

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**SLOŽENÍ SPOLEČENSTVA STYGOFAUNY VE
VYBRANÝCH PRAMENNÝCH VÝVĚRECH
LUŽICKÝCH HOR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí Práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Bakalant: Jana Sobotová

2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Sobotová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Složení společenstva stygofauny ve vybraných pramenných vývěrech Lužických hor

Název anglicky

Composition of stygobiotic communities in selected set of springs in Lusatian mountains

Cíle práce

Otestovat aktuální výskyt stygofauny v deseti dlouhodobě sledovaných pramenných vývěrech Lužických hor metodou lapacích sítí, se z vláštním zřetelem na skupinu plazivek. Porovnat stav v roce 2016 s výsledky z roku 2015 a vyhodnotit závislost výskytu a složení stygofauny na abiotických faktorech.

Metodika

- 1) zhotovení odběrových zařízení
- 2) Provedení tří terénních odběrů během roku 2016
- 3) determinace vzorků na úrovni hlavních taxonomckých skupin
- 4) vyhodnocení složení společenstