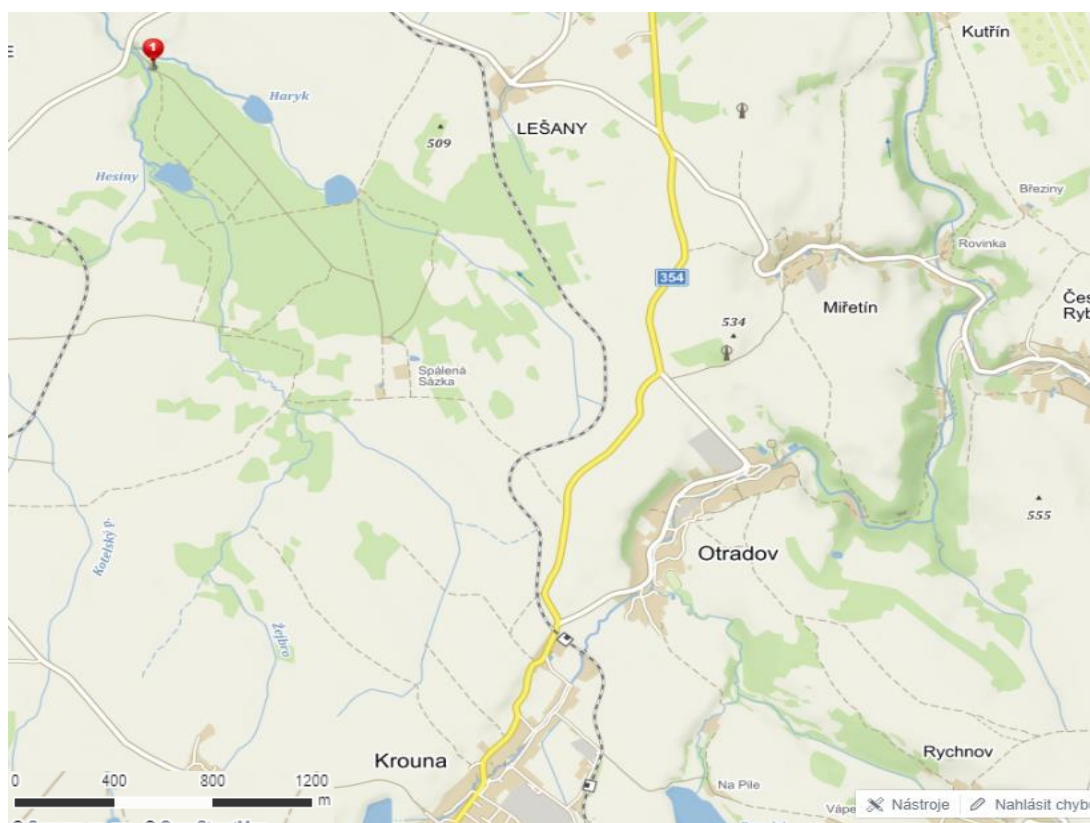
Vzorky byly odebrány na lokalitě nacházející se u obce Dolívka (49°49'2.686" N, 16°0'17.034" E), tato lokalita se nachází ve výšce 466 m. n.m.

Dle dat měřených v projektu BIOSUCHO (www.sucho.eu) se vzorkovaná lokalita nachází ve vzdálenosti 5,69 km od pramene a plocha povodí nad lokalitou je 7,89 km² (celková plocha povodí Žejbra je 96,8 km²). Průměrná teplota vzduchu na lokalitě je 7,31 °C, průměrná červencová teplota je pak 16,77 °C, zatímco lednová je -3 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 717 mm. Průměrná šířka toku je dle víceletého sledování v projektu BIOSUCHO cca 2 m a průměrná hloubka vody v době běžného průtoku je 20 cm.

Tok má substrát s převahou hrubé frakce (balvany a kameny). Konkrétní procentuální zastoupení dle odhadů prováděných v projektu BIOSUCHO je následující: 10 % tvoří velké balvany, 20 % větší a střední kameny, hrubý štěrk je zde zastoupen 30 %, tato frakce je zde zastoupena nejčastěji. 20 % sedimentu je tvořeno štěrkem, 15 % pískem, 5 % bahnem. Jílovitá složka se v dané lokalitě nenachází vůbec. Stejně bylo odhadnuto zastoupení substrátů i při

samotném odběru a podle tohoto odhadu byly proporcionálně rozmístěny i vzorky v daném úseku.

Ve vzdálenosti cca 660 m (měřeno podél toku) nad odběrovou lokalitou se nachází na bezejmenném pravostranném přítoku (vlévajícím se do Žejbra cca 30 m nad odběrovou lokalitou) rybník Haryk o velikosti 1,6 ha. O dalších 757 m dále se nachází bezejmenná vodní plocha, ležící na stejném bezejmenném toku. Přímo na Žejbru leží ve vzdálenosti 760 m od lokality rybník Hesiny s rozlohou 1,75 ha.



Obr. 3: Povodí Žejbra nad sledovanou lokalitou s vyznačenou lokalitou odběru (mapy.cz)

Krajinný pokryv v povodí nad lokalitou byl procentuálně stanoven dle GIS vrstev dostupných na ÚBZ (Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecké fakulty, MU) takto: 1,5 % povodí je tvořeno urbanizovanou plochou (obce), 78,1 %, tedy naprostá většina, je tvořena zemědělsky využívanou plochou, zahrnující převážně ornou půdu a sady. 20,4 % území tvoří lesy.

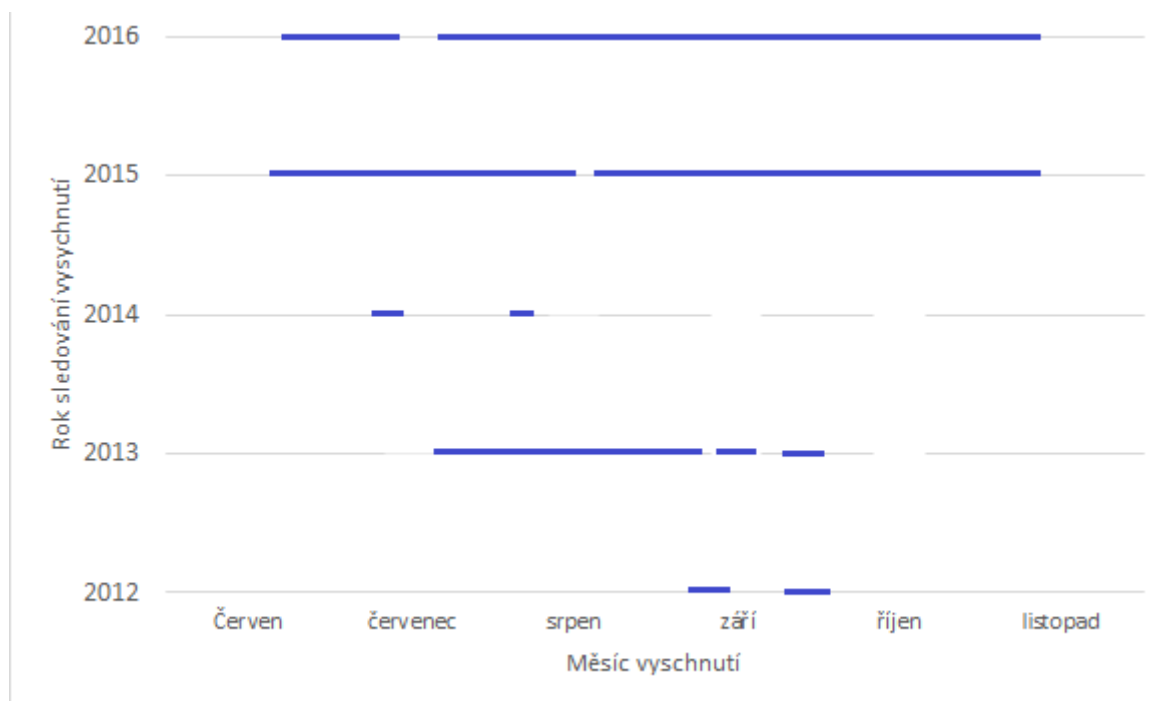
Odběr na toku probíhal v lese, který lze charakterizovat jako „jasanová olšina“ (flora.svon.cz), procentuální zastínění na lokalitě je 80–100 %. Typickými zástupci stromového porostu jsou olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). V bylinném

patře dominují ostružiník ježiník (*Rubus caesius*) a další druhy ostružníku, dále krabilice chlupatá (*Chaerophyllum hirsutum*), kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*) a kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*).

Tato lokalita byla dlouhodobě a pravidelně monitorována pomocí dataloggerů v rámci projektu BIOSUCHO, takže jsou známy doby vyschnutí v minulých letech (viz tab. 1). Zároveň byla přímo nad korytem v r. 2016 umístěna fotopast, ze které byla odvozena data o délce předchozího vyschnutí u všech 10 mezohabitatů odebraných pro můj experiment.

Z obrázku 4 vyplývá, že poslední vyschnutí před odběrem vzorků začalo 21.7. 2016, odběry přitom byly prováděny 18.8.2016, tedy 28 dní po počátku vyschnutí. Samotný termín „vyschnutí“ byl pro potřeby projektu BIOSUCHO definován jako přerušení povrchové kontinuity toku (PAŘIL et al. 2015). Z příložené tabulky (tab. 1) je možné odečíst přesné datum vyschnutí jednotlivých habitatů, které bylo určeno odečtem z obrazového záznamu fotopasti.

V den odběru vzorků byla měřena teplota vzduchu, na povrchu dna vzorkovaného vyschlého úseku i 5 cm pod jeho povrchem (viz tab. 2). Tyto teploty jsou vyobrazeny v křivkách na obr. 6.



Obr. 4: Doby přerušení kontinuity toku (tj. v peřeji) na sledovaném toku Žejbro v průběhu let 2012–2016

Tab. 1: Datum vyschnutí jednotlivých habitatů a počet suchých dnů do odebrání vzorků v roce 2016

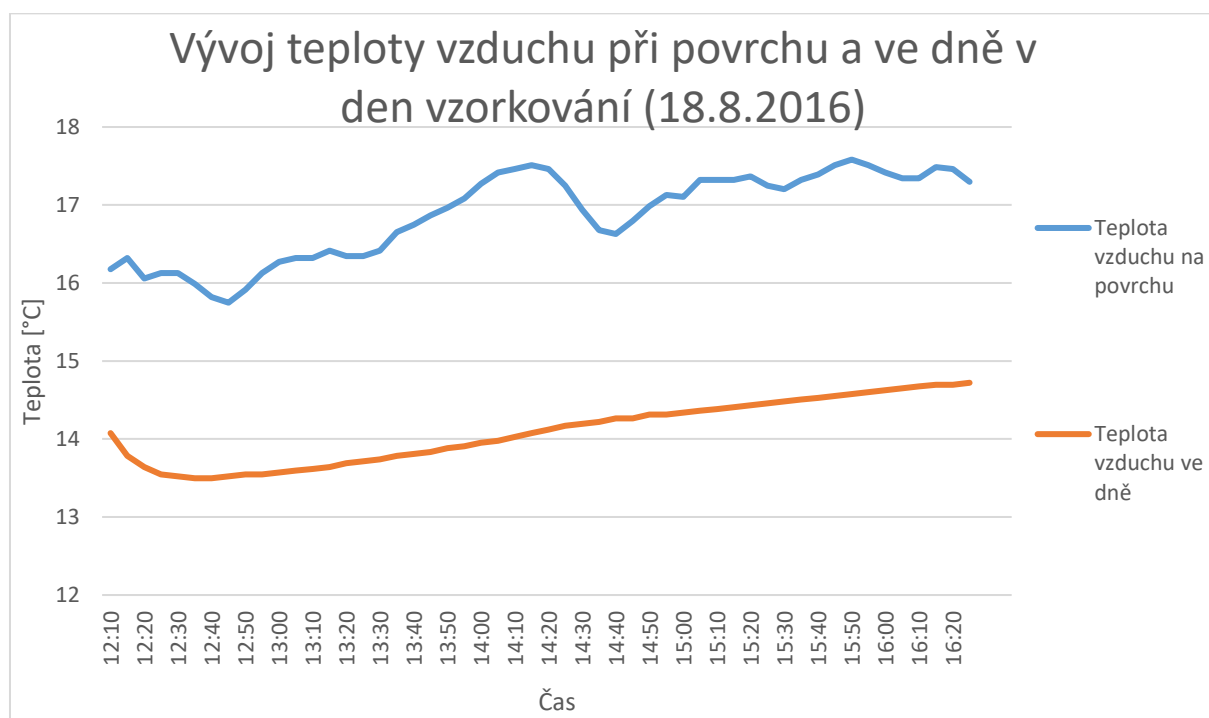
Habitat	Datum vyschnutí	Počet suchých dnů
1	21.7. 2016	28
2	21.7. 2016	28
3	22.6. 2016	57
4	21.7. 2016	28
5	21.7. 2016	28
6	24.7. 2016	25
7	23.7. 2016	26
8	27.7. 2016	22
9	3.8. 2016	15
10	21.7.2016	28



Obr. 5: Vyschlé koryto řeky s mezohabitaty odběrů

Tab. 2: Teplota a vlhkost vzduchu na povrchu dna a v hloubce vrtu mezi 10 h a 17 h v den odběru vzorků 18.8.2016.

Měřená veličina	Průměr	Max	Min
Teplota vzduchu na povrchu dna [°C]	16,8	17,9	15,7
Teplota vzduchu ve dně [°C]	14,0	14,4	13,6
Relativní vlhkost vzduchu povrchu dna [%]	80,8	89,2	52,4
Relativní vlhkost vzduchu ve dně 5 cm pod povrchem [%]	96,0	99,2	52,6
Teplota vzduchu ve výšce 3 m [°C] (záznam z čidla ve fotopasti)	13,5	20,0	7,0



Obř. 6: Vývoj teploty vzduchu při povrchu a ve dně v den vzorkování (18.8.2016).

Pozn.: Z důvodu temperování čidel byly z grafu odebrány data od 10:00 až do 12:05

4.2. METODIKA EXPERIMENTU

Úkolem v praktické části této diplomové práce bylo zjistit, jaký je potenciál dna vysychavých toků pro přežití bezobratlých živočichů, kteří mohou po obnovení průtoku tok

znovuosídlit. Ke zjištění tohoto rekolonizačního potenciálu vyschlého dna byl navržen experiment, který je v této části popsán. Záměrem bylo odebírat různé typy mez

ohabitatů v různých částech toku dle designu uvedeném v práci PAŘIL (2011). Tyto části jsou mezi sebou vzájemně porovnatelné:

1. „břeh“ se vyznačuje malou hloubkou i rychlostí proudu.
2. „peřej“ má malou hloubku, ale vysokou rychlost proudu. Oblast proudu, kde se voda láme přes kameny, balvany a štěrky. Povrch vody je zde viditelně narušen.
3. „tůň“ je typická velkou hloubkou a malou rychlostí proudící vody.

V první fázi experimentu bylo dne 18. 8. 2016 mezi cca 14-16 hodinou odebráno 10 objemově srovnatelných vzorků suchého dna z toku Žejbro. Odběry byly v jemnozrnnějším substrátu prováděny „válcovým vzorkovačem“ (viz obr. 7) o ploše 0,03 m², který se pomocí pákového systému zavrtává do země a odebírá substrát, který je následně vložen do přenosné nádoby. Na habitatech s výskytem větších kamenů byl pomocí lopatky vyhlouben otvor na srovnatelné ploše se srovnatelným objemem odebraného sedimentu. Vzorky byly vybírány tak, aby proporcionálně pokryly různé typy substrátu vyskytující se ve vzorkovaném cca 20 m dlouhém úseku vyschlého dna. Při hloubení odběrových jamek byla snaha o dodržení přibližně 15 cm hloubky vrtu, nicméně velikost frakce některých typů substrátu (hrubší kameny) neumožňovala dodržet na dně jamky vždy stejnou přesnost stanovené hloubky. Proto byl vrt při nedostatku materiálu díky překážejícímu kameni v některých případech proveden i hlouběji, nicméně objem materiálu byl vždy srovnatelný. Velikost průměru kruhového odběráku byla 20,5 cm, pokud nebylo možné vyzvednout veškerý materiál pomocí šroubovice zasouvané do válcového odběráku byl zbytek stanovaného objemu sedimentu vybrán z vrtu lopatkou (viz tab. 3).



Obr. 7: Válnový vzorkovač použitý v den odběru

Tab. 3: Vybrané charakteristiky mezohabitatů při odběru v toku

Číslo vzorku	dominantní substrát na povrchu dna	Pozice v toku	Maximální hloubka vrtu [cm]
1	Hrubší kameny s mechem	Peřej	20
2	Hrubý štěrč + jemný štěrč	Břeh	15
3	Hrubý štěrč	Břeh	14
4	Hrubý štěrč s mechem	Peřej	15
5	Balvany s mechem	Břeh	15
6	Písek	Tůň u břehu	15
7	Bahno	Tůň	15
8	Jemný štěrč	Břeh	15
9	Kameny	Tůň	15
10	Detrit	Tůň	17

Tyto vzorky byly vloženy do plastových přepravních boxů, které byly ihned po odběru převezeny do laboratoře ÚBZ kde byly bezprostředně dále zpracovány.

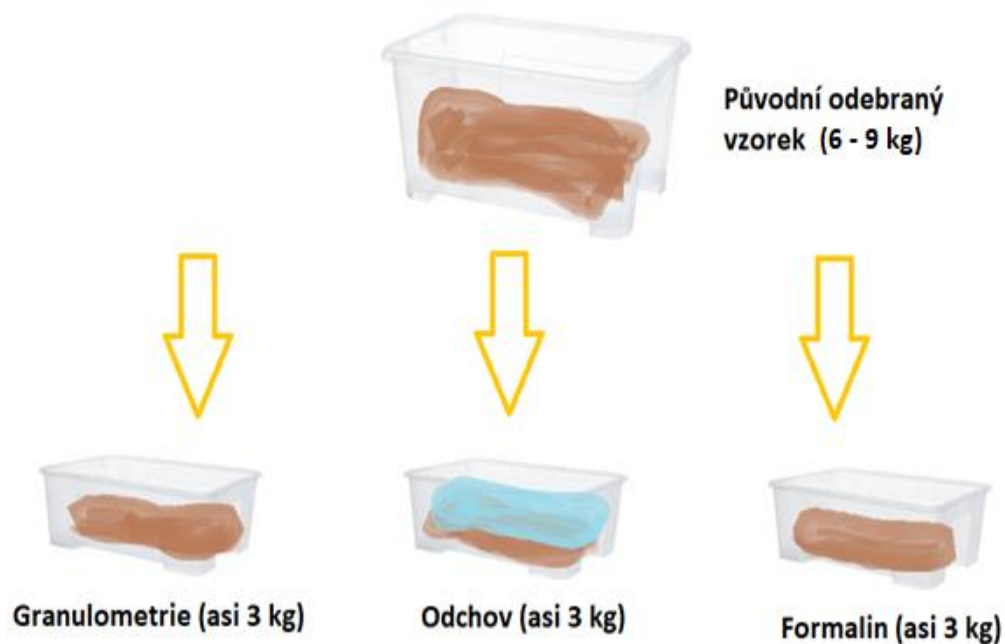
V další fázi byly celé vzorky zváženy (viz tab. 4) a následně rozděleny na tři přibližně stejně velké části. Dělení vzorku na tři části proběhlo během noci ihned po jeho převozu z lokality, aby se co nejvíce omezilo působení faktoru času na přežívání bezobratlých. Celková

hmotnost vzorků se pohybovala v rozpětí od 5,17 až do 9,77 kg, což bylo dáno rozdílným typem odebíraného substrátu (např. vrt odebraný v lehkém detritu oproti vzorku obsahujícím těžké kameny). Každá třetina rozděleného vzorku pak byla zvážena a následně vložena do nádob pro další zpracování (viz obr. 8).

První část vzorků byla určena pro granulometrii, díky které bylo možné určit přesné zastoupení velikostních skupin substrátu. Druhá část byla následně fixována 40 % roztokem formalinu pro následné stanovení bezobratlých přežívajících v substrátu v době odběru. Třetí část materiálu byla vložena do akvárií, které sestávaly z kbelíku o objemu cca 10 l, vzduchovacího zařízení a horní sítě, která znemožnila únik vyletujících dospělců. Tato opatření byla zavedena, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Jednotlivé hmotnosti jsou k nalezení v tabulce č. 4.

Tab. 4: Hmotnosti analyzovaných typů substrátů

Habitat	Hmotnost odebraného materiálu [kg]	Hmotnost fixovaného materiálu [kg]	Hmotnost materiálu na odchov [kg]	Hmotnost materiálu na granulometrii [kg]	Hmotnost substrátu <1 mm pro stanovení vlhkosti [g]	Obsah vody v přesívaném materiálu [%]
1	9,721	2,090	3,643	3,789	39,600	13,636
2	8,263	2,109	2,352	2,952	59,100	10,829
3	8,883	2,143	3,164	3,549	51,400	11,868
4	8,707	2,111	2,721	3,013	48,900	12,270
5	9,147	2,063	3,164	3,549	51,400	12,451
6	6,844	1,981	1,882	2,125	49,600	10,282
7	9,502	2,146	3,249	3,551	73,200	13,798
8	7,257	2,143	2,622	2,321	60,700	10,544
9	9,778	2,207	3,498	3,220	37,400	12,032
10	5,171	1,545	1,627	1,947	33,500	40,597



Obr. 8: Schéma rozdělení původně odebraného substrátu.

4.2.1. GRANULOMETRIE

Určení velikosti zrna je nedílnou součástí spousty oborů (pedologie, geologie, agronomie...), neboť struktura sedimentů má vliv na jejich mechanické a fyzické vlastnosti (DAS 2010). Granulometrické složení, tedy zrnitost, udává podíl jednotlivých zrnitostních frakcí na celkovém složení daného sedimentu. Zrnitost bývá znázorňována pomocí křivky zrnitosti, což je součtová čára, kde každý bod ukazuje, kolik procent z celkové hmotnosti vzorku činí hmotnost všech zrn menších než určitý průměr zrna D v milimetrech (ZOUBKOVÁ 2014).

PANSU & GAUTHEYROU (2006) ve své práci tvrdí, že proces dislokace materiálu na jednotlivé části by neměl být příliš invazivní, neboť by mohlo po analýze dojít ke vzniku nových zrnitostních frakcí, které v původním vzorku neexistovaly.

Z těchto důvodů bylo při práci postupováno velmi opatrně. Před granulometrií byly vzorky vysoušeny ve vysoušecí peci laboratoře ÚBZ Masarykovy univerzity na teplotu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 24 hodin. Poté přeneseny na granulometrická síta, v automatickém prosévacím zařízení. Tato síta měla velikost ok 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 mm. Kvůli větším balvanům v některých vzorcích byly pro jistotu balvany, které neprošly žádným dostupným sítem. Tyto kameny byly zváženy a změřeny, nicméně do celkových výsledků granulometrie zahrnovány nebyly, neboť by došlo k výrazným odchylkám. Prosévání každého vzorku probíhalo 30 minut.

Tab. 5: Hmotnost jednotlivých zrnitostních frakcí pro každý vzorek (g) na jednotlivých sítích s velikostí oka v mm

	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek	Vzorek
Velikost oka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Celková hmotnost (g)	3589	3153	3088	3247	3732	2255	3724	2236	3935	3374
>63	0,00	15,10	49,26	51,22	28,19	0,00	53,20	0,00	18,22	35,42
>31,5	34,08	14,02	1,88	18,76	20,10	20,09	32,60	7,38	35,71	2,22
>16	18,64	18,27	1,42	3,76	8,90	7,58	4,56	27,37	10,70	2,02
>8	15,83	18,08	7,71	5,94	16,40	9,00	1,91	20,13	6,96	1,75
4	9,17	8,21	8,91	4,68	8,79	8,87	2,44	13,19	6,15	1,60
2	9,86	6,34	8,45	4,59	5,04	18,18	1,45	12,12	5,18	5,16
1	3,98	4,66	4,70	3,79	3,00	11,75	1,10	6,44	12,53	8,95
0,5	5,29	8,06	8,32	4,31	4,82	16,76	1,45	8,05	2,36	10,08
0,25	2,23	4,92	6,38	2,03	2,95	5,63	0,81	3,44	1,37	9,13
0,125	0,56	1,30	1,78	0,49	0,83	1,37	0,24	0,89	0,46	7,94
0,063	0,17	0,35	0,49	0,15	0,32	0,35	0,11	0,31	0,15	11,20
<0,063	0,20	0,70	0,71	0,28	0,67	0,40	0,13	0,67	0,20	4,53
1. kvartil	5,18	3,58	2,62	14,29	7,35	1,04	41,93	2,86	5,78	0,29
Medián	18,26	14,84	50,51	64,50	28,51	3,51	66,78	9,94	34,96	1,79
3. kvartil	39,89	40,75	94,02	95,25	70,13	21,46	96,39	21,52	57,02	81,53
Proporce částic <1 mm	8,44	15,32	17,68	7,27	9,59	24,52	2,74	13,37	4,55	42,89

4.2.2. STANOVENÍ VLHKOSTI SUBSTRÁTU

Spolu se vzorky na granulometrii bylo do pece vloženo i 10 petriho misek. Každá z nich obsahoval již prosetý materiál s částicemi menšími dvou milimetrů. V práci DATRY (2015) bylo zjištěno, že tyto menší částice jsou nejhodnější medium pro udržení vlhkosti. Na petriho misky byla lžící nabrána přibližně stejná část substrátu, která byla následně zvážena a poté vložena do pece, kde probíhalo sušení jiných granulometrických vzorků. Po 24. hodinovém vysoušení byly tyto vzorky znovu zváženy a rozdíl těchto hmotností byl následně přepočítán na procentuální vlhkost v substrátu jednotlivých habitatů.

4.2.3. FIXACE A PROMÝVÁNÍ MATERIÁLU

Tkáně a orgány rychle podléhají autolýze, která je způsobena degradací obsahu buňky. Proto byla tedy provedena fixace biologického materiálu jedním z nejběžnějších fixačních médií, tedy formaldehydem na finální koncentraci 4 %.

Hlavním důvodem pro fixaci části vyvrtaného materiálu byla možnost porovnání skladby bezobratlých živočichů, kteří zde přežívají v době, kdy je koryto řeky již nějakou dobu

vyschlé a skladby bezobratlých, kteří jsou schopni se ze sedimentu vylíhnout, když dojde k opětovnému zavodnění. Zafixované vzorky byly následně promyty s pomocí Mgr. Evy Hanákové přes síť o velikosti 500 μm , aby mohlo dojít k odstranění jemnozrnných sedimentů a drobní bezobratlí mohli být ze sedimentu snáze vybráni.

Tyto vzorky byly označeny jako „Začátek“, v grafech jsou pak označeny pod písmenem „A“, toto označení umožňovalo jednodušší manipulaci s daty.

4.2.4. ODCHOV A PROMÝVÁNÍ MATERIÁLU

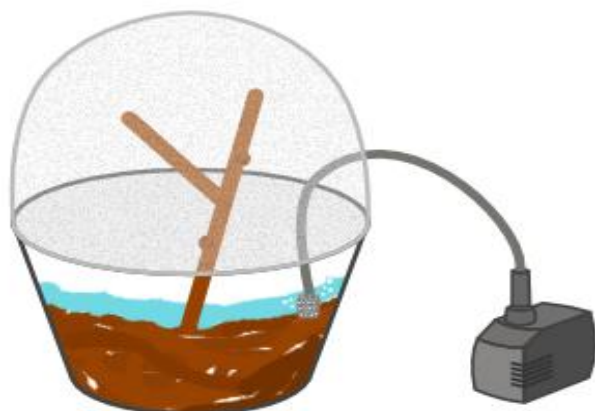
V poslední fázi experimentální části byl proveden odchov odebraných suchých vzorků. Tento odchov byl prováděn v kyblících s použitím malých akvarijních motorků ke vzduchování. Kyblíky byly nahoře utěsněny sítí, která byla podepřená větví (schéma na obr. 9), ta sloužila jako substrát pro vyletující imaga, a zároveň také jako mechanismus zabraňující úniku těchto odchovaných jedinců. Voda, která byla přilévána k zavodnění substrátu, byla klasická spotřební voda z kohoutku. Odchov probíhal od 19.8.2016 do 26.10. 2016, tedy 68 dní. V rámci odchovu probíhalo pravidelné odebírání jedinců (jednotýdenních, posléze pak dvoutýdenních intervalech), kteří byli viditelní na povrchu sedimentu v kyblíku nebo na výletové síťce. Především se jednalo o skupiny Coleoptera, konkrétně o čeleď Dysticidae, kteří by mohli být potenciálními predátory ostatních druhů ve vzorku.

Kultivační místnost byla temperována na stálou teplotu v rozmezí 15-17 °C, a byla zde také nastavena fotoperioda v rozmezí 8 hodin světla a 16 hodin tmy. Zde byla třetina každého vzorku původního materiálu rozdělena do 10 nádob (kyblíků), které společně s kontrolovanými podmínkami v místnosti simulovaly částečně přirozené prostředí pro bezobratlé.

V průběhu odchovu probíhaly pravidelné kontroly, které zahrnovaly odběry jedinců zejména z důvodu odchyty predátorů, kteří by ovlivnili počet odchovaných jedinců. Tyto odběry byly v následujících datech: 22.8.; 25.8.; 29.8.; 1.9.; 5.9.; 20.9.; 4.10.; 17.10.; 26.10. Kontroly a odběry probíhaly ze začátku experimentu intenzivněji, aby došlo k co nejmenšímu ovlivnění líhnoucích se živočichů přítomnými predátory. Poté bylo nalézáno již výrazně menší procento predátorů, byly tedy zvoleny méně časté kontroly (každá kontrola a prohlížení sedimentu znamenají jisté riziko narušení vývoje líhnoucích a přežívajících bezobratlých). 26.

řijna v 9:00 byl odchovný experiment ukončen, vzorky zafixovány formaldehydem a následně byl substrát promyt obdobně jako u vzorků fixovaných ihned po odběru sedimentu v terénu.

Průběžně odebírané vzorky byly pro jednodušší manipulaci s daty označeny jako „Průběh“, a v grafech písmenem „B“. Vzorky, které byly odchovány a fixovány až na konci byly označeny jako „Konec“ a v grafech písmenem „C“.



Obr. 9: Sestavená odchovná nádoba

Tab. 6: Chemismus vody při zahájení odchovu v kbelících před zahájením vzduchování

18.8. 2016	Popis habitatu	pH	Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Redox potenciál [mV]	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Nasycení kyslíkem [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
1. habitat	Hrubší Kameny s mechem	6,9	293,0	6,9	17,1 $^{\circ}\text{C}$	7,9
2. habitat	Hrubý štěrk + jemný štěrk	7,1	357,0	-4,8	17,4 $^{\circ}\text{C}$	5,0
3. habitat	Hrubý štěrk	6,8	444,0	10,8	17,1 $^{\circ}\text{C}$	6,0
4. habitat	Hrubý štěrk s mechem	6,9	404,0	1,8	17 $^{\circ}\text{C}$	4,4
5. habitat	Balvany s mechem	7,0	545,0	-2,8	16,8 $^{\circ}\text{C}$	1,8
6. habitat	Písek	6,9	293,0	6,8	17 $^{\circ}\text{C}$	7,6
7. habitat	Bahno	7,1	315,0	-4,7	16,9 $^{\circ}\text{C}$	6,7
8. habitat	Jemný štěrk	7,3	313,0	-10,8	17 $^{\circ}\text{C}$	8,2
9. habitat	Kameny	7,0	389,0	-3,4	17,1 $^{\circ}\text{C}$	5,1
10. habitat	Detrit	7,4	509,0	-24,1	17,2 $^{\circ}\text{C}$	5,4

5. VÝSLEDKY

Při analýze výsledků bylo použito dvojího rozdělení získaných dat. Nejprve se data rozdělila, podle již výše popsané metodiky na tři typy vzorků – začátek experimentu (A), průběh experimentu (B) a konec experimentu (C). Tato data jsou analyzována v kapitole: VÝSLEDKY I – DĚLENÍ DLE FÁZÍ EXPERIMENTU.

Další dělení taxonů bylo provedeno podle přítomnosti k suchu rezistentních a perzistentních stádií v jejich vývojovém cyklu. Rezistentní (odolné) taxony jsou ty, které při zátěži (stresu vyschnutím) mohou přežívat vyschnutí pomoci specifických adaptací (např. vyschnutí odolná vajíčka) a odolat vnějšímu zásahu. Perzistentní taxony jsou ty, které dokáží přežít vyschnutí právě v tom stádiu, ve kterém se při vyschnutí nachází, aniž by měly nějaké specifické adaptace. K rozdělení taxonů do těchto dvou kategorií byla použita data z databáze BIOSUCHO, přičemž konkrétní rozdělení je uvedeno v Příloze 7. Takto rozdělená data byla porovnána s jarními a podzimními vzorky odebírané na stejném toku (Žejbro) metodou PERLA, což je tří minutový, kopaný, multihabitatový vzorek.

Determinace do skupin byly prováděny autorem práce, determinace do druhu byly prováděny těmito odborníky: Petr Pařil (dvoukřídlí, pakomáři, máloštětinatci, měkkýši, korýši, terestričtí), Marek Polášek (jepice), Vendula Polášková (dvoukřídlí, pakomáři, měkkýši, terestričtí), Michal Straka (brouci, pošvatky, terestričtí), Andre van Nieuwenhuijzen (pakomáři).

Zobrazení dat bylo provedeno v programu MS EXCEL a otestování korelací mezi jednotlivými biotickými a abiotickými proměnnými ve spolupráci s konzultantem v softwaru R.

5.1. DĚLENÍ DLE FÁZÍ EXPERIMENTU

5.1.1. CELKOVÉ ABUNDANCE

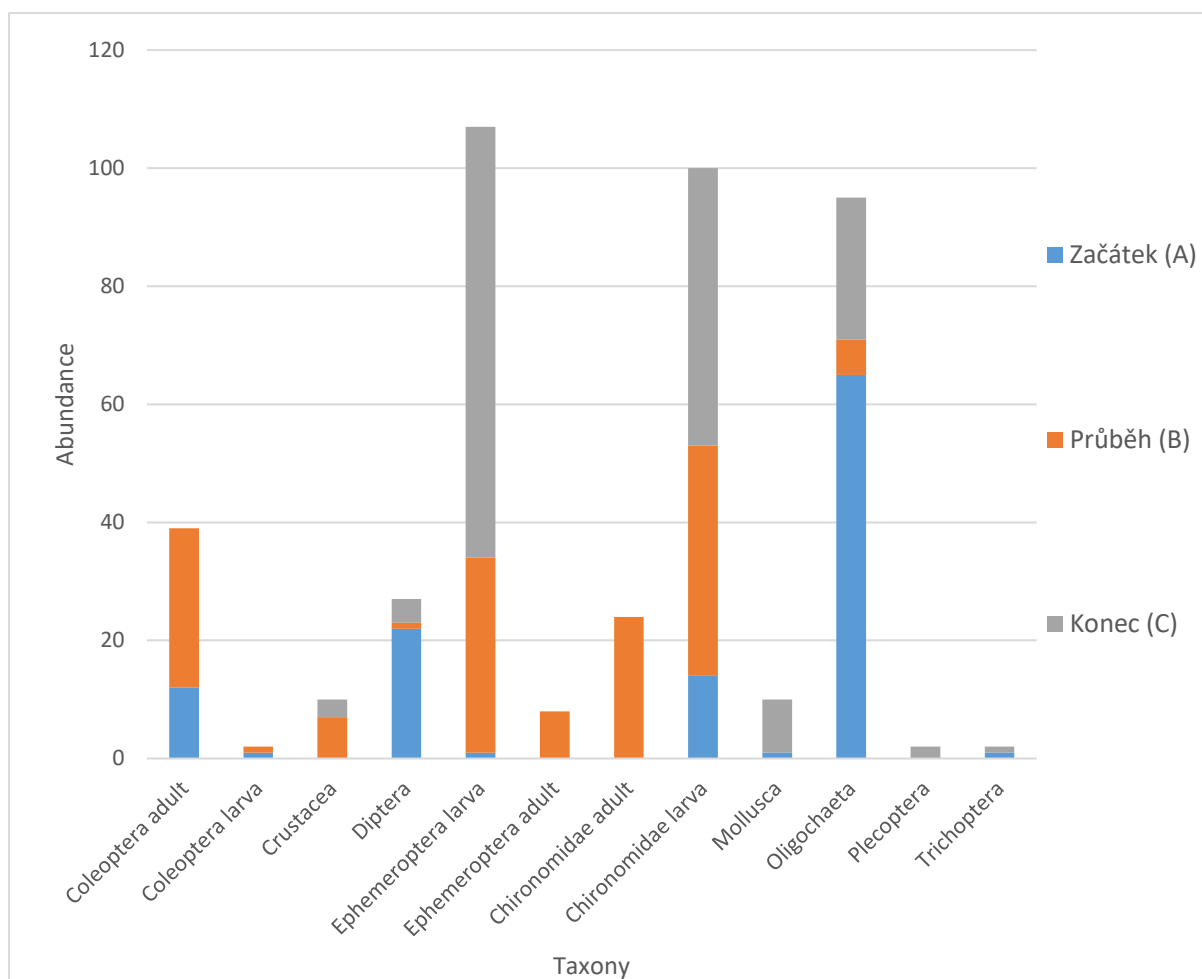
Při experimentu bylo celkově zachyceno 472 jedinců. Ve vzorku zafixovaného na začátku experimentu (dále značeno A) bylo zjištěno 138 jedinců s počtem 24 taxonů, ve vzorcích při průběžné kontrole experimentu (dále značeno B) bylo 166 jedinců s počtem 14 taxonů a ve vzorku na konci experimentu (dále značeno C) pak 168 jedinců s počtem 23 taxonů. Z tohoto počtu bylo 416 zástupců vodních bezobratlých a 56 zástupců suchozemských bezobratlých. Vodní bezobratlí byli determinováni do 8 vyšších taxonomických skupin

(Trichoptera vypuštěna z výsledků kvůli značnému stádiu rozkladu pouze dvou larev) a celkově bylo zjištěno 42 taxonů.

Jak již bylo zmíněno, tak se v průběhu experimentu, převážně v počáteční fázi (A, popř. B), objevovali i terestriční bezobratlí (viz Tab. 8). Většinou se jednalo pouze o několik jedinců z různých skupin, kde největší zastoupení měl řád brouci, konkrétně drabčici Staphylinidae, kdy pět jedinců bylo zjištěno na začátku (A) a dokonce dvacet při průběžných odběrech odchovávaného materiálu (B). V menším počtu se zde pak vyskytovala skupina dospělců nosatcovitých brouků, střevlíčci rodu *Bembidion* a dále jedinci slunéčka *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758). Mezi ve všech fázích nalézané terestrické taxony patří i skupina chvostokoci Collembola, jejíž jedinci byli v přibližně stejné míře nacházeni ve všech fázích experimentu. V několika kusech byly nalezeny i skupiny terestrických korýšů Crustacea (stínky), stonožek Chilopoda a ploštic Heteroptera (pravděpodobně larva kloupek, a křísi). Jednotlivě se zde objevily i skupiny pancířníci (Oribatida) nebo zlatoočka (*Chrysopa*) ze skupiny síťokřídli (Neuroptera). V poslední fázi experimentu (C) již byli nalezeni pouze jedinci skupiny Collembola, jedna blíže neurčitelná larva skupiny Diptera a torzo jedince ze skupiny Curculionidae (Tab. 7). Terestriční zástupci nejsou primárním předmětem této diplomové práce, nebyla jim tudíž dále věnována přílišná pozornost a veškeré další výsledky se týkají vodních bezobratlých.

Tab. 7: počty terestrických bezobratlých zachycených na začátku (A), v průběhu (B) i na konci experimentu (C)

Vyšší taxon	Taxon	A	B	C
Collembola	<i>Collembola</i> gen. sp.	3	2	4
Isopoda	<i>Oniscidae</i> gen. sp.	4	0	0
Chilopoda	<i>Chilopoda</i> gen. sp.	1	0	0
Heteroptera	<i>Heteroptera</i> gen. sp. L.	3	1	0
Hemiptera	<i>Auchenorrhyncha</i> gen. sp. Ad.	1	0	0
Neuroptera	<i>Chrysopa</i> sp. Ad.	1	0	0
Coleoptera	<i>Bembidion</i> sp. Ad.	0	3	0
	<i>Coccinella septempunctata</i> Ad.	1	1	0
	<i>Curculionidae</i> gen. sp.	1	0	1
	<i>Ptiliidae</i> gen. sp. Ad.	0	2	0
	<i>Staphylinidae</i> gen. sp. Ad.	4	20	0
Diptera	<i>Diptera</i> L gen. sp.	0	0	1
Arachnida	<i>Araneida</i> gen. sp.	1	0	0
	<i>Oribatida</i> gen. sp.	1	0	0
	Suma	21	29	6



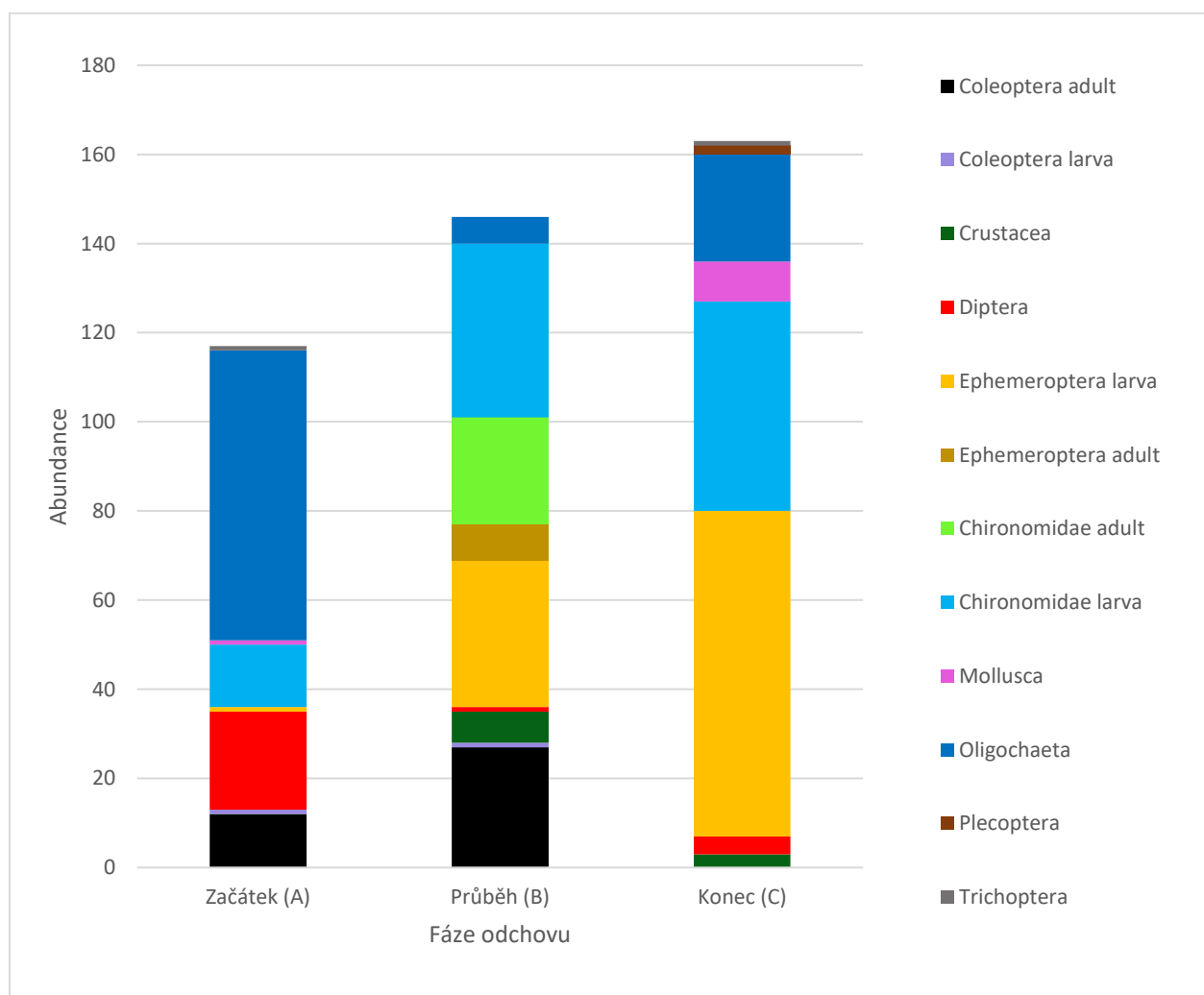
Obr. 10: Poměr abundance akvatických taxonů v ihned fixovaném materiálu (A), průběžně odebíraném materiálu (B) a ve vzorku zafixovaném na konci odchovu (C)

Pozn.: Larvy chrostíků byly v extrémně rozloženém stavu a jejich determinace byla velmi obtížná, proto se v rámci nezkrslení výsledků pracovalo nadále bez nich.

Při porovnání zastoupení taxonů (obr. 10) je patrné, že největší abundance byla zaznamenána mezi vodními taxony v součtu všech typů vzorků skupina jepice Ephemeroptera (26 % všech jedinců), následovaná skupinami pakomáři Chironomidae (25 % všech jedinců), máloštětinatci Oligochaeta (22 % všech jedinců) a brouci Coleoptera (9 % všech jedinců). Ve 3 jmenovaných skupinách vodního hmyzu měli významný podíl i dospělci, kteří vyletovali během odchovu (adulti jepic 10 % v rámci skupiny, adulti pakomárů 24 % v rámci skupiny) a brouci, u nichž se většinu podařilo zachytit během průběžné kontroly vzorků v odchovu (95 % adultů v rámci skupiny).

Z hlediska zastoupení různých taxonomických skupin v různých fázích experimentu bylo na začátku (A) nejvíce jedinců ze skupiny Oligochaeta (obr. 11). Jedinci této skupiny se v průběžných odběrech (B) příliš nevyskytovali (lze je snadno přehlédnout) a jejich abundance

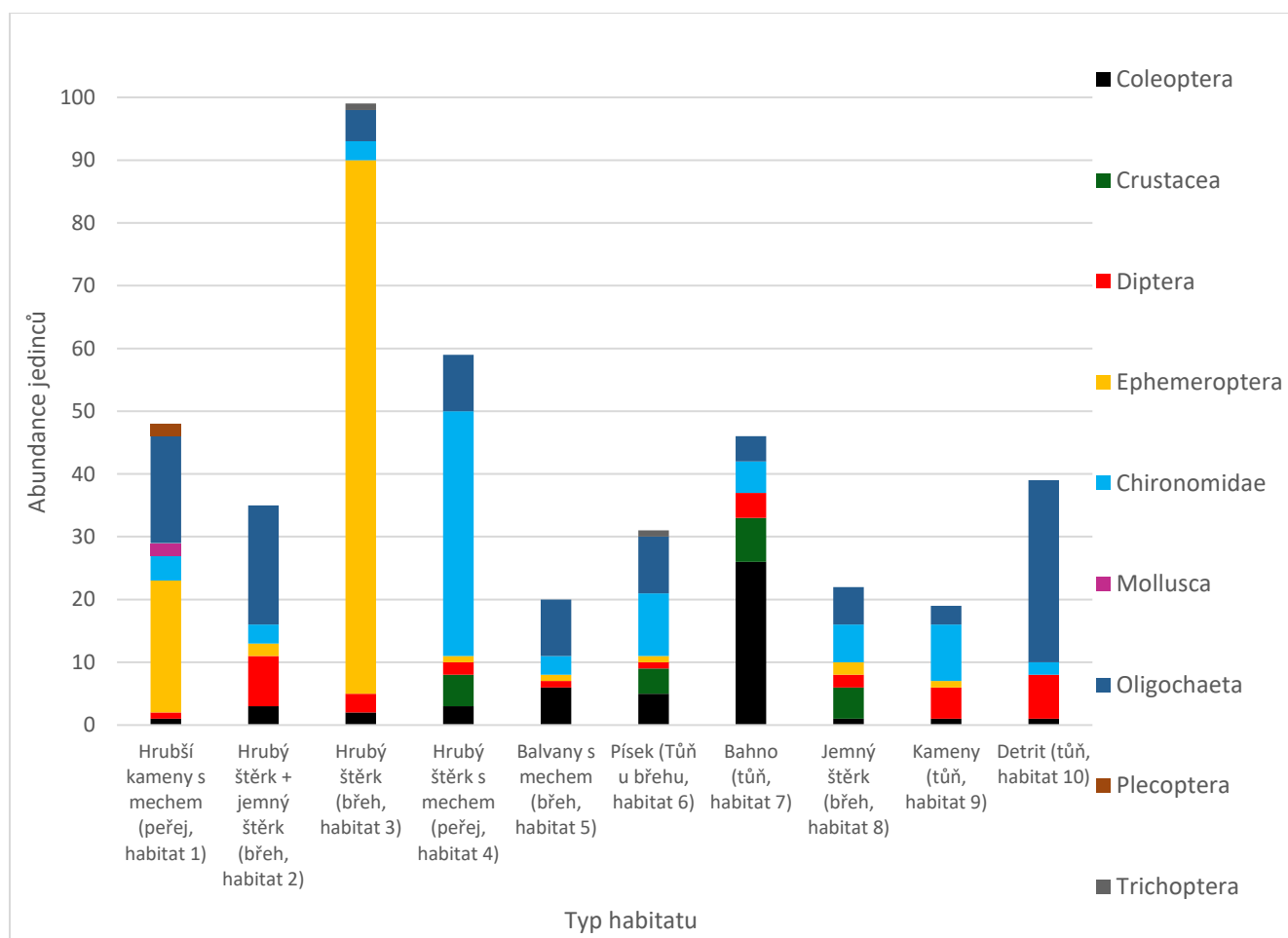
narostla opět až v konečné fázi experimentu (C), nicméně již nedosahovala původních hodnot při odběrech na začátku. Naopak taxonem, který zaznamenal v průběhu experimentu velký nárůst, byla skupina Ephemeroptera. Na začátku se zde larvy tohoto taxonu téměř vůbec nevyskytovaly, ale v průběhu odchovu (B) jejich abundance výrazně narostla a na konci byl tento taxon zastoupen dokonce nejpočetněji. V průběhu odchovu se začali také objevovat dospělci jepic. Obdobně na tom byla skupina Chironomidae, jejíž početnost larev opět narůstala s pokračujícím průběhem odchovu a při pravidelných odběrech bylo zaznamenáno přes 20 dospělců. Naopak skupina Coleoptera měla výraznější zastoupení pouze na začátku (A) a v průběhu experimentu (B), na jeho konci již jedinci zaznamenaní nebyli. Skupina Crustacea na začátku zachycena nebyla, nicméně v průběhu a na konci se zde již jedinci (především *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758)) vyskytovali. Skupina Diptera nebyla v experimentu příliš zastoupena a její zastoupení se nezvětšovalo ani v průběhu času.



Obr. 11: Poměr jednotlivých taxonomických skupin vodních bezobratlých v ihned fixovaném materiálu (A), průběžně odebíraném materiálu (B) a ve vzorku zafixovaném na konci odchovu (C)

Ve vzorcích, které byly ihned po odebrání přebrány a fixovány (v grafu označeny jako „Začátek“; „A“) byl zjištěn nejmenší počet jedinců ze všech tří fází. Při průběžných odběrech v odchovu (v grafu označeny jako „Průběh“; „B“) již počty jedinců narůstaly a nejvíce jich pak bylo v poslední fázi experimentu, tedy v té, kdy byli jedinci odchovaní ve výše zmíněných kyblících zafixováni a přebráni (v grafu označeny jako „Konec“; „C“). Při porovnání všech tří fází experimentu můžeme tedy říct, že počet jedinců v čase narůstal.

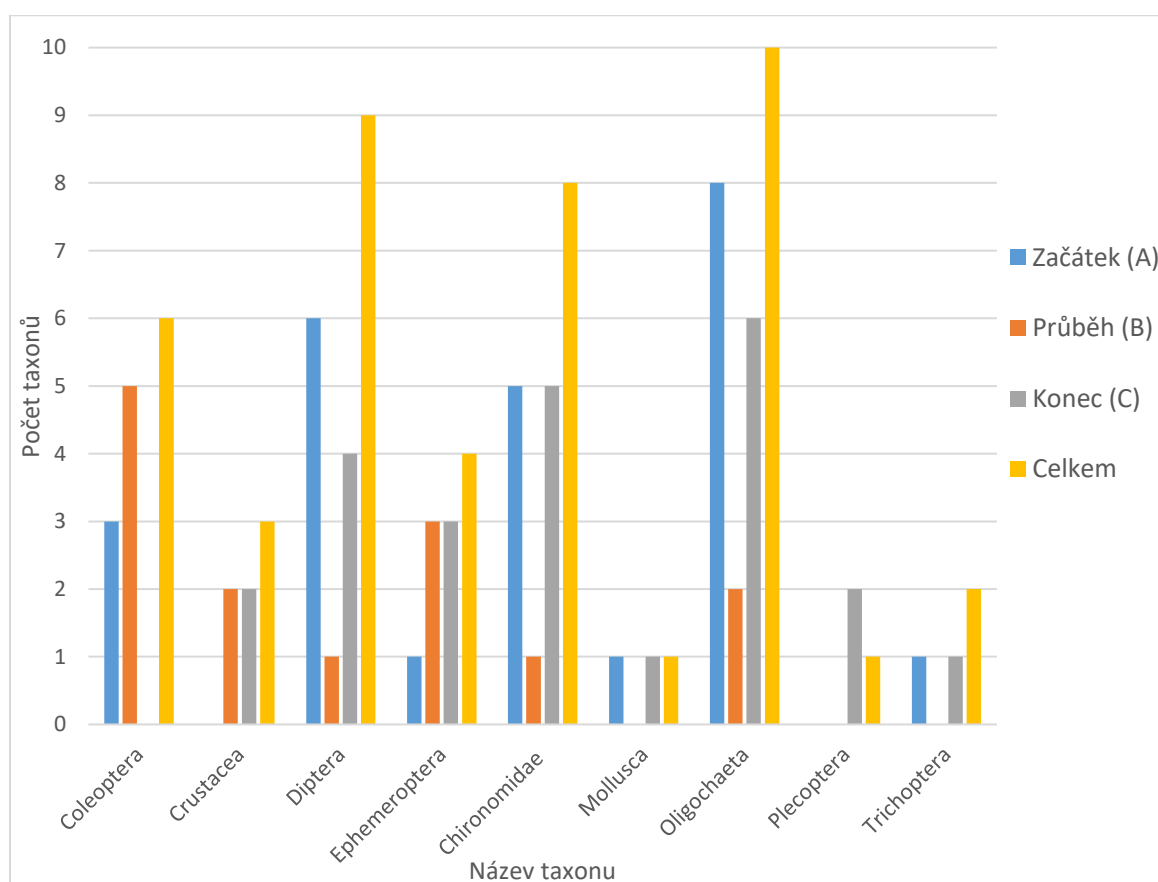
Je patrné, že na začátku experimentu (A) nejvíce dominovala skupina Oligochaeta, která ale v dalších fázích zaznamenala klesající tendenci. V průběhu experimentu (B) dominovaly larvální stádia skupin Ephemeroptera a Chironomidae, tyto současně na začátku (A) odběru nebyly převládajícím taxonem, a zároveň na konci experimentu (C) jejich abundance stále rostla. V konečné fázi experimentu (C) tedy opět dominovaly skupiny jepic a pakomárů (obr. 11).



Obr. 12: Počty jedinců vodních bezobratlých ve vyšších taxonomických skupinách pro jednotlivé typy habitatů v průběhu celého experimentu (A+B+C), znázorněn je i celkový počet jedinců v daném typu habitatu

Z obrázku 12 je patrné, že nejvíce jedinců bylo v habitatu 3, kde převládly jepice. Druhým habitatem co do počtu jedinců byl habitat 4, kde naopak převládali pakomáři. Oba tyto habitaty byly převážně složeny z hrubého štěrku. Na druhé straně škály habitaty 5 a 9, které mají nejméně jedinců, v obou habitatech byly v sedimentu na povrchu kameny a balvany. Habitat s největší taxonomickou diverzitou (6 vyšších taxonů) byl číslo 1, kde byly hrubší kameny v peřeji. Naopak nejmenší taxonomickou diverzitu zaznamenal habitat 10, kde se nacházel detrit a byli v něm nalezeni zástupci pouze skupin Oligochaeta, Mollusca a Chironomidae.

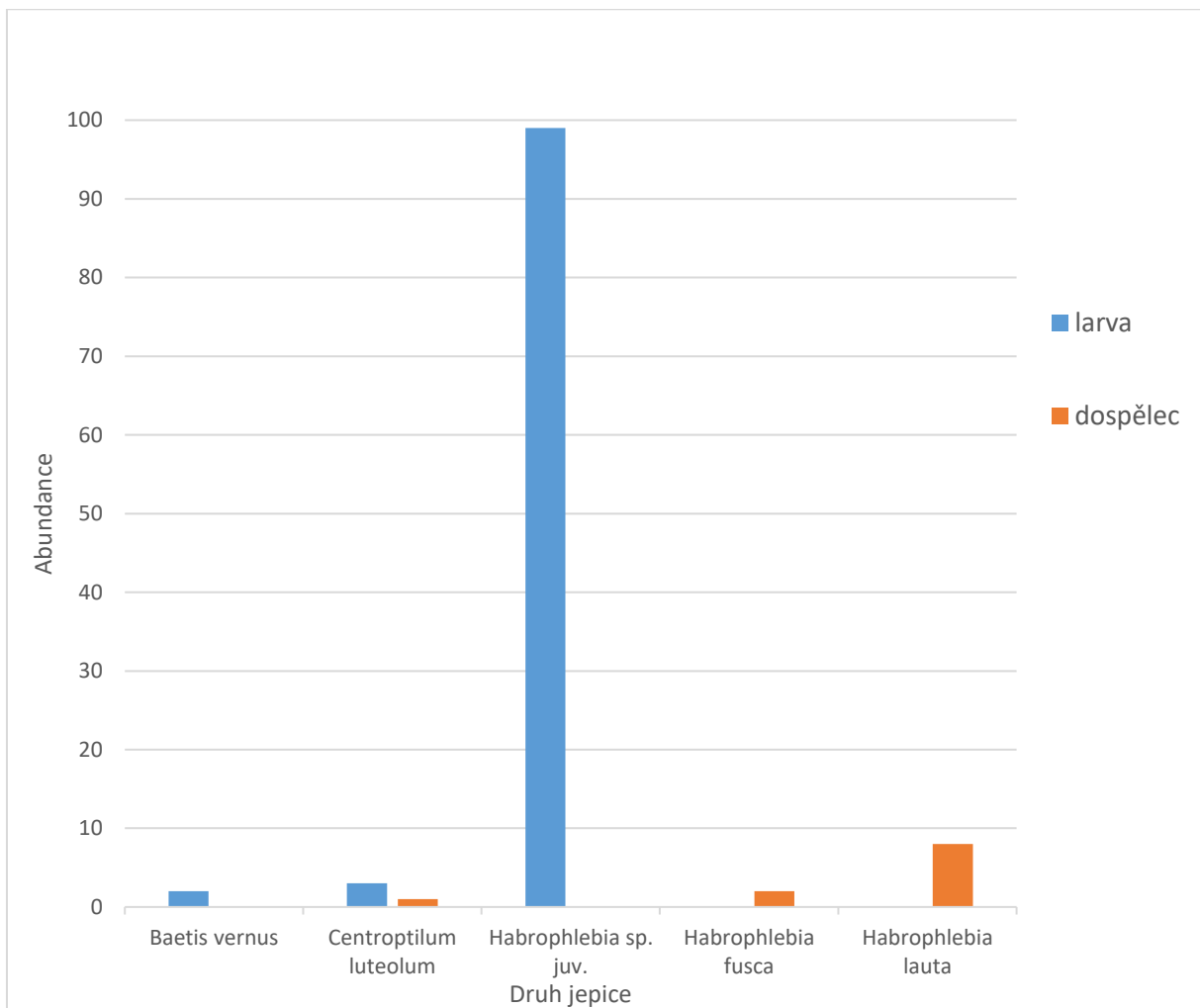
5.1.2. POČTY TAXONŮ A JEDINCŮ



Obr. 13: Srovnání počtu akvatických taxonů zjištěných v jednotlivých fázích experimentu (A, B, C) s celkovým počtem taxonů zjištěným v celém experimentu.

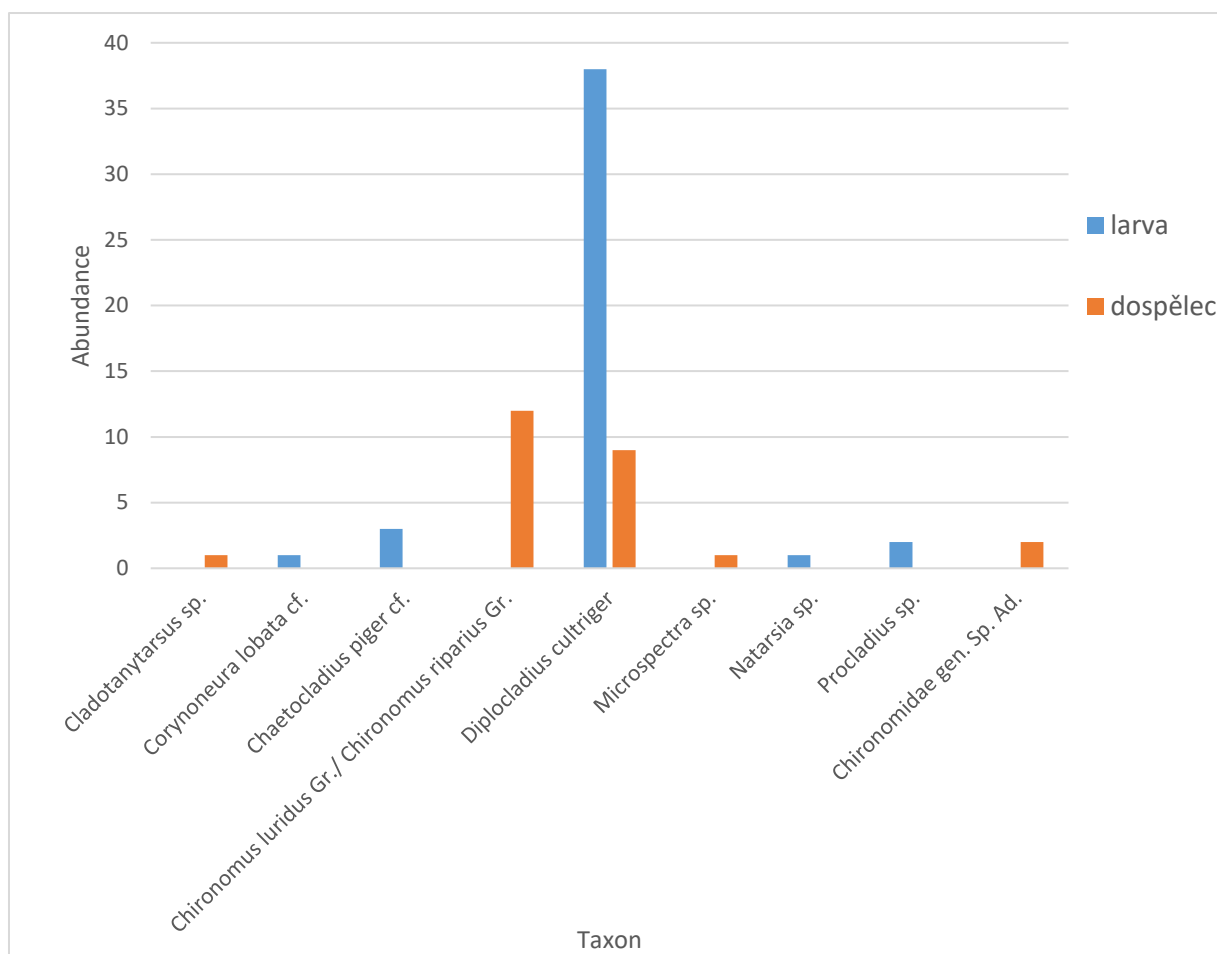
Největší počet taxonů (či srovnatelný s ostatními fázemi) jednotlivých taxonomických skupin byl zaznamenán většinou až na konci odchovu (C), s výjimkou skupiny Coleoptera, která dosáhla maxima již v průběhu odchovu v části (B). Vyšší počet taxonů byl zaznamenán na začátku experimentu jen u skupin Diptera, Oligochaeta a Chironomidae, a na jeho konci výrazně nepoklesl. U některých skupin nebyli zachyceni jejich zástupci v některých fázích

experimentu vůbec (Crustacea na počátku, Mollusca v průběhu a Plecoptera v prvních dvou fázích experimentu).



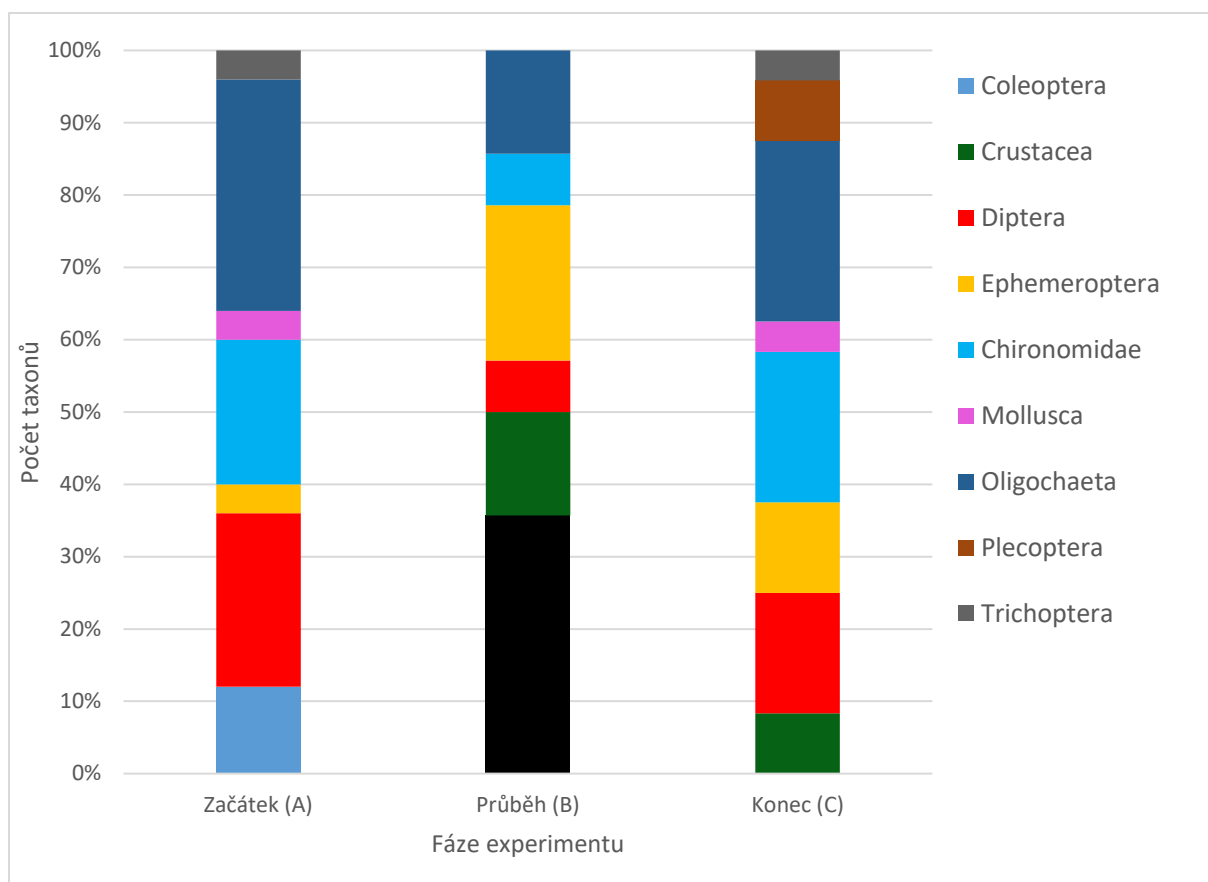
Obr. 14: Počty larev a vyletujících jedinců u jepic v průběhu odchovu (B) nebo i (C)

Pro detailnější komentář byly vybrány dvě skupiny (Ephemeroptera, Chironomidae) u nichž probíhal úspěšný výlet dospělců během odchovné fáze experimentu. Patrné z obrázku 14 je, že nevyletěl ani jeden zástupce druhu *Baetis vernus* (Curtis, 1834), a pouze několik jedinců *Habrophlebia fusca* (Curtis, 1834). Nejvíce jedinců vyletělo u druhu *Habrophlebia lauta* (Eaton, 1884). Dále bylo nalezeno 99 juvenilních stádií rodu *Habrophlebia* kteří byli dále nerozlišitelní.



Obr. 15: Počty larev a vyletujících jedinců u pakomárů v průběhu (B) odchovu i po jeho skončení (C)

Největší zastoupení z hlediska počtu larev měl pakomár *Diplocladius cultriger* (Kieffer, 1908), bylo u něj nalezeno téměř 38 larev a dále 9 jedinců vyletělo. Výrazně méně larev se již našlo u skupin *Corynoneura lobata* (Edwards, 1924), *Chaetocladius piger* (Goetghebuer, 1913), *Natarsia sp.* a *Procladius sp.* Z vyletujících jedinců byly determinovány druhy *Microspectra sp.* a *Cladotanytarsus sp.*, u těchto druhů byly zaznamenány pouze dva jedinci, nicméně jejich larvy zachyceny nebyly. Determinace dospělců byla obtížná kvůli rychlé ztrátě pigmentu (díky fixaci ve formalinu) a poškození těl pakomárů, což byl případ i dvou vyletujících jedinců, u kterých bylo poznáno pouze to, že patří do skupiny Chironomidae. Poslední vyletující jedinci byli determinováni jako příslušníci skupin *Chironomus luridus* Gr. (Strenzke, 1959) nebo *Chironomus riparius* Gr. (Meigen, 1804), těchto jedinců bylo zaznamenáno 12, přičemž jejich larvy nebyly zachyceny jak v části B, C tak ani v části A.



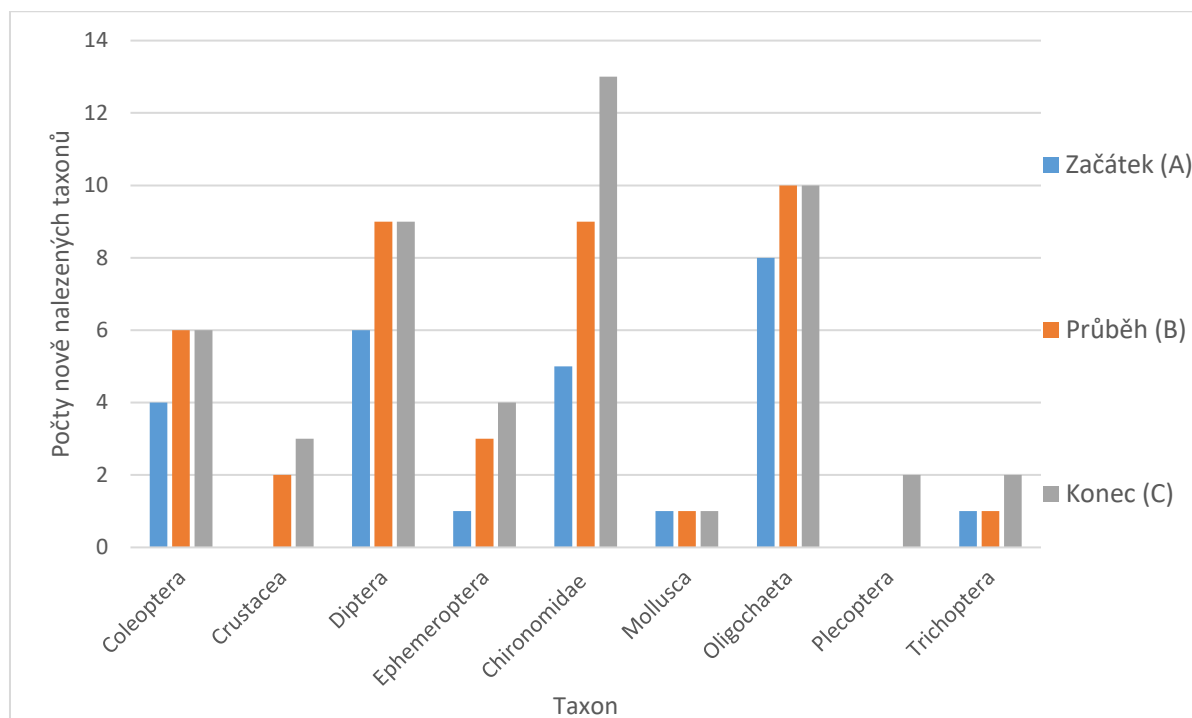
Obr. 16: Procentuální zastoupení počtu taxonů osmi taxonomických skupin vodních bezobratlých v různých fázích experimentu

Tab. 8: Počty akvatických taxonů v jednotlivých taxonomických skupinách v jednotlivých fázích experimentu a celkem v průběhu experimentu.

Skupina	Fáze experimentu			Celkem
	Začátek (A)	Průběh (B)	Konec (C)	
Coleoptera	3	5	0	6
Crustacea	0	2	2	3
Diptera	6	1	4	9
Ephemeroptera	1	3	3	4
Chironomidae	5	1	5	8
Mollusca	1	0	1	1
Oligochaeta	8	2	6	10
Plecoptera	0	0	1	1
Trichoptera	1	0	1	2

Celkově nejvíc taxonů bylo zaznamenáno u skupiny Oligochaeta (10), Diptera (9) a u skupin Coleoptera (6) a Chironomidae (8). U skupin Mollusca a Plecoptera byl nalezen vždy jen jeden taxon. U měkkýšů to byla hrachovka *Pisidium* sp. (pravděpodobně obtížně odlišitelný komplex druhů *P. personatum* (Malm, 1855) a *P. casertanum* (Poli, 1971)), u pošvatek *Isoperla* sp., u skupiny Crustacea byly nalezeny tři taxony, ale převažujícím druhem makrozoobentosu

byla beruška vodní (viz Tab. 8). Celkově tedy bylo odebráno 42 taxonů vodních bezobratlých, jak již bylo psáno výše.



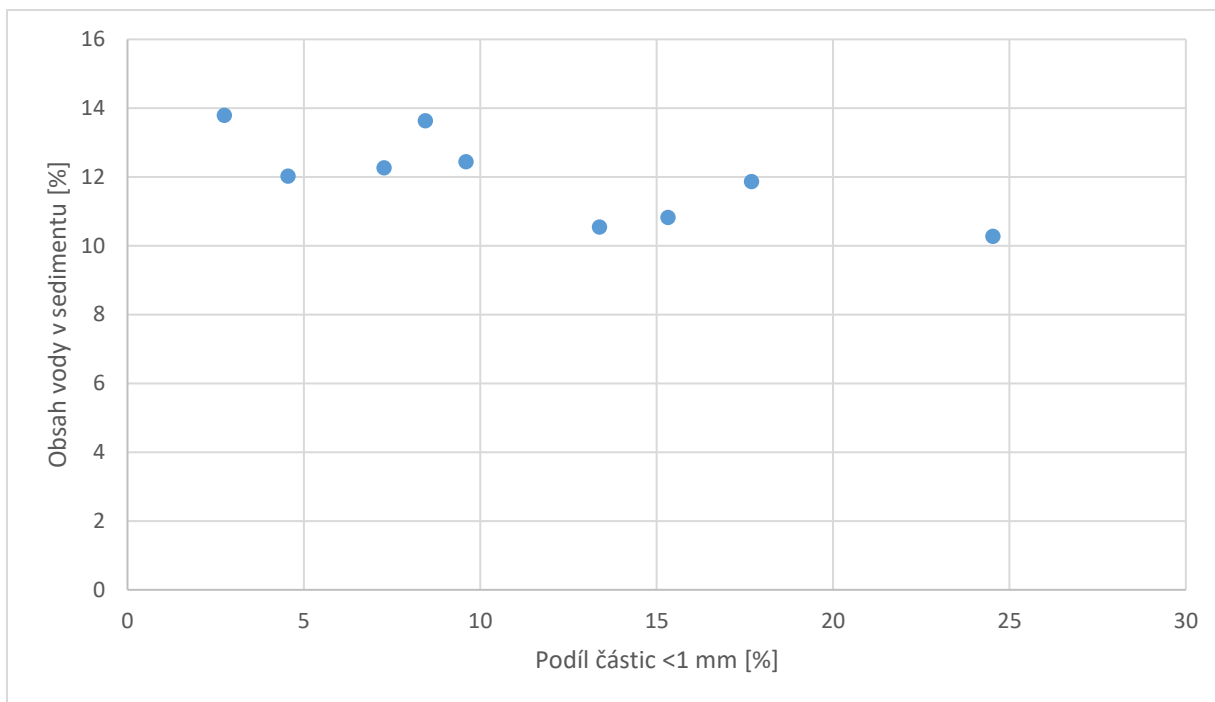
Obr. 17: Kumulativní nárůst počtu zaznamenaných taxonů vodních bezobratlých v po sobě následujících fázích experimentu u jednotlivých tax. skupin.

A – počet taxonů na začátku odchovu; B – nově zachycené taxony v průběhu odchovu, které nebyly ve fázi A; C – nově zachycené taxony na konci odchovu, které nebyly ve fázi A a B (do grafu zahrnuta pouze akvatická vývojová stádia, tj. bez vyletujících dospělců)

Na obrázku 17 můžeme vidět změnu počtu nově nalezených taxonů v rámci tří po sobě jdoucích fází experimentu. Je vidět, že skupina Coleoptera nezaznamenala žádný nárůst zachycených taxonů v poslední fázi experimentu, kde již nebyli žádní jedinci (tudíž ani nové taxony). Naopak počty nově nalezených taxonů u skupiny Ephemeroptera v jednotlivých fázích experimentu rostly. Skupiny Diptera a Oligochaeta zaznamenaly nárůst jen mezi fázemi A a B. Při průběžném odebrání (část B) nebyly některé taxony nalezeny vůbec díky snadné přehlédnutelnosti (v případě pakomárů a máloštětinatců), či nízkému počtu jedinců, a proto právě ve skupině Chironomidae přibýly nové taxony až na konci experimentu. U skupiny Crustacea byly zaznamenány nové taxony pouze v průběhu a na konci experimentu.

5.1.3. VZÁJEMNÉ VZTAHY ABIOTICKÝCH FAKTORŮ

V těchto výsledcích se nachází pouze korelace, které byly signifikantní. Všechny ostatní testované veličiny jsou uvedeny v příloze 5 na konci práce.



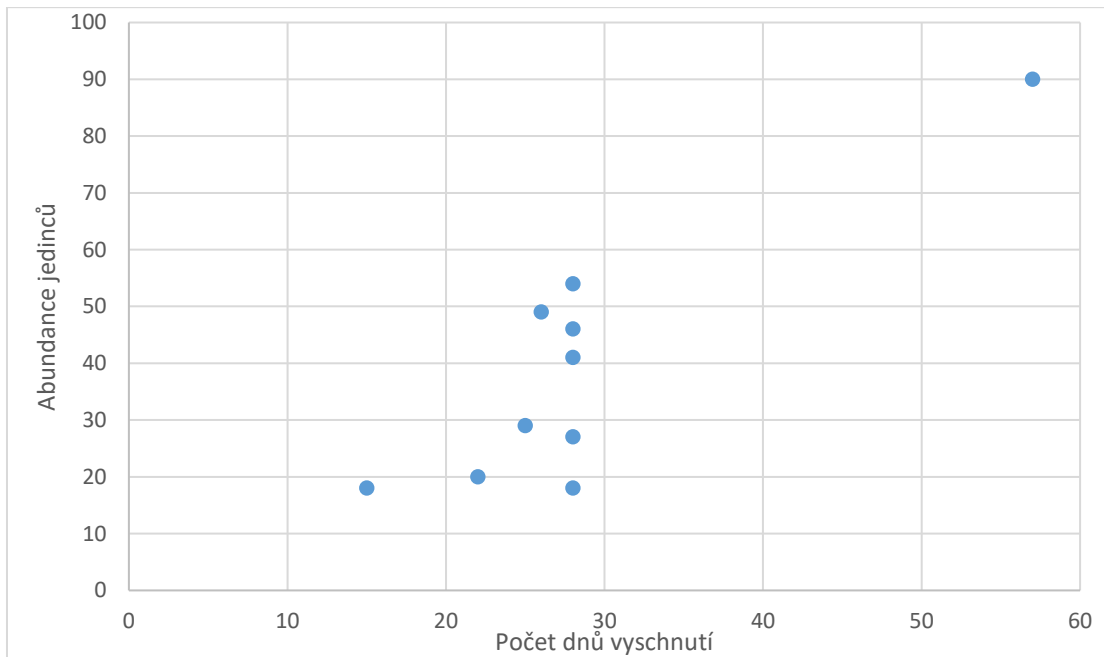
Obr. 18: Vztah vlhkosti substrátu (% obsahu vody ve frakci menší než 2 mm) a proporcí částic menších než 1 mm v sedimentu (Spearmanův korelační koeficient $R_S = -0,774$; $p < 0,05$)

Pozn.: Z grafu již byla vypuštěna odlehlá hodnota habitatu 10 (detrit) s vysokým podílem organických částic, a tudíž i obsahu vody, která vytvářela díky odlehlosti opačný trend v datech ($R_S = -0,768$, $p < 0,05$)

Při testování vyšla překvapivě negativní korelace obsahu jemných částic sedimentu (< 1 mm) s obsahem vody i když z logiky věci lze předpokládat vyšší vlhkost v jemnozrnnějších substrátech s větším celkovým povrchem částic a vyšším zastoupením organické hmoty.

Při hledání dalších vztahů mezi jinými abiotickými faktory již nebyly nalezeny žádné signifikantní korelace (viz Příloha 5). Trend nebyl nalezen ani u vztahů, kde byla ponechána jedna z odlehlých hodnot (téměř dvojnásobná doba vyschnutí jednoho z habitatů či výrazně vyšší vlhkost habitatu s dominancí detritu). Testovány mezi sebou byly veličiny „doba vyschnutí“, „% obsah vody v přesívaném materiálu“, „% zastoupení částic <1 mm“, „velikost mediánu částic sedimentu“, „1. a 3. kvartil velikosti částic sedimentu“ a to v různých kombinacích, nicméně signifikantní vyšly pouze výše uvedené závislosti.

5.1.4. ABIOTICKÉ FAKTORY A JEJICH VZTAH K CHARAKTERISTIKÁM SPOLEČENSTVA



Ob. 19: Vztah abundance odchovaných jedinců vodních bezobratlých ve všech fázích experimentu (A+B+C) k počtu suchých dní (Spearmanův korelační koeficient $R_S = 0,803$; $p < 0,01$)

Signifikantní korelace byla zjištěna ve vztahu délky suché periody a abundance akvatických taxonů celého společenstva zjištěného během celého experimentu (A+B+C). Při odstranění odlehlé hodnoty (představované dlouhodobě vyschlým břehem – habitat č. 3) zůstával vztah pořád průkazný ($R_S=0,802$, $p < 0,01$).

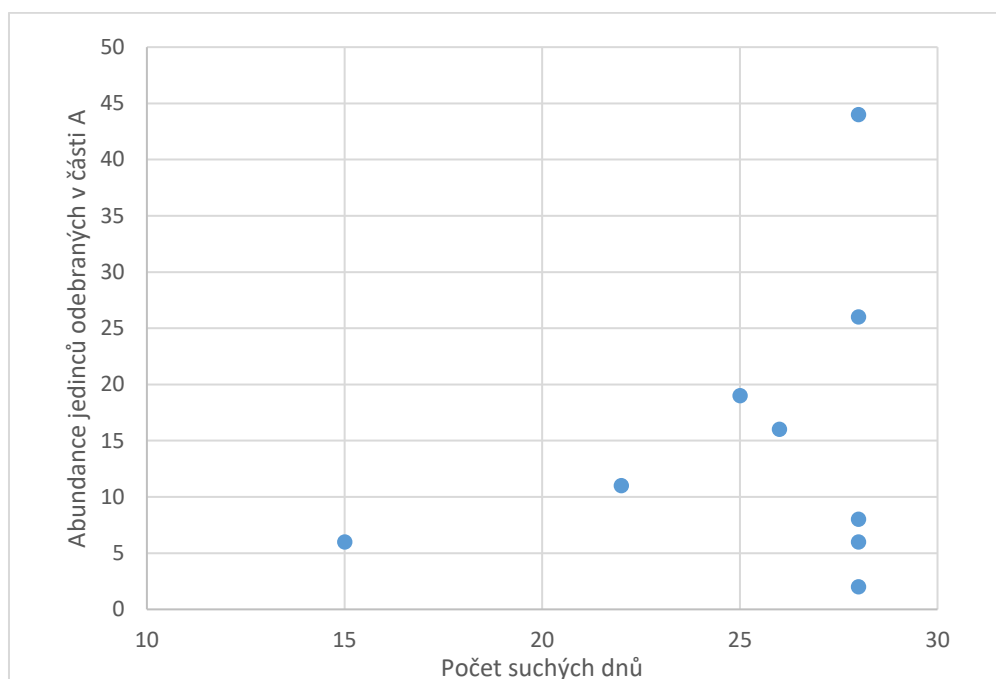
Další vztahy abiotických faktorů vůči abundanci, respektive počtu taxonů již nebyly průkazné na žádné z hladin významnosti. Testovány byly veličiny „doba vyschnutí“, „% obsah vody v přesívaném materiálu“, „% zastoupení částic <1 mm“, „velikost mediánu částic sedimentu“ a „1. a 3. kvartil velikosti částic sedimentu“ u kterých byl hledán signifikantní vztah vůči „počtu taxonů“ nebo „abundanci jedinců“ pro různé fáze experimentu, popřípadě pak pro abundance sloučených fází – A + B, A + C, B + C, A + B + C. Kompletní přehled všech testovaných veličin je uveden v tabulce v Příloze (Příloha 5).

Dále mezi sebou byly testovány abundance jedinců a počet taxonů v různých fázích experimentu (A, B, C) vůči abiotickým proměnným, respektive jejich různé kombinace. Zde již nebyla nalezena signifikantní korelace, a to ani v případě abundance jedinců nalezených

v průběhu celého experimentu (A+B+C) vůči abundanci taxonů nalezených v průběhu celého experimentu (A+B+C). Celý přehled testovaných taxonů je k nahlédnutí v přílohách.

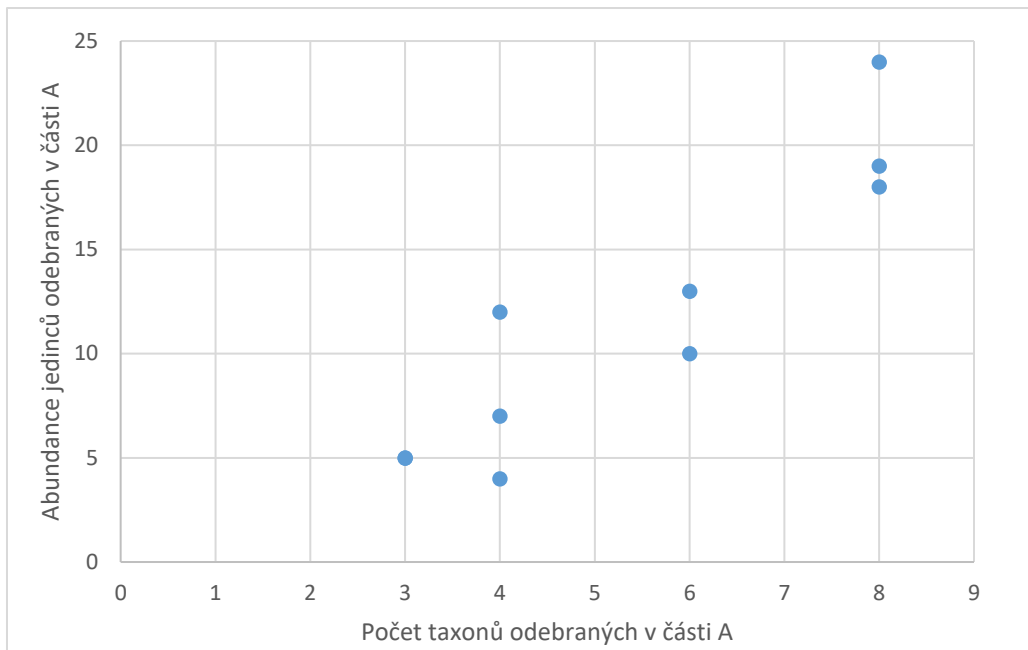
5.2. DĚLENÍ DLE VZTAHŮ JEDINCŮ A TAXONŮ ODEBRANÝCH NA ZAČÁTKU EXPERIMENTU (A) A JEDINCŮ A TAXONŮ ODEBRANÝCH V PRŮBĚHU A NA KONCI EXPERIMENTU (B+C)

Do této části byly zahrnuty pouze vztahy, u kterých byla prokázána signifikantní závislost. Testování bylo prováděno ze souboru dat získaných v jednotlivých částech experimentu samostatně i v součtu všech fází (A+B+C)



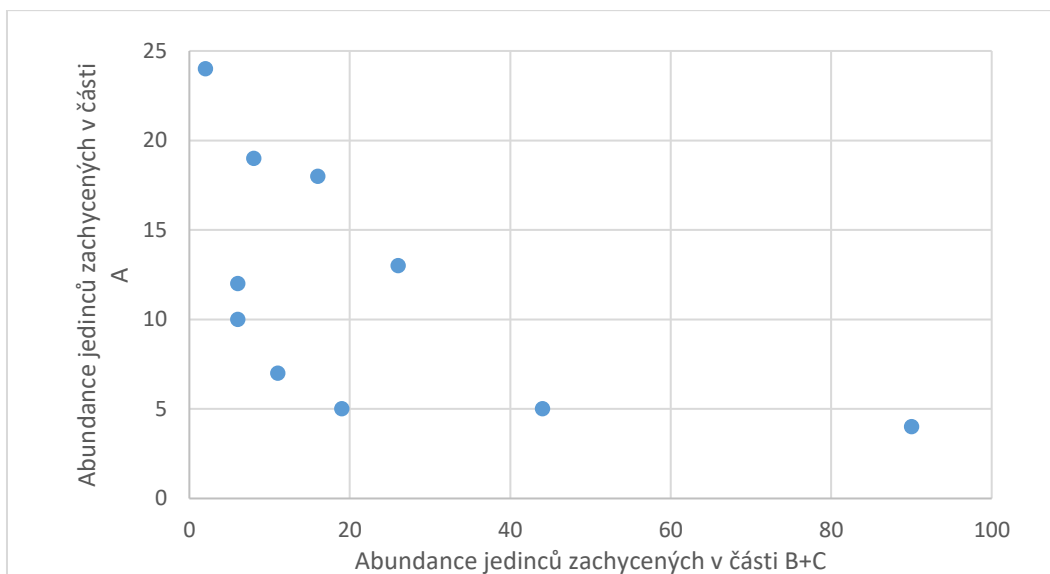
Obr. 20: Vztah abundance jedinců vodních bezobratlých (odebraných na začátku experimentu „B+C“) a délky vyschnutí ($RS= 0,768$, $p < 0,05$) bez odlehlé hodnoty 57 dní.

Byl analyzován vztah abiotických faktorů vůči počtu taxonů a jedinců výše zmíněných „perzistentních“, respektive „rezistentních“ taxonů. Signifikantně vyšla pouze jediná korelace. Byl to vztah abundance tzv. „rezistentních“ taxonů a počtu dní vyschnutí (obr. 20). To poukazuje na fakt, že s delší periodou vyschnutí se v sedimentu objevovalo více taxonů, které nebyly zachyceny v úvodní fázi experimentu (A). Signifikantní vztah vyšel i u počtu dní vyschnutí a počtu jedinců zachycených ve všech fázích experimentu dohromady (A+B+C).



Obr. 21: Vztah počtu taxonů a jedinců vodních bezobratlých nalezených na začátku experimentu (A) (RS= 0,902, $p < 0,001$)

Obr. 21 ukazuje, že s rostoucím počtem jedinců ve vzorku logicky roste i počet taxonů perzistentních stádií odebraných v jednotlivých fázích experimentu. Tato závislost je vyjádřena poměrně silnou korelací na hladině významnosti 0,001, nicméně tento vztah je očekávatelný a souvisí s velikostí celého vzorku. Testován byl také vztah počtu rezistentních jedinců a rezistentních taxonů v průběhu jednotlivých fází experimentu, nicméně tento vztah již nebyl prokazatelný.

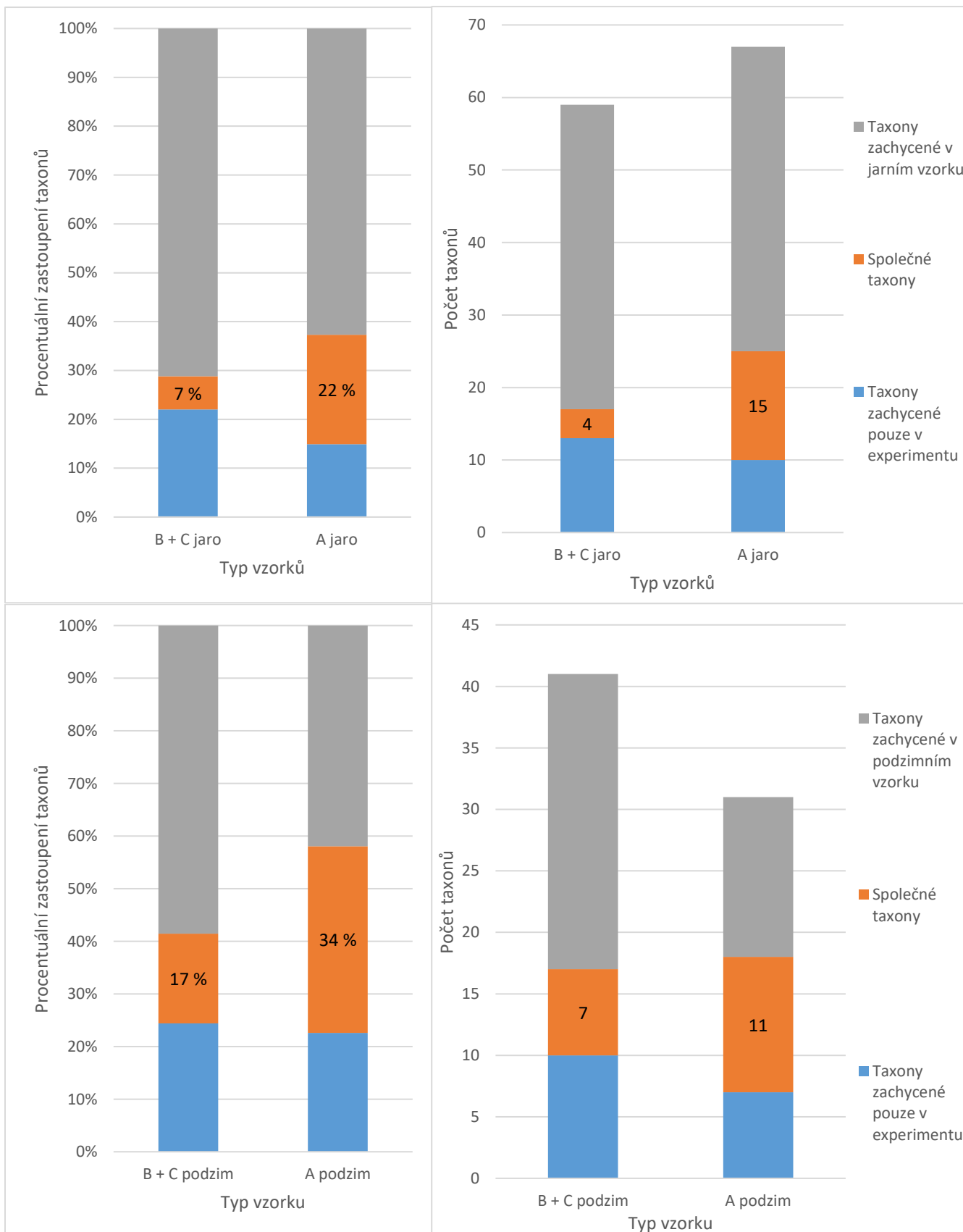


Obr. 22: Vztah abundance jedinců vodních bezobratlých odebraných na začátku experimentu (A) a jedinců taxonů nově získaných v průběhu a na konci experimentu (B+C) na 10 habitatech během celého experimentu – A+B+C, (RS= -0,736, $p < 0,05$)

Ze vztahu na obrázku 22 je patrné, že se vzrůstající abundancí rezistentních taxonů klesá abundance perzistentních taxonů. Závislost zde není až tak silná ($p < 0,05$), nicméně slabší korelace zde existuje. Je tedy jasné, že zatímco některé habitaty osidlují spíše „rezistentní“ (A) a jiné naopak „persistentní“ (B+C) taxony.

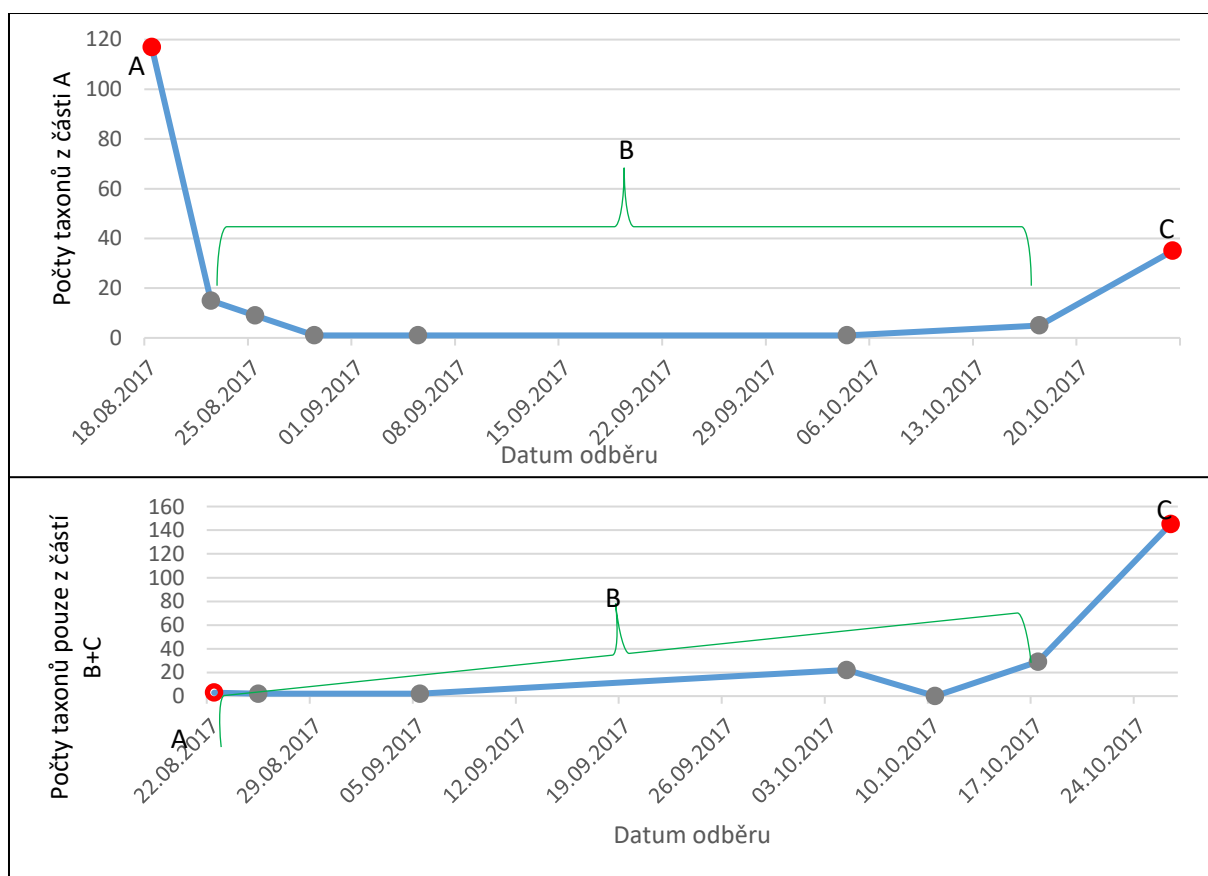
V tabulce na konci práce (příloha 6) je srovnání počtu odebraných taxonů, které ukazuje, že v průběhu letního vzorkování (tedy při vzorkování vyschlého substrátu dna) nebyly vůbec nalezeny tyto vyšší taxonomické skupiny: Simuliidae (byly zaznamenány pouze v jarním vzorkování), Neuroptera (byly zaznamenány pouze v podzimním vzorkování). Naopak některé taxony byly nalezeny pouze v letním období (ve fázích experimentu A i B+C), jedná se o tři taxony máloštětinatců – Enchytraeidae *juv. gen. sp.*, *Fridericia sp.*, *Nematoda-Mermitidae gen. sp.*, dva zástupce planktonních korýšů - *Cladocera gen. sp.*, *Copepoda gen. sp.*, čtyři zástupci brouků - *Anacaena lutescens* (Stephens, 1829), *Helophorus cf. Minutus* (Fabricius, 1775), *Hydraena riparia* (Kugelann, 1794), *Hydraena sp. Lv.*), čtyři zástupce dvoukřídlých - *Pilaria disciollis cf.* (Meigen, 1818), *Rhagio sp.*, *Chrysops sp. cf.*, *Tricyphona immaculata* (Meigen, 1804), 8 zástupců pakomárů - *Corynoneura lobata cf.* (Edwards, 1924), *Micropsectra astrofasciata Gr.*, *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 181), *Micropsectra sp. Ad.*, *Cladoanytarsus sp. Ad.*, *Chironomus luridus Gr./ Chironomus riparius Gr.*, *Chironomidae gen. sp. Ad.*, a dvě jepice (*Centroptilum luteolum*, *Habrophlebia lauta*).

Naopak pouze pět taxonů se nacházelo ve všech typech odběru (jaro, léto i podzim): *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1926), *Stylodrilus sp. juv.* (Oligochaeta), *Nematoda gen. sp.*, *Hydraena nigrita* (Germar, 1824) (Coleoptera) a *Chaetocladus piger-Gr* (Chironomidae). Celkově nejvíce taxonů bylo zaznamenáno při jarním odběru (61), dále při podzimním odběru (45), a nejméně vodních taxonů bylo nalezeno při letním odběru (celkově 42), na začátku experimentu (část A–26) a o něco více taxonů při průběhu a konci experimentu (část B+C–35).



Obr. 23: Poměr počtu akvatických taxonů a jejich procentuálního zastoupení na začátku experimentu (A) a těch co přibýly nově v průběhu + na konci experimentu (B+C), vůči zastoupení taxonů v jarních (oba grafy nahoře) a podzimních (oba grafy dole) vzorcích odebraných za běžného průtoku metodou Perla. Čísla ve sloupcích zobrazují počet či procento společných taxonů.

Na obrázku 23 vpravo můžeme vidět srovnání počtu taxonů nalezených na začátku odběru „A“) a těch, které byly průběžně odebírány „B“ a odchovány „C“. Je patrné, že druhy z části A mají výrazně větší podobnost (počet shodných druhů) se vzorky odebranými na podzim i na jaře, než druhy z částí B+C. Kvůli odlišným počtům taxonů v jarních a podzimních vzorcích byla tato čísla převedena na procentuální podíl a v levé části obrázku 23 je tedy zobrazeno procento taxonů shodných s taxocenózami před (jaro) a po (podzim) vyschnutí. Z obrázků je patrné, že taxony z části A mají vyšší podobnost se vzorky z podzimu i jara oproti odchované části (B+C). Taxony odchované navíc v částech B+C tak tak přidávali oproti druhům nalezeným již v části A pouze jednu třetinu druhového bohatství při srovnání s jarními vzorky (A=22 % ku B+C = 7%) a zhruba jednu polovinu druhů při srovnání s podzimními odběry (A=34 % ku B+C = 17%). Celkově lze tedy na základě procentuální shody taxonů získaných z vyschlého sedimentu (A+B+C) s podzimními vzorky konstatovat, že více než 51 % taxonomického složení podzimního společenstva může pocházet ze dna vyschlého toku.



Obr. 24: Počty taxonů vodních bezobratlých zobrazena na časové ose od začátku experimentu (A) přes všechny průběžné odběry (B) až po jeho ukončení, včetně (C). Horní obrázek ukazuje změny početnosti taxonů zachycených již v části A, spodní obrázek taxony zachycené výlučně až v částech B+C (všechny taxony zachycené na počátku byly zařazeny do části A, proto je první kroužek prázdný). Červenými body označena data kdy byl přebírán celý vzorek, šedými značkami průběžné kontroly při nichž byli vybírání pouze dobře patrní či vyletující jedinci (jedná se tedy pouze o orientační, ne celkové počty)

Je zřetelné, že na začátku experimentu (Obr. 24 nahoře) bylo nalezeno nejvíce jedinců charakteristických pro vyschlý sediment (část A), kteří se objevovali i v prvních kontrolách na počátku odchovu (do 28.8.). Jejich abundance přitom ani na konci experimentu po 2 měsících odchovu nedosáhla počáteční hodnoty početnosti. U taxonů nově nalezených až během průběžných odběrů (B) či na konci experimentu (C) (viz Obr. 24 dole) je naopak patrné, že jejich abundance ke konci experimentu spíše narůstala (s výjimkou 10.10.), a na závěr dosáhla cca 3,5 x vyšší početnosti (více než 140 jedinců v B+C oproti necelým 40 v A) než skupina nalezená výlučně na počátku experimentu ve vyschlém dně (A).

6. DISKUZE

6.1. TAXONOMICKÉ SLOŽENÍ A ABUNDANCE

Jak již bylo komentováno ve výsledcích, jedinci skupiny Coleoptera byli nalezeni pouze na začátku experimentu a při průběžných kontrolách (část A+B), kdy, již pravděpodobně došlo k jejich úplnému vybrání ze vzorků. To souvisí pravděpodobně tím, že zástupci této skupiny jsou nápadní svou velikostí a větší pohyblivostí, což usnadňuje nalezení ve vzorku. Ostatní skupiny, které neměly tyto výrazné vlastnosti, byly proto během průběžné kontroly (B) v substrátu přehlíženy. Substrát byl totiž při odchovu co nejméně narušován, jelikož by při zvíření organické hmoty mohlo dojít k náhlému poklesu kyslíku, což by mohlo ovlivnit výsledky odchovu. Jiné organismy, které jsou převážně ukryty v substrátu, byly proto při průběžných kontrolách nacházeny v menším počtu či zcela přehlíženy (Ephemeroptera, Chironomidae a Oligochaeta).

Habitat vyschlého dna není zcela typický pro terestrické bezobratlé, kteří byli zachyceni v rámci experimentu (tab. 7). Je to pro ně nicméně dočasně vhodný habitat s dostatkem množství potravy (CORTI & DATRY 2016) zejména v iniciálních stádiích ihned po vyschnutí. Terestrické skupiny spolu se semiakvatickými bezobratlými zde střídají během disturbance vyschnutím faunu typicky akvatickou. Vyšším počtem terestrických bezobratlých je pak v prvních dnech vyschnutí urychlováno snižování počtu akvatických bezobratlých, kvůli aktivní predaci suchozemskými skupinami, které na obnaženém a přehledném dně snáze hledají kořist (CORTI & DATRY 2016, VERDONSCHOT et al. 2011). Nejpočetnější skupinou byli drabčící,

což jsou typičtí predátoři na vyschlém dně, spolu s nimi se zde objevovala slunéčka, což jsou další predátoři. Početnou skupinou byli i chvostokoci, kteří se občas můžou vyskytovat na vodní hladině (HOLMSTRUP et al. 2001), to tedy odpovídá tomu, že byli většinou vybíráni až po skončení odchovu.

Srovnání počtu jedinců v rámci jednotlivých habitatů je možné pozorovat na obrázku 12. Některé habitaty jako např. hrubý štěrk se takto na první pohled (tj. bez statistického testování) z hlediska početnosti či počtu taxonů jeví jako vhodné refugium v rámci disturbance vyschnutím, protože zřejmě poskytují vhodnou velikost intersticiálních prostor, které mohou organizmy využít. Naopak habitaty s většími kameny a balvany nebyly z tohoto pohledu ideálním refugiem, přičemž důvodů může být vícero (např. vyplnění prostoru mezi nimi jemným bahnem bránícím průniku bezobratlých či prostý fakt, že velmi hrubozrnný substrát má daleko menší povrch, a tudíž i využitelný prostor). Habitat č. 3 je nicméně zajímavý z toho důvodu, že u něj byl zaznamenán největší počet dní bez průtoku (57), i přesto se v jeho sedimentech (v součtu částí A+B+C) vyskytovalo nejvíce bezobratlých (hlavně jepic). To může být způsobeno např. dostatečnou hladinou podpovrchové vody, která ve společnosti se sedimentem (hrubý štěrk) vytvářela ideální refugium právě pro larvy jepic nebo i tím, že vajíčka odchovaných druhů (např. rod *Habrophlebia*) dokážou odolat ve vlhkém substrátu dlouhodobému vyschnutí (ŘEZNIČKOVÁ et al. 2010). Další zajímavý výsledek se týká habitatu 10, ve kterém i přes vysoký podíl organické složky a vyšší vlhkost bylo poměrně málo jedinců a nejméně vyšších taxonomických skupin (3) ze všech vzorkovaných habitatů. Příčin může být opět vícero, nicméně nelze vyloučit, že zde díky velkému množství organické hmoty (42,9 % jemnozrnné frakce – viz Tab. 5) nedocházelo k dostatečnému provzdušňování a bezkyslíkaté poměry nebyly pro přežití vhodné. Celkově nejvíce vyšších taxonomických skupin bylo nalezeno v habitatu 1, (včetně výskytu hrachovek, které na ostatních habitatech zaznamenány nebyly. Rod *Pisidium* je známý relativně dobrou resistencí vůči vysychání pomocí schopností zahrabat se do jemného sedimentu a přečkat zde ve vlhku suchou periodu (LOSKOTOVÁ 2015, MOUTHON 2011). Díky svým fyziologickým adaptacím, jako je pevná uhličitanová schránka, umožňující uchovávat malé množství vody (WILLIAMS 2006), jsou typickými obyvateli intermitentních toků. Zde tedy můžeme odpovědět na první otázku této práce a říct, že prostorová distribuce stádií v semenné bance je v rámci odlišných habitatů rozdílná.

Míru přežití i schopnost vylézt z vyschlého substrátu během kultivace totiž vykazovaly různé druhy značně odlišnou. V případě *Baetis vernus* došlo k nálezům pouze dvou larev (jedna v části A, druhá v části C), přičemž v prvním případě se jednalo pravděpodobně o umírajícího jedince a u druhého z části (C) šlo nejspíše jen o mrtvé tělo. Druh *Centroptilum luteolum* byl nalezen v počtu tří larev (2x v B, 1x v C), a dvou adultů nalezených při průběžných kontrolách (B), tento druh nemá příliš vyhraněné nároky na prostředí, je to eurytermní a reolimnofilní druh (ZAHŘÁDKOVÁ et al. 2009, ŠUPINA 2014), který se vyskytuje ve stojatých a pomaleji tekoucích vodách, Žejbro je pro něj tedy typickým stanovištěm. Často se vyskytuje i v biotopech s detritem nebo mírnou vegetací (BAUERNFEIND & SOLDÁN 2012), nicméně v habitatu 10, kde byl největší podíl organické složky, nalezen nebyl. Rod *Habrophlebia* byl zastoupen dvěma druhy, a to *H. fusca* a *H. lauta*. U juvenilních larev rodu *Habrophlebia* bylo zaznamenáno téměř 100 jedinců, nepřiraditelných v raném stádiu k jednomu z druhů. Můžeme předpokládat, že alespoň určitá část larev náležela ke druhu *H. fusca*, což je dle BOHLE (2000) typický indikátor vysychavých toků. Druh byl také nalezen na intermitentních tocích v rámci dalších studií (ACUÑA et al. 2005, STUBBINGTON et al. 2009a, MEYER et al. 2003). Většina jedinců larev byla odchována (tj. zachycena až v B+C), což zřejmě indikuje dobrou resistenci druhu, která je umožněna tvorbou dormantních vajíček, které jsou v dostatečně vlhkém substrátu rezistentní k vysychání (BUFFAGNI et al. 2007, ŘEZNÍČKOVÁ et al. 2010).

Pakomáři se obecně považují za taxonomickou skupinu s větší resistencí vůči vyschnutí (SUEMOTO et al. 2005). Největší zastoupení z hlediska larev měl pakomár *Diplocladius cultriger*, což není dominantní druh na této lokalitě (P. Pařil – ústní sdělení na základě dat z databáze BIOSUCHO), a v roce 2016 byl zaznamenán při běžném průtoku pouze v nízké abundanci na podzim. Většina těchto larev byla nalezena až po skončení odchovu (C), což znamená, že většina jedinců nestihla během 2 měsíční kultivace dokončit vývoj (nalezeno celkem 48 larev ale vyléztlo pouze 9 jedinců).

Výrazně méně larev pak bylo nalezeno u dalších taxonů pakomárů jako *Corynoneura lobata*, *Chaetocladius piger*, rody *Natarsia* a *Procladius*, toto může být způsobeno nedostatečným probráním materiálu. Z vylétujících jedinců pak byly determinovány rody *Microspectra* sp. a *Cladotanytarsus* sp. (díky poškození materiálu nebyla možná přesnější identifikace specialistou), jejichž larvy zachyceny nebyly, což může být způsobeno buď

nedostatečným probráním materiálu, velmi nízkou densitou nebo velmi rychlým vývojem larev z vajíček. Životní cyklus pakomárů může trvat pouze i 20 dní (BRINKHURST & JAMIESON 1971), je tedy možné, že celý svůj vývoj prodělali tito jedinci v odchovných nádobách. To by mohl být zejména příklad i posledního taxonu, u něž byli zaznamenáni dospělci determinovaní jako příslušníci skupin *Chironomus luridus/Ch. riparius* (nerozlišitelní díky poškození materiálu) ale jejich larvy ve vzorcích chyběly.

6.2. VZTAHY ABIOTICKÝCH FAKTORŮ A JEJICH VZTAH K BIOTĚ

Vlastnosti abiotických faktorů ve svrchních vrstvách hyporeálu (např. velikost zrna sedimentů a k tomu se vztahující porosita, vlhkost atd.) jsou v rámci vysychajících toků zásadní (WAGNER & BRETSCHKO 2002, STUBBINGTON et al. 2009a, 2009b). Proto jsem se ve své práci pokusil ověřit vztah základním měřením charakteristik substrátu, jako velikost zrna, medián, 1 a 3. kvartil, podíl jemné frakce <1 mm, procentuální zastoupení vody v substrátu a doba vyschnutí. Vztah velikosti mediánu částic k podílu částic <1 mm (%) v sedimentu měl negativní korelaci což je logické, jelikož s narůstající velikostí zrna klesá zastoupení jemnozrné frakce substrátu. Dalším průkazným výsledkem byl vztah vlhkosti substrátu a podílu částic menších než 1 mm, který ovšem měl oproti předpokladu (jemný substrát má větší povrch a často více organické hmoty) překvapivě klesající tendenci, kdy v substrátu s menším podílem jemné frakce byla větší vlhkost. Tyto nejmenší částice přitom často obsahují nejvyšší podíl organické hmoty, která je schopna dlouhodobě vázat vodu a tím udržovat dostatečně vlhké prostředí pro přežití bezobratlých. Tato abnormalita může být pravděpodobně vysvětlena nestejnou dobou vyschnutí 10 vzorkovaných habitatů, kdy například habitaty s vyšším obsahem jemnozrných částic mohly být vyschlé již delší dobu, a naopak habitaty s vyšším obsahem hrubozrných částic mohly být vyschlé kratší dobu.

Další abiotické faktory již mezi sebou signifikantně nekorelovaly. V některých případech to může být vysvětleno odlehlými hodnotami, například v počtu suchých dní, kdy tuto odlehlost vytvářel habitat 3, který měl dobu vyschnutí 57 dnů (oproti druhé nejvyšší hodnotě, která byla 28 dní). Další zkreslení výsledků pak mohly vytvářet hodnoty v habitatu 10 (detrit), který měl složku s velkým podílem organické hmoty, tudíž i odlehlé hodnoty pro velikost částic a vlhkost (velká proporce jemných částic, které měly vysoký obsah vody). V obou případech však nebyl nalezen průkazný vztah po odstranění těchto odlehlých hodnot.

Pro testování vztahu různých charakteristik substrátu dna by byl jistě vhodnější poněkud odlišný design zahrnující výše uvedené gradienty na širší škále a potřebném počtu opakování. Jelikož však byla pro design mého experimentu nutná především srovnatelnost odběrů suchého dna s proporcionalně multihabitatově odebranými vzorky PERLA za běžného průtoku (na jaře a na podzim) musely být při letním odběru zahrnuty i vzorky vyskytující se pouze jednou (např. detrit), jelikož byly pro daný tok reprezentativní.

Ve vztahu abiotických faktorů s biotickými charakteristikami společenstva (např. abundancí, počtem taxonů) byl signifikantní vztah počtu suchých dnů k počtu jedinců. Se vzrůstající dobou vyschnutí habitatu překvapivě stoupala abundance (v případě vzorků A+B+C), což však bylo způsobeno odlehlou hodnotou (habitat č. 3 s počtem 57 suchých dnů), takže po jejím odstranění již vztah významný nebyl. Podobnou, i když slabší závislost, vykazoval i vztah počtu taxonů v části B+C (potenciálně „rezistentní“ část společenstva) k počtu dní vyschnutí. Je to poměrně zajímavá závislost (při relativně malém počtu opakování může být i náhodná) a bude nutné ji v budoucnu testovat na mnohem rozsáhlejší souboru dat. Nutno říct, že testování obou vztahů předpokládá normální rozložení hodnot, což díky odlehlosti hodnot data nesplňují, a proto je zřejmé, že nelze výsledky považovat za relevantní).

Například v odlehlé hodnotě doby vyschnutí v habitatu č. 3 bylo nalezeno celkově nejvíce jedinců (90), což mohlo souviset s tím, že i substrát u břehu si uchovává dostatečnou vlhkost díky vztlínání podzemních vod a také laterálním kontaktem s korytem ve středu toku, kde přetrvával zbytkový průtok po mnohem delší dobu. Daný habitat (stejně jako celý úsek) byl poměrně silně zastíněn, takže i přes déle trvající sucho substrát úplně nevysychal, protože nedošlo k vystavení přímému slunci. Rezistentní stádia vodních bezobratlých proto zřejmě mohla v takovémto prostředí bez problémů přežít a během pozdějších částí experimentu (B+C) se úspěšně líhnout.

Z výše jmenovaných důvodů neexistuje v této práci průkazný vztah mezi semennou bankou a abiotickými faktory, což je odpověď na otázku č. 2.

6.3. PERZISTENCE, REZISTENCE A RESILIENCE SPOLEČENSTVA STUDOVANÉ LOKALITY

V této části budou diskutovány vztahy taxonů a jedinců po rozdělení společenstva na dvě skupiny s pracovním názvem „perzistentní“ a „rezistentní“ taxony. Toto rozdělení bylo

vybráno na základě potenciální strategie, kterou mohou jednotlivé taxony využívat k přežití stresových podmínek během vyschnutí. Taxony bezobratlých nalezené v úvodní fázi experimentu (A) byly proto pracovně nazvány jako „perzistentní“ taxony (perzistují při vyschnutí na lokalitě bez speciálních rezistentních stádií) a taxony nově nalezené ve fázích B+C pak pracovně jako „rezistentní“ taxony (mají zřejmě nějaké suchu rezistentní stádium, např. vajíčka a objevují se proto až během odchovu). Obě skupiny byly následně porovnávány z hlediska taxonomického složení se vzorky z podzimních (tj. po vyschnutí – 12.11. 2016) a jarních (tj. před vyschnutím – 10.4. 2016) odběrů na toku Žejbro, které byly vzorkovány klasickou metodou PERLA za běžného průtoku. Rozdělení taxonů vyschlého dna i taxonů navzorkovaných při podzimním a jarním vzorkování je možno vidět v přílohách diplomové práce (Příloha 7).

Slabě signifikantní byl vztah abundance perzistentních (A) a rezistentních (B+C) taxonů napříč 10 habitaty, kdy zde byl pozorován negativní signifikantní trend (s poklesem abundance perzistentních taxonů rostla abundance rezistentních). To by to mohlo například znamenat, každá skupina preferuje pro přežití mírně odlišné podmínky na habitatu, takže habitaty vhodnější pro přežívání jedinců nalezených nejhojněji v části A nemusely vyhovovat pro přežití jedinců hojných v části B+C (a naopak).

Některé taxony nebyly v letním vzorkování vůbec nalezeny, ale v podzimních, případně jarních vzorcích se vyskytovaly (Simuliidae – jarní vzorkování, Neuroptera – podzimní vzorkování). Muchničky ke svému vývoji potřebují tekoucí vodu (MERRIT 1987), je tedy jasné, že při déle trvajícím suchu se již objevovat nebudou. Máloštetinatci zaznamenaní pouze v letním odběru, tedy *Enchytraeidae* juv. gen. sp. a *Fridericia* sp. jsou spíše terestrickými druhy, takže lokalitu zřejmě během vyschnutí dokázali kolonizovat.

Naopak pouze pět taxonů se nacházelo ve všech typech odběru (jaro, léto i podzim): *Eiseniella tetraedra*, *Stylodrilus* sp. juv. (Oligochaeta), *Nematoda* gen. sp., *Hydraena nigrita* (Coleoptera) a *Chaetocladius piger*-Gr. (Chironomidae). Celkově nejvíce taxonů bylo zaznamenáno při jarním odběru (61), dále při podzimním odběru (45), a nejméně vodních taxonů bylo nalezeno při letním odběru (celkově 42), na začátku experimentu (část A–26) a o něco více taxonů při průběhu a konci experimentu (část B+C–35).

Je poměrně zajímavé, že s rostoucím počtem všech taxonů ve vzorku (součet fází A+B+C) rostl napříč 10 habitaty počet a abundance perzistentních taxonů, abundance rezistentních taxonů pak korelovala silně s celkovou abundancí. Znamenalo by to tedy, že růst celkového počtu jedinců ve vzorku z habitatu je zprostředkován především tzv. rezistentními taxony (ty které se nově objevily až v části B+C), ale nepřispívají k růstu celkového počtu druhů ve vzorku (rezistentní je zřejmě jen omezené spektrum druhů). Naopak to, že pro rostoucím celkovým počtem taxonů je podstatná rostoucí abundance tzv. perzistentních taxonů, u které zřejmě přežívá větší množství druhů v nízkých počtech (proto při jejich větším počtu roste i celková druhová bohatost vzorku). Pro relevantní testování těchto hypotéz by však bylo nutné odebrat daleko větší množství vzorků a následně testovat jaké množství vzorků je dostatečné pro podchycení druhového spektra obou složek společenstva ve vyschlém dně.

Dle obr. 23 je patrné, že dle procentuální podobnosti počtu shodných taxonů vzorků vyschlého dna z části A (perzistentní taxony) je společenstvo bližší jarním vzorkům, což je logické, jelikož tato část společenstva přežívá v suchém substrátu z jarního období v substrátu se zbytkovou vlhkostí, zatímco rezistentní taxony, které jsou bližší podzimním vzorkům, jsou schopny vytvářet suchu-rezistentní stádia (např. vajíčka) a přežít periodu vyschnutí, dokud nedojde k obnovení průtoku (BOULTON 1989; CHESTER & ROBSON 2011).

Na podzim je překvapivě téměř srovnatelně vysoký podíl shodných perzistentních taxonů s podzimními odběry získanými metodou PERLA, což znamená, že společenstvo se dominantně neobnovuje pouze ze sucha rezistentních taxonů, ale srovnatelně vysoký podíl mají i perzistentní taxony.

Obrázek 24 také poukazuje na rozdíl mezi abundancí perzistentních a rezistentních taxonů, kdy oproti začátku experimentu (A) byla abundance na jeho konci (C) nižší, a to i po přičtení průběžně odebíraných jedinců (B). Tyto výsledky jsou nicméně souhrou mnohem více faktorů, protože důležitou roli ve skladbě společenstva hrají i vývojové cykly, protože některé taxony z části „A“ se již nemusely v pozdějších fázích experimentu objevovat, díky tomu, že vyletují v první části sezóny jako dospělci. Naopak rezistentní (B+C) taxony z principu nemohly být v části „A“ (všechny taxony nalezené v A byly pracovníčně považovány za persistentní), nicméně je vidět, že jejich počet na konci experimentu výrazně převyšoval počet jedinců z části A. Ani toto srovnání však nemusí charakterizovat dané druhy z hlediska jejich persistence či rezistence, jelikož jejich výskyt či nevýskyt v dané fázi pravděpodobně souvisí s jejich

vývojovým cyklem (tj. zda se jedná o temporární faunu vyletující v první či druhé polovině roku).

Na druhou stranu je toto srovnání naprosto jedinečné, jelikož porovnání společenstva zachyceného na začátku experimentu (A) s odchovanými vzorky (B+C) jsem v odborné literatuře nenašel (STUBBINGTON et al. 2016, DATRY et al. 2012). Vždy jsou porovnávány pouze společenstva získaná až po dlouhodobějším odchovu (B+C) se vzorky získanými za běžného průtoku (jaro a podzim). Proto lze považovat tuto práci za pionýrský počín z hlediska studia přežívání taxonů, které nemají vyvinuty speciální adaptace pro přežití vysychání toků (tzv. persistentní taxony).

6.4. SROVNÁNÍ S VÝSLEDKY PODOBNÝCH STUDIÍ

Experiment v práci STUBBINGTON et al. (2016) byl srovnatelný s experimentem prováděným v této práci. Dle výsledků autorů této práce se při nejdéle trvajícím vyschnutí (56 dnů) vyskytovaly ve vyschlých habitatech již pouze taxony Oligochaeta, Chironomidae a rod *Pisidium*. Tyto výsledky částečně odpovídají datům z mého experimentu, neboť v habitatu 3 (57 dní bez vody) se objevovaly převážně taxony máloštětinatců, ale navíc i brouků a dvoukřídlých.

Při mém experimentu měli máloštětinatci na začátku (část A) nejvyšší abundanci, která postupně v dalších fázích klesala, což úplně neodpovídá obecnému názoru, že Oligochaeta jsou taxonem zvýhodněným vůči suchu a jsou poměrně rezistentní (POZNAŇSKA et al. 2017). Jejich počet byl nicméně v odchované části (C) v mojí práci poměrně významný, i když menší, než u skupiny pakomárů a jepic. Abundance pakomárovitých naopak v průběhu experimentu vzrostla – zejména zásluhou larev. Oproti práci STUBBINGTON et al. (2016) byl zásadní rozdíl i u skupiny Ephemeroptera, kterou se jejich experimentu vůbec nepodařilo odchovat (skupina jepice se přitom na jejich lokalitě v Anglii vyskytuje běžně), zatímco při mém pokusu dosahovaly jepice celkově největších počtů odchovaných jedinců v rámci všech skupin.

Vztah doby vyschnutí a abundance vodních bezobratlých měl v mém experimentu signifikantní vztah. Výsledky v práci STUBBINGTON et al. (2016) ukazují trend klesající, tedy s delší periodou vyschnutí klesala dle předpokladu abundance bezobratlých. S delší suchou

periodou klesala i druhová bohatost taxonů, kdy se s narůstající dobou vyschnutí se zmenšuje vlhkost substrátu (LARNED et al. 2007; DATRY et al., 2012; STUBBINGTON & DATRY, 2013).

7. ZÁVĚR

Se stále častějšími klimatickými výkyvy dochází k ohrožování nejen akvatických biotopů. Tato práce si dala za cíl zjistit, zda živočichové na intermitentních (vysychavých) tocích dokáží přežívat v sedimentu vyschlého koryta (popřípadě jak dlouho), jaké faktory na to mají vliv, popřípadě zda jsou schopni z tohoto sedimentu po obnovení průtoku rekolonizovat původně vyschlý tok. K tomuto byla zjišťována řada charakteristik substrátu i společenstva (abundance, počty taxonů) a ověřovány jejich vztahy. V rámci mé práce se bohužel nepodařilo najít příliš signifikantních vztahů, což bylo zřejmě způsobeno malým počtem vzorkovaných habitatů (dále odlehlými hodnotami některých parametrů) a zvolenou metodikou odběru odvozenou od zaměření experimentu na srovnatelnost s jarními a podzimními vzorky odebranými za běžného průtoku.

Jedněmi z nejodolnějších taxonů, které jsou schopné přežít delší suchou periodu trvající i 57 dní, jsou například někteří zástupci jepic či pakomárů, kteří by se dali zařadit mezi k suchu-rezistentní taxony, neboť byli většinou zachyceni v pozdějších fázích experimentu (B+C). Patří k nim charakteristické druhy *Habrophlebia fusca* a *Diplocladius cultriger*, které bývají v literatuře označovány jako indikátory vysychání. Naopak skupiny, u kterých připadá v úvahu spíše perzistence, tj. přežívání stádií bez speciálních adaptací a k suchu rezistentních stádií, byly například Oligochaeta, jejichž abundance byla již od počátku experimentu (A) vyšší, a na jeho koci spíše klesala (C). U ostatní taxonů byla početnost jedinců poměrně nízká a je proto obtížné z těchto pozorování odvozovat obecně platnější závěry.

Jak již bylo zmíněno výše, tak výsledky (i samotný design) této práce jsou unikátní, neboť v dosavadních pracích bylo vždy porovnáváno pouze odchované společenstvo se společenstvem zachyceným za běžného průtoku. V mé práci bylo vůči předchozím zmíněným složkám společenstva porovnáno i společenstvo živočichů zachycených ve vyschlém dně ihned po odběru, které přežívalo 15–57 dní bez povrchové vody. I díky danému designu pokusu se podařilo prokázat, že společenstvo vyschlého dna mělo v iniciální fázi (A) výrazně více shodných taxonů se společenstvem zachyceným v jarním vzorkování, což by mohlo znamenat,

že dané taxony mohou být považovány za perzistentní, neboť jsou schopny přečkávat disturbanci vyschnutím bez speciálních stádií odolných tomuto stresoru. Naopak taxony zachycené při podzimním vzorkování za běžného průtoku měli více společných taxonů se společenstvem průběžně odebíraným (B) a odchovaným (C). Jedinci společenstva odchovaného v experimentu tedy mohli mít různé fyziologické adaptace (např. vytvoření suchu rezistentních stádií), které jim pomohly přežít suchou disturbanci a po jejím odeznění znovu rekolonizovat tok.

V rámci daného typu experimentu však bude nutné při dalším opakování daného designu rozšířit počty vzorků, které povedou ke spolehlivějším a prokazatelnějším výsledkům.

8. PEDAGOGICKÉ ZAČLENĚNÍ TÉMATU

V rámci mého studia učitelství biologie a geografie pro střední školy bude tato tematika využita i v praxi. Na většině gymnázií a jiných středních škol v dnešní době chybí laboratorní či terénní výuka, což já osobně považuji za markantní nedostatek a v mém současném zaměstnání středoškolského učitele se zasazuji o nápravu stavu. Jednou z možností propojení laboratorní a terénní výuky s teoretickými znalostmi je právě experiment použitý v této diplomové práci. Navrhované cvičení je určeno pro studenty druhých ročníků a sext na gymnáziích (popřípadě třetích ročníků a septim v situaci, kdy nebude k dispozici vysychavý tok), protože v tomto ročníku se dle RVP (rámcový vzdělávací program) i většiny ŠVP (školní vzdělávací program) vyučuje zoologie. Cvičení by probíhalo v červnu, respektive na začátku září v případě třetích ročníků a septim.

V první fázi by studenti byli seznámeni s metodikou odběru bezobratlých ze dna vyschlého toku a s teoretickým úvodem do ekologie vysychavých toků včetně mechanismů, jak se s tímto stresem bezobratlí živočichové vypořádávají.

V druhé fázi by se přistoupilo k terénnímu cvičení. Tomu by předcházela příprava v podobě chystání potřebných pomůcek (lopatka, dva kyblíky, teploměr, fotoaparát, tužky, sešity). Následně by se přešlo do terénu na vhodnou vysychavou lokalitu (například lokalitu sledovanou v rámci projektu BIOSUCHO či krasový tok poblíž mého současného působiště v Tišnově). Na místě by jim bylo vysvětleno, že v rámci toku existují různé mezohabitaty (břeh, peřej tůň), které bývají osidlovány jinými typy bezobratlých i v závislosti na délce vyschnutí. Zde by se lokalita vyfotografovala a začaly by se kopat dva vzorky substrátu do hloubky 10 cm o velikosti 15 x 15 cm. Studenti by si zapsali do svých protokolů (protokol k nahlédnutí v Příloze 8) teplotu na povrchu dna, v 5 cm dna a vody ve 2 habitatech (např. nezastíněná osluněná dlouho vyschlá peřej a zastíněná nedávno vyschlá tůň). Dále by stanovili procentuální zastínění odběrové lokality, teplotu substrátu vzorkovaného habitatu a dostali by zároveň data o délce vyschnutí (např. z dostupné hydrologické stanice ČHMÚ).

V třetí fázi by pak studenti pracovali v laboratoři, kde by přebrali první odebraný vzorek a zkusili si determinaci alespoň do vyšších taxonů (k pomoci jim může sloužit obrázkové leporelo k determinaci vodních i suchozemských bezobratlých, které jsem na naši školu objednával). Druhý vzorek by byl znovu zavodněn a bylo by použito akvarijního motorku ke

vzduchování. Po letních prázdninách, respektive po dvou měsících, by byl experiment ukončen a došlo by znovu k determinaci odchovaných živočichů (ze začátku by byly nutné pravidelné kontroly kvůli predaci např. brouků).

V poslední fázi by se mezi sebou porovnaly dva odebrané vzorky a zjistilo by se, co bylo odchováno. Studenti by vytvořili protokoly, kde by sepsali složení organismů na počátku vyschnutí a po dlouhodobé kultivaci a porovnali by, kteří živočichové jsou dlouhodobé sucho schopni přežít díky svým speciálním strategiím přežívání (např. vajíčka ze kterých se vylíhli) a kteří ho překonávají pouze v tom stádiu, ve kterém je vyschnutí zastihlo.

Tento projekt propojuje zajímavosti praktických cvičení a teoretických informací, což je v dnešní době žádoucí. Zároveň může motivovat žáky k vysokoškolskému studiu zoologie a práci na problematice vysychavých tok.

9. ZDROJE

9.1. LITERÁRNÍ ZDROJE

- ACUÑA V., MUÑOZ I., GIORGI A., OMELLA M., SABATER F., SABATER S., 2005: Drought and postdrought recovery cycles in an intermittent Mediterranean stream: structural and functional aspects. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 24(4): 919-933.
- ACUÑA V., DATRY T., MARSHALL J., BARCELÓ D., DAHM C. N., GINEBREDA A., MCGREGOR G., SABATER S., TOCKNER K., PALMER M. A., 2014: Why should we care about temporary waterways?. *Science* 343: 1080-1081.
- American Heritage Dictionary, Houghton Mifflin, Boston, 1976.
- BAUERNFEIND E., SOLDÁN T., 2012: The Mayflies of Europe (Ephemeroptera), Apollo Books, Ollerup, Denmark, 781 pp
- BILTON D. T., FREELAND J. R. & OKAMURA B. 2001: Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 159-181.
- BOGAN M.T., BOERSMA K.S., LYTLE D.A. (2015) Resistance and resilience of invertebrate communities to seasonal and suprasedasonal drought in arid-land headwater streams. *Freshwater Biology*, 60, 2547–2558
- BOHLE H.W., 2000: Anpassungsstrategien ausgewählter Organismen an temporäre Wasserführung – Insekten periodischer Fließgewässer Mitteleuropas. 16 p
- BOULTON A. J., 1989: Over-summering refuges of aquatic macroinvertebrates in two intermittent streams in central Victoria. *Transactions of the Royal Society of South Australia* 113: 23-34
- BOULTON A. J., LAKE P. S., 1992: The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. III. Temporal changes in faunal composition. *Freshwater Biology* 27: 123-138.
- BOULTON A.J., FINDLAY S., MARMONIER P., STANLEY E.H. & VALETT H.M. 1998: The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 29:59-81.
- BOULTON, A.J., 2003: Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwat. Biol.*48: 1173-1185.
- BRETSCHKO G., 1992: Differentiation between epigeic and hypogeic fauna in gravel streams. *Regulated rivers: research and management*, vol. 7, 17–22.

- BRINKHURST, R. O., JAMIESON B.G. M., 1971: Aquatic Oligochaeta of the World. Oliver & Boyd, Edinburgh. 860 pp.
- BROCK M.A., NIELSEN D.L., SHIEL R.J., GREEN J.D., LANGLEY J.D., 2003. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. *Freshwat. Biol.* 48: 1207-1218. Brown
- BROWN B.L., 2007: Habitat heterogeneity and disturbance influence patterns of community temporal variability in a small temperate stream. *Hydrobiologia*, 586:93–106.
- COLEMAN M., HYNES H.B.N., 1970: The vertical distribution of the invertebrate fauna in the bed of a stream. *Limnol. Oceanogr.* 15: 31-40.
- CORTI R., DATRY T., 2016: Terrestrial and aquatic invertebrates in the riverbed of an intermittent river: parallels and contrasts in community organisation. *Freshwater Biology* 61: 1308-1320
- DAS, B. M., 2010: Principles of Geotechnical Engineering: 7th edition.
- DATRY, T., LARNED S.T., SCARSBROO M.R., 2007. Responses of hyporheic invertebrate assemblages to large scale variation in flow permanence and surface-subsurface exchange. *Freshwater Biology* 52: 1452-1462.
- DATRY T., CORTI R. & PHILIPPE M., 2012 Spatial and temporal aquatic-terrestrial transitions in the temporary Albarine River, France: responses of invertebrates to experimental rewetting. *Freshwater Biology*, 57, 716–727.
- DATRY T., LARNED S. T. & TOCKNER K. 2014: Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. *Bioscience* 64: 229-235.
- DATRY T., FRITZ K. & LEIGH C. 2016a: Challenges, developments and perspectives in intermittent river ecology. *Freshwater Biology* 61: 1171-1180.
- DATRY T., BONADA N. & BOULTON A. 2017: intermittent rivers and ephemeral streams, 189–194; ISBN 978-0-12-803835-2.
- DOLE-OLIVIER, M-J., GALASSI, D. M. P., MARMONIER, P., AND CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M. 2000: The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biology* 44, 63-91.
- GRIMM V., 1996: A down-to-earth assessment of stability concepts in ecology: dreams, demands, and the real problems. *Senckenbergiana Mar* 27:215–226

- GRIMM V., WISSEL C., 1997: Babel, or The Ecological Stability Discussions: An Inventory and Analysis of Terminology and A Guide for Avoiding Confusion. *Oecologia* (1997) 109:323–334
- HEIM R. R., 2002: A review of Twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society* 83: 1149-1165.
- HERSHKOVITZ Y. & GASITH A., 2013: Resistance, resilience and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia* 719: 59-75.
- HOLMSTRUP M. & SJURSEN H. & RAVN H. & BAYLEY M., 2001: Dehydration tolerance and water vapour absorption in two species of soil-dwelling Collembola by accumulation of sugars and polyols. *Functional ecology*, volume 15, 647–653.
- HUMPHRIES P. & BALDWIN D.S., 2003: Drought and aquatic ecosystems: an introduction. *Freshwat. Biol.* 48: 1141-1146.
- CHASE J. M. 2003: Community assembly: when should history matter? *Oecologia* 136: 489-498.
- JAMES A. B. W., DEWSON Z. S. & DEATH R. G. 2008: Do stream macroinvertebrates use instream refugia in response to severe short-term flow reduction in New Zealand streams? *Freshwater Biology* 53: 1316-1334.
- LAKE P.S., 2003: Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwat. Biol.* 48: 1161-1172.
- LAKE P. S., 2011: Drought and aquatic ecosystems: Effects and responses. Wiley-Blackwell, 400 pp.
- LAKE P. S., 2013: Resistance, Resilience and Restoration. *Ecological Management & Restoration* 14 (1): 20-24.
- LARNED ST, DATRY T, ARSCOTT DB, TOCKNER K., 2010: Emerging concepts in temporary-river ecology. *Freshw Biol* 55:717–738.
- LOSKOTOVÁ B. 2015: Odolnost vybraných skupin makrozoobentosu vůči vysychání. Bakalářská práce, Masarykova Univerzita, Brno.
- MARMONIER P., CLARET C. & DOLE-OLIVIER M., 2000: Interstitial fauna in newly-created floodplain canals of a large regulated river. *Regulated Rivers: Research & Management* 16: 23-26.

- MCGILL B.J., ENQUIST J., WEIHER E. & WESTOBY M., 2006: Rebuilding community ecology from functional traits, *Trends in Ecology and Evolution* 21: 178-185.
- MENEZES S., BAIRD D. J. & SOARES A. M., 2010: Beyond taxonomy: a review of macroinvertebrate trait-based community descriptors as tools for freshwater biomonitoring. *Journal of Applied Ecology* 47: 711-719.
- MERRITT R.W. (Eds.), 1987: Black Flies — ecology, population management, and annotated world list, University Park and London, Pennsylvania State University, Edmonton, Alberta (1987), pp. 171-185.
- MEYER A., MEYER E. I. & MEYER C., 2003: Lotic communities of two small temporary karstic stream systems (East Westphalia, Germany) along a longitudinal gradient of hydrological intermittency. *Limnologica* 33: 271-279.
- MOUTHON J., 2011: Response of bivalve populations to drying disturbance and life history traits of two *Pisidium* species (Bivalvia: Sphaeriidae) in a reservoir of the French Upper Rhone river. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 47: 175-184.
- ORGHIDAN T., 1959: Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: Der hyporheische Biotop. *Arch. Hydrobiol.*, 55: 392-414.
- ORGHIDAN, T., (2010). A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. *Fundamental and Applied Limnology* 176, 291-302.
- PALMER M. A., BELY A. E. & BERG K. E., 1992: Response of invertebrates to lotic disturbance: a test of the hyporheic refuge hypothesis. *Oecologia* 105: 147-157.
- PANSU, M., & GAUTHEYROU, J., 2006: Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods.
- PAŘIL P., 2011: Vliv extrémních hydrologických situací na strukturu vybraných skupin permanentní a temporární složky bentické fauny. *Disertační práce*, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno, 150 p.
- PAŘIL P., ZAHŘÁDKOVÁ S., STRAKA M., POLÁŠEK M., NĚMEJCOVÁ D., OPATŘILOVÁ L., ŠIKULOVÁ L., ŘEZNÍČKOVÁ P. & NERUDOVI J., 2014: Databáze species traits projektu BIOSUCHO. Databázový podklad formátu excel, 35 traits ve 200 kategoriích pro 4700 taxonů. Nepublikováno, projektový podklad s právní ochranou

- PAŘIL P., SYROVÁTKA V., ZAHRÁDKOVÁ S., STRAKA M., POLÁŠEK M., NĚMEJCOVÁ D., OPATŘILOVÁ L., ŠIKULOVÁ L. & ŘEZNÍČKOVÁ P., 2015: Metodika retrospektivní bioindikace epizod vyschnutí toků na základě analýzy makrozoobentosu. Metodika certifikovaná Ministerstvem životního prostředí dne 21.12. 2015 pod číslem 91808/ENV/15, pp. 34.
- PRYCE D. J., 2011: The hyporheic zone of Scottish rivers: its ecology, function and importance.
- POZNAŃSKA M., KAKAREKO T., KRZYŻYŃSKI M. & KOBAK J., 2012: Effect of substratum drying on the survival and migrations of Ponto-Caspian and native gammarids (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia* 700: 47-59.
- POZNAŃSKA M., WERNER D., JABŁOŃSKA-BARNA I., KAKAREKO T., UNG DUONG K., DZIERŻYŃSKA-BIAŁOŃCZYK A & KOBAK J., 2017: The survival and behavioural responses of a near-shore chironomid and oligochaete to declining water levels and sandy substratum drying, *Hydrobiologia* 788: 231-244.
- ROBSON B.J., CHESTER E.T. & AUSTIN C.M., 2011: Why life history information matters: drought refuges and macroinvertebrate persistence in non-perennial streams subject to a drier climate. *Marine and Freshwater Research*, 62, 801–810.
- ROBERTSON, A. L., SMITH, J. W. N., JOHNS, T., AND PROUDLOVE, G. S., 2009: The distribution and diversity of stygobites in Great Britain: an analysis to inform groundwater management. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 42, 359-368.
- SMITH, H., WOOD P.J., 2002: Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia* 487: 45-58.
- SMITH, H., WOOD P.J., GUNN J., 2003: The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* 510: 53-66.
- STANLEY E. H., BUSCHMAN D. L., BOULTON A. J., GRIMM N. B. & FISHER S. G., 1994: Invertebrate resistance and resilience to intermittency in a desert stream. *American Midland Naturalist* 131: 288-300.

- STRAYER D.L., MAY E.S. & NIELSEN P., 1997: Oxygen, organic matter, and sediment granulometry as controls on hyporheic animal communities. *Arch. Hydrobiol.*, 140: 131-144.
- STUBBINGTON R., GREENWOOD A. M., WOOD P. J., ARMITAGE D., GUNN J. & ROBERTSON A. L. 2009a: The response of perennial and temporary headwater stream invertebrate communities to hydrological extremes. *Hydrobiologia* 630: 299-312.
- STUBBINGTON R., WOOD P.J. & BOULTON A.J., 2009b. Low flow controls on benthic and hyporheic macroinvertebrate assemblages during supra-seasonal drought. *Hydrological Processes* 23(15): 2252-2263.
- STUBBINGTON R., WOOD P. J. & REID I., 2010: Contrasting use of hyporheic habitat by benthic invertebrates during spate and low flows. In: KIRKBY C. (ed.): *Role of Hydrology in Managing Consequences of a Changing Global Environment*, British Hydrological Society's Third International Symposium, Newcastle University, pp. 461-466.
- STUBBINGTON R., WOOD P. J., REID I. & GUNN J., 2011: Benthic and hyporheic invertebrate community responses to seasonal flow recession in a karst stream. *Ecohydrology* 4: 500-511.
- STUBBINGTON R., 2012: The hyporheic zone as an invertebrate refuge: a review of variability in space, time, taxa and behaviour. *Marine and Freshwater Research* 63: 293-311.
- STUBBINGTON B. & DATRY T., 2013: The macroinvertebrate seedbank promotes community persistence in temporary rivers across climate zones. *Freshwater Biology* 58: 1202-1220.
- STUBBINGTON, R., GUNN, J., LITTLE, S., WORRALL, T.P. and WOOD, P.J., 2016: Macroinvertebrate seedbank composition in relation to antecedent duration of drying and multiple wet-dry cycles in a temporary stream. *Freshwater Biology*. ISSN 0046-5070
- SUEMOTO T., KAWAI K. & IMABAYASHI H., 2005: Dried-up zone as a temporal stock of chironomid larvae: survival periods and density in a reservoir bank. *Hydrobiologia* 545: 145-152.

- ŠUPINA J., 2012: Rozmnožovací strategie jepic (Ephemeroptera) permanentních a intermitentních toků. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno, 80 pp.
- ŘEZNÍČKOVÁ, P., SOLDÁN, T., PAŘIL, P., & ZAHRÁDKOVÁ, S., 2010. Comparison of mayfly (Ephemeroptera) taxocenes of permanent and intermittent Central European small streams via species traits. *Biologia*, 65(4), 720-729
- TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. J. (Eds.), 2004: Hydrological drought: Processes and estimation methods for streamflow and groundwater. *Developments in water science*, 48, Elsevier, 579 s.
- VERDONSCHOT R. C. M., KEIZER-VLEK H. E. & VERDONSCHOT P. F. M., 2011: Development of a multimetric index based on macroinvertebrates for drainage ditch networks in agricultural areas. *Ecological Indicators* 13: 232-242.
- VERDONSCHOT R.C.M., VAN OOSTEN-SIEDLECKA A.M., TER BRAAK C.J.F. & VERDONSCHOT P.F.M., 2015: Macroinvertebrate survival during cessation of flow and streambed drying in a lowland stream. *Freshwater Biology*, 60, 282–296
- VADHER A. N., STUBBINGTON R. & WOOD P. J., 2015: Fine sediment reduces vertical migrations of *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) in response to surface water loss. *Hydrobiologia* 753: 61-71.
- VANDER VORSTE R., MALARD F. & DATRY T., 2016b: Is drift the primary process promoting the resilience of river invertebrate communities? A manipulative field experiment in an intermittent alluvial river. *Freshwater Biology* 61: 1276-1292.
- WAGNER, F. H., AND BRETSCHKO, G. (2002). Interstitial flow through preferential flow paths in the hyporheic zone of the Oberer Seebach, Austria. *Aquatic Sciences: Research Across Boundaries* 2002, 307-316.
- WALTERS A., 2011: Resistance of aquatic insects to low-flow disturbance: exploring a trait-based approach. *J. N. American Benthological Society* 30 (2): 346-356.
- WHIPPLE, W., JR., 1966: Regional drought frequency analysis, *Proc. ASCE*: 11–31.
- WILHITE D. A. & GLANTZ M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon: The role of definition. *Water International* 10 (3): 11-120.
- WILHITE, D.A. & BUCHANAN-SMITH, M., 2005: Drought as hazard: Understanding the natural and social context. In: Wilhite, D.A. (ed.) *Drought and Water Crises*. Science,

Technology and Management Issues. pp. 4–29. Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton, FL.

- WILLIAMS D.D. & HYNES H.B.N., 1974: The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshwat. Biol.*, 4: 233-256.
- WILLIAMS D. D. 2006: *The biology of temporary waters*. Oxford University Press, New York, pp. 348.
- WILLIAMS D. D. 2008: *The biology of temporary waters*. Oxford University Press, 337 pp.
- WOOD, P. J., J. GUNN, H. SMITH & A. ABAS-KUTTY, 2005: Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia* 545: 55-64.
- WU LS., (1977): The stability of ecosystems – a finite-time approach. *J Theor Biol* 66:345–359
- ZAHŘÁDKOVÁ S., SOLDÁN T., BOJKOVÁ J., HELEŠIČ J., JANKOVSKÁ H. & SROKA P., 2009: Distribution and biology of mayflies (Ephemeroptera) of the Czech Republic: present status and perspectives. *Aquatic Insects*, 31: 629-652.
- ZAHŘÁDKOVÁ, S., HÁJEK, O., TREML, P., PAŘIL, P., STRAKA, M., NĚMEJCOVÁ, D., POLÁŠEK, M., ONDRÁČEK, P., 2015: Hodnocení rizika vysychání drobných vodních toků v České republice. *VTEI.*, 6: 4–16.
- ZOUBKOVÁ, L., 2014: *Návody k laboratorním cvičením z pedologie*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem.

9.2. INTERNETOVÉ ZDROJE:

- BUFFAGNI A., ARMANINI D.G., CAZZOLA M., ALBA-TERCEDOR J., LÓPEZ-RODRÍGUEZ M.J., MURPHY J., SANDIN L. & SCHMIDT-KLOIBER A., 2007. Ephemeroptera Indicator Database. Euro-limpacs project (contract no. GOCE-CT-2003-505540), Workpackage 7 - Indicators of ecosystem health, Task 4. verze 4.0–12/2017. Dostupné na World Wide Web: <www.freshwaterecology.info>
- NEKVINDA, Petr. Botanické putování střední Evropou [online]. c2011, last revision 2017 [cit. 2017-10-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://flora.svon.cz/index.php?menu=6<=117>>
- Český hydrometeorologický ústav [online]. c2017, last revision 2017 [cit. 2017-10-25]. Dostupné na World Wide Web: <http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307210>

10. PŘÍLOHY

Příloha 1: Plavící mechanismus fixovaných a odchovaných vzorků



Příloha 2: Truhlíky, ve kterých se nacházel substrát k vysoušení



Příloha 3: Síta na granulometrii na prosévacím stojanu



Příloha 4: Jednotlivá síta s již roztříděným materiálem



Příloha 5: Korelace všech biotických a abiotických faktorů bez odlehlých hodnot s vyznačenými signifikantními korelacemi

	Abun. rezistentních jedinců	Počet rezistentních taxonů	Abun. perzistentních jedinců	Počet perzistentních taxonů	Abun. všech jedinců	Počet všech taxonů	vlhkost substrátu	částice <1 mm	počet suchých dnů	medián granul.	3. kvartil	1. kvartil
1. kvartil	0,0121	0,15	0,42	0,486	0,266	0,513	0,649	-0,635	-0,128	0,708*	0,599	
3. kvartil	0,444	-0,487	-0,0774	0,115	0,605	-0,169	0,603	-0,495	0,46	0,961** *		
medián granul.	0,431	-0,371	-0,0386	0,0753	0,579	-0,134	0,619	-0,599	0,299			
počet suchých dnů	0,768*	-0,423	-0,463	-0,0584	0,803**	-0,306	0,0538	0,373				
částice <1 mm	0,244	0,296	-0,532	-0,354	0,103	-0,0891	0,768*					
vlhkost substrátu	0,155	-0,131	0,405	0,428	0,306	0,205						
Počet všech taxonů	-0,375	0,577	0,742*	0,803**	-0,0783							
Abun. všech jedinců	0,903***	-0,12	-0,303	0,0124								
Počet perzistentních taxonů	-0,373	-0,00486	0,877**									
Abun. perzistentních jedinců	-0,631	0,0773										
Počet rezistentních taxonů	-0,0679											
Abun. rezistentních jedinců												

Příloha 6: Srovnání nalezených taxonů při odběrech před experimentem (10.4.2016), při experimentu (18.8.2016, „začátek experimentu, A“; průběh a konec experiment, „B+C“), a po experimentu (12.11.2016); počet hvězdiček značí poměr počtu jedinců v daném společenstvu.

* <5 % (subdominantní); ** = 5–10 % (dominantní); *** > 10 % (eudominantní)

Vyšší taxon	Taxon	Datum vzorkování			
		10.4.2016 Jaro	18.8.2016 „A“	18.8.2016 „B+C“	12.11.2016 Podzim
Oligochaeta	<i>Cernosvitoviella</i> sp.	*			
	<i>Cognettia glandulosa</i> (Michaelsen, 1888)	*			*
	<i>Dero digitata</i> (O.F. Müller, 1773)	*			
	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	*	***	**	*
	<i>Enchytraeidae</i> juv. gen. sp.		*		
	<i>Fridericia</i> sp.		**		
	<i>Henlea ventriculosa/nasuta</i> (d'Udekem, 1854/Eisen, 1878)	*			*
	<i>Henlea/Fridericia</i> sp.	*			*
	<i>Lumbricidae</i> gen. sp.	*	*	*	
	<i>Lumbriculus variegatus</i> (O.F. Müller, 1774)	*		*	*
	<i>Marionina riparia</i> (Bretscher, 1899)				*
	<i>Nais communis</i> (Piguet, 1906)	*		*	*
	<i>Nais elinguis</i> (O.F. Müller, 1773)	*			
	<i>Nais variabilis</i> (Piguet, 1906)	*			
	<i>Rhyacodrilus falciformis</i> (Bretscher, 1901)	*			
	<i>Stylodrilus brachystylus</i> (Hrabe, 1928)	***	*		
	<i>Stylodrilus heringianus</i> (Claparède, 1862)	*			*
	<i>Stylodrilus</i> sp. juv.	**	*	*	*
	<i>Tubificidae</i> g. Sp. Juv.				*
Trichoptera	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	*			
	<i>Synagapetus iridipennis</i> cf. juv.	*			
	<i>Micropterna lateralis</i> (Stephens, 1873) / <i>sequax</i> (McLachlan, 1875)			*	
	<i>Micropterna nycterobia</i> (McLachlan, 1875)	*			
	<i>Ironoquia dubia</i> (Stephens 1873)	*	*		
	<i>Limnephilus flavicornis</i> (Fabricius, 178)	*			
	<i>Limnephilus auricula</i> (Curtis 1834)	*			

	<i>Limnephilus</i> sp. juv.	*			
	<i>Limnephilidae</i> g. sp. juv. (asi 1.-2. instar)				**
	<i>Polycentropodidae</i> g. sp. juv. (asi 1.instar)				*
	<i>Beraeodes minutus</i> (Linnaeus, 1761)				*
Nematoda	<i>Nematoda</i> gen. sp.	*		*	*
	<i>Nematoda-Mermitidae</i> gen. sp.			*	
Plecoptera	<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1836)				***
	<i>Capnia bifrons</i> (Newman, 1839)				*
	<i>Amphinemura</i> sp.				*
	<i>Isoperla</i> sp.			*	*
Neuroptera	<i>Osmylus fulvicephalus</i> (Scopoli, 1763)				*
Crustacea	<i>Asellus aquaticus</i>			*	*
	<i>Cladocera</i> (planktonní) gen. sp.			*	
	<i>Copepoda</i> (planktonní) gen. sp.			*	
Coleoptera	<i>Agabus guttatus</i> Ad.				*
	<i>Agabus</i> sp. Lv.				*
	<i>Anacaena lutescens</i> (Stephens, 1829)			*	
	<i>Anacaena</i> sp. Lv.		*		
	<i>Elmis</i> sp. Lv.				*
	<i>Helophorus</i> cf. <i>Minutus</i> (Fabricius, 1775)			*	
	<i>Hydraena excisa</i> (Kiesenwetter, 1894)	*			*
	<i>Hydraena gracilis</i> (Germar, 1824)		*		*
	<i>Hydraena nigrita</i> (Germar, 1824)	*	*	*	*
	<i>Hydraena riparia</i> (Kugelann, 1794)			*	
	<i>Hydraena</i> sp. Lv.			*	
	<i>Limnebius truncatellus</i> (Thunberg, 1794)	*	*	*	
	<i>Cyphon</i> sp. Lv.	*			
Mollusca	<i>Pisidium</i> sp.		*	*	*
	<i>Ancylus fluviatilis</i> (O.F. Müller, 1774)				*
Diptera – varia	<i>Ceratopogoninae</i> gen. sp.	*		*	*
	<i>Forcipomyia</i> sp. juv.	*			
	<i>Culex</i> sp. juv.	*			
	<i>Tachytrechus</i> sp.		*		*
	<i>Chelifera</i> sp.				*
	<i>Phyllodromia</i> sp.				*

	<i>Discocerina</i> sp.	*			*
	<i>Fannia</i> sp.	*			
	<i>Dicranomyia</i> sp.				*
	<i>Erioptera</i> sp. juv.	*			
	<i>Limnophila schranki</i> (Oosterbroek, 1992)	*	**	*	
	<i>Limnophilinae</i> gen. sp.	*			*
	<i>Molophilus</i> sp.	*			*
	<i>Pilaria</i> sp.				*
	<i>Pilaria discicollis</i> cf. (Meigen, 1818)			*	
	<i>Rhagio</i> sp.		*		
	<i>Rhypholophus haemorrhoidalis</i> juv. (Zetterstedt, 1838)	*			*
	<i>Pediciidae</i> juv.	*			
	<i>Chrysopilus cristatus</i> (Fabricius, 1775)				*
	<i>Scatopsidae</i> juv.	*			
	<i>Tabanidae (Chrysops)</i> gen. sp.			*	
	<i>Tipula maxima/fulvipennis</i> (Poda, 1761/De Geer, 1776)	*	*		
	<i>Tipula</i> cf. <i>Vittata</i> (Meigen, 1804)		*		
	<i>Tricyphona (Pedicia)</i> <i>immaculata</i> (Meigen, 1804)		*		
	<i>Tipula</i> sp. juv.	*			
	<i>Scatopsidae</i> g.sp.				*
	<i>Diptera</i> g.sp.				*
Diptera – Chironomidae	<i>Chironomidae</i> gen. sp.	***			*
	<i>Chironomidae</i> gen. sp. Ad.			*	
	<i>Corynoneura lobata</i> cf. (Edwards, 1924)			*	
	<i>Procladius</i> sp.	*	*	*	
	<i>Macropelopia nebulosa</i> -Gr. (Meigen, 1804)	*			
	<i>Chironomus plumosus</i> - Gr./ <i>annularis</i> -Gr. (Linnaeus 1758/Meigen, 1804)	*			
	<i>Chironomus luridus</i> Gr./ <i>Chironomus riparius</i> Gr.			*	
	<i>Rheocricotopus fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	*			
	<i>Chaetocladius piger</i> -Gr.	*	*	*	*
	<i>Diamesa cinerella</i> -Gr. (Meigen, 1835)	*			
	<i>Diamesa dampfi/permacra</i> (Kieffer, 1924/Walker, 1856)	*			
	<i>Conchapelopia</i> sp.	*			

	<i>Zavrelimyia</i> sp.	*			
	<i>Micropsectra apposita</i> -Gr. (Walker, 1856)	*			
	<i>Micropsectra astrofasciata</i> Gr.		*		
	<i>Micropsectra</i> sp.			*	
	<i>Bryophaenocladus</i> sp.	*			
	<i>Tanytarsus</i> sp.	*			
	<i>Cladotanytarsus</i> sp.			*	
	<i>Polypedilum albicorne</i> (Meigen, 1838)	*			
	<i>Hydrobaenus</i> sp.	*			
	<i>Pseudorthocladus</i> sp.	*			
	<i>Limnophyes</i> sp.	*			*
	<i>Orthocladus</i> sp.	*			
	<i>Heterotrissocladus grimshawi/scutellatus</i> (Edwards, 1929/Goetghebuer, 1942)	*			
	<i>Orthocladus rivicola</i> -Gr. (Kieffer, 1921)	*			
	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Spärck, 1923)	*			
	<i>Paraphaenocladus</i> sp.	*	*		
	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)		*		
	<i>Orthocladus oblidens/obumbratus</i> (Walker, 1856/Johannsen, 1905)	**			
	<i>Natarsia</i> sp.			*	*
	<i>Diplocladius cultriger</i>			***	*
Diptera – Simuliidae	<i>Simulium vernum</i> (Macquart, 1826)	*			
	<i>Simulium reptans</i> (Linnaeus, 1758)	*			
	<i>Prosimulium tomosvrayi</i> (Enderlein, 1921)	*			
Ephemeroptera	<i>Baetis vernus</i>		*	*	
	<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)			*	
	<i>Centroptilum luteolum</i> , Ad.			*	
	<i>Habrophlebia fusca</i>	*			
	<i>Habrophlebia fusca</i> , Ad.			*	
	<i>Habrophlebia</i> sp.juv.			***	
	<i>Habrophlebia lauta</i> , Ad.			*	

Příloha 7: Rozdělení odebraných taxonů na rezistentní a perzistentní.

Pozn: Taxony označené jako „PERLA“ nebyly odebrány v průběhu tohoto experimentu, ale byly nalezeny pouze v jarním nebo podzimním vzorkování za běžného průtoku. PERZISTENT = perzistentní jedinci, REZISTENT = rezistentní jedinci.

Taxon	Typ	Vyšší taxon	Jaro	A + B + C	Podzim
<i>Anacaena lutescens</i>	REZISTENT	Coleoptera	0	4	0
<i>Anacaena</i> sp. Lv.	PERZISTENT	Coleoptera	0	1	0
<i>Helophorus</i> cf. <i>minutus</i>	REZISTENT	Coleoptera	0	1	0
<i>Hydraena riparia</i>	REZISTENT	Coleoptera	0	1	0
<i>Hydraena</i> sp. Lv.	REZISTENT	Coleoptera	0	1	0
<i>Agabus guttatus</i> Ad.	PERLA	Coleoptera	0	0	2
<i>Agabus</i> sp. Lv.	PERLA	Coleoptera	0	0	6
<i>Elmis</i> sp. Lv.	PERLA	Coleoptera	0	0	2
<i>Hydraena excisa</i>	PERLA	Coleoptera	4	0	4
<i>Hydraena gracilis</i>	PERZISTENT	Coleoptera	0	1	2
<i>Hydraena nigrita</i>	PERZISTENT	Coleoptera	6	13	2
<i>Limnebius truncatellus</i>	PERZISTENT	Coleoptera	2	19	0
<i>Cyphon</i> sp. Lv.	PERLA	Coleoptera	10	0	0
<i>Asellus aquaticus</i>	REZISTENT	Crustacea	0	6	0
<i>Tipula</i> cf. <i>vittata</i>	PERZISTENT	Diptera	0	4	0
<i>Rhagio</i> sp.	PERZISTENT	Diptera	0	1	0
<i>Tabanidae (Chrysops)</i> gen. sp.	REZISTENT	Diptera	0	1	0
<i>Tricyphona (Pedicia) immaculata</i>	PERZISTENT	Diptera	0	2	0
<i>Ceratopogoninae</i> gen. sp.	PERZISTENT	Diptera	2	1	32
<i>Forcipomyia</i> sp. juv.	PERLA	Diptera	2	0	0
<i>Culex</i> sp. juv.	PERLA	Diptera	2	0	0
<i>Tachytrechus</i> sp.	PERZISTENT	Diptera	0	3	2
<i>Chelifera</i> sp.	PERLA	Diptera	0	0	2
<i>Phyllodromia</i> sp.	PERLA	Diptera	0	0	2
<i>Discocerina</i> sp.	PERLA	Diptera	74	0	2
<i>Fannia</i> sp.	PERLA	Diptera	2	0	0
<i>Dicranomyia</i> sp.	PERLA	Diptera	0	0	22
<i>Erioptera</i> sp. juv.	PERLA	Diptera	2	0	0
<i>Limnophila schranki</i>	PERZISTENT	Diptera	6	11	0
<i>Limnophilinae</i> gen. sp.	PERLA	Diptera	8	0	2
<i>Molophilus</i> sp.	PERLA	Diptera	34	0	2
<i>Pilaria</i> sp.	REZISTENT	Diptera	0	1	2
<i>Rhypholophus haemorrhoidalis (juv.)</i>	PERLA	Diptera	76	0	2
<i>Pediciidae</i> juv.	PERLA	Diptera	2	0	0
<i>Chrysopilus cristatus</i>	PERLA	Diptera	0	0	2
<i>Scatopsidae</i> juv.	PERLA	Diptera	8	0	0
<i>Tipula maxima/fulvipennis</i>	PERZISTENT	Diptera	8	3	0
<i>Scatopsidae</i> g.sp.	PERLA	Diptera	0	0	4
<i>Diptera</i> g.sp.	PERLA	Diptera	0	0	8
<i>Centroptilum luteolum</i>	REZISTENT	Ephemeroptera	0	4	0

<i>Habrophlebia lauta</i>	REZISTENT	Ephemeroptera	0	8	0
<i>Baetis vernus</i>	PERZISTENT	Ephemeroptera	0	2	0
<i>Habrophlebia fusca</i>	REZISTENT	Ephemeroptera	8	101	0
<i>Corynoneura lobata</i> cf.	REZISTENT	Chironomidae	0	1	0
<i>Micropsectra astrofasciata</i> Gr.	PERZISTENT	Chironomidae	0	8	0
<i>Prodiamesa olivacea</i>	PERZISTENT	Chironomidae	0	3	0
<i>Chironomidae</i> gen. sp.	PERLA	Chironomidae	294	27	2
<i>Procladius</i> sp.	PERZISTENT	Chironomidae	6	3	0
<i>Macropelopia nebulosa</i> -Gr.	PERLA	Chironomidae	14	0	0
<i>Chironomus plumosus</i> -Gr./ <i>annularis</i> -Gr.	PERLA	Chironomidae	2	0	0
<i>Rheocricotopus fuscipes</i>	PERLA	Chironomidae	4	0	0
<i>Chaetocladius piger</i> -Gr.	PERZISTENT	Chironomidae	6	4	6
<i>Diamesa cinerella</i> -Gr.	PERLA	Chironomidae	8	0	0
<i>Diamesa dampfi/permacra</i>	PERLA	Chironomidae	16	0	0
<i>Conchapelopia</i> sp.	PERLA	Chironomidae	2	0	0
<i>Zavrelimyia</i> sp.	PERLA	Chironomidae	8	0	0
<i>Micropsectra apposita</i> -Gr.	PERLA	Chironomidae	16	0	0
<i>Gymnometriocnemus</i> sp.	PERLA	Chironomidae	74	0	0
<i>Tanytarsus</i> sp.	PERLA	Chironomidae	2	0	0
<i>Polypedilum albicorne</i>	PERLA	Chironomidae	2	0	0
<i>Hydrobaenus</i> sp.	PERLA	Chironomidae	66	0	0
<i>Pseudorthocladius</i> sp.	PERLA	Chironomidae	2	0	0
<i>Limnophyes</i> sp.	PERLA	Chironomidae	8	0	62
<i>Orthocladius</i> sp.	PERLA	Chironomidae	6	0	0
<i>Heterotrissocladius grimshawi/scutellatus</i>	PERLA	Chironomidae	6	0	0
<i>Orthocladius rivicola</i> -Gr.	PERLA	Chironomidae	12	0	0
<i>Parametriocnemus stylatus</i>	PERLA	Chironomidae	84	0	0
<i>Paraphaenocladius</i> sp.	PERZISTENT	Chironomidae	10	1	0
<i>Orthocladius oblidens/obumbratus</i>	PERLA	Chironomidae	146	0	0
<i>Natarsia</i> sp.	REZISTENT	Chironomidae	0	1	4
<i>Diplocladius cultriger</i>	REZISTENT	Chironomidae	0	38	6
<i>Pisidium</i> sp.	PERZISTENT	Mollusca	0	10	16
<i>Ancylus fluviatilis</i>	PERLA	Mollusca	0	0	2
<i>Osmylus fulvicephalus</i>	PERLA	Neuroptera	0	0	2
<i>Cernosvitoviella</i> sp.	PERLA	Oligochaeta	56	0	0
<i>Cognettia glandulosa</i>	PERLA	Oligochaeta	24	0	20
<i>Dero digitata</i>	PERLA	Oligochaeta	8	0	0
<i>Eiseniella tetraedra</i>	PERZISTENT	Oligochaeta	24	51	40
<i>Henlea ventriculosa/nasuta</i>	PERLA	Oligochaeta	8	0	24
<i>Henlea/Fridericia</i> sp.	PERZISTENT	Oligochaeta	24	10	52
<i>Lumbriculus variegatus</i>	REZISTENT	Oligochaeta	6	2	40
<i>Marionina riparia</i>	PERLA	Oligochaeta	0	0	12
<i>Nais communis</i>	REZISTENT	Oligochaeta	48	3	4
<i>Nais elinguis</i>	PERLA	Oligochaeta	56	0	0
<i>Nais variabilis</i>	PERLA	Oligochaeta	8	0	0

<i>Rhyacodrilus falciformis</i>	PERLA	Oligochaeta	16	0	0
<i>Stylodrilus brachystylus</i>	PERZISTENT	Oligochaeta	216	2	0
<i>Stylodrilus heringianus</i>	PERLA	Oligochaeta	36	0	8
<i>Stylodrilus</i> sp. juv.	PERZISTENT	Oligochaeta	160	12	52
<i>Lumbricidae</i> gen. sp.	PERZISTENT	Oligochaeta	2	9	0
<i>Mermitidae</i> gen. sp.	PERZISTENT	Oligochaeta	0	2	0
<i>Brachyptera risi</i>	PERLA	Plecoptera	0	0	942
<i>Capnia bifrons</i>	PERLA	Plecoptera	0	0	16
<i>Amphinemura</i> sp.	PERLA	Plecoptera	0	0	30
<i>Isoperla</i> sp.	REZISTENT	Plecoptera	0	2	6
<i>Simulium venum</i>	PERLA	Simulidae	28	0	0
<i>Simulium reptans</i>	PERLA	Simulidae	2	0	0
<i>Prosimulium tomosvryi</i>	PERLA	Simulidae	70	0	0
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	PERLA	Trichoptera	3	0	0
<i>Synagapetus iridipennis</i> cf. juv.	PERLA	Trichoptera	1	0	0
<i>Micropterna lateralis/sequax</i>	REZISTENT	Trichoptera	0	1	0
<i>Micropterna nycterobia</i>	PERLA	Trichoptera	1	0	0
<i>Ironoquia dubia</i>	PERZISTENT	Trichoptera	1	1	0
<i>Limnephilus flavicornis</i>	PERLA	Trichoptera	1	0	0
<i>Limnephilus auricula</i>	PERLA	Trichoptera	2	0	0
<i>Limnephilus</i> sp. juv.	PERLA	Trichoptera	2	0	0
<i>Limnephilidae</i> g. sp. juv. (asi 1.-2. instar)	PERLA	Trichoptera	1	0	8
<i>Polycentropodidae</i> g. sp. juv. (asi 1.instar)	PERLA	Trichoptera	0	0	2
<i>Beraeodes minutus</i>	PERLA	Trichoptera	0	0	2
<i>Nematoda</i> gen. sp.	PERZISTENT	Varia	40	7	2

Příloha 8: Protokol pro studenty k pedagogické části

	HABITAT 1	HABITAT 2	FOTOGRAFIE LOKALITY
VLHKOST			
SEDIMENT			
ZASTÍNENÍ			
TEPLOTA POVRCHU			
DÉLKA VYSCHNUTÍ			
VELIKOST VRTU			
TEPLOTA VZDUCHU			
TEPLOTA V 5 CM			
TEPLOTA VODY			
POČTY JEDINCŮ:			ZÁVĚR
VYŠŠÍ TAXONY:			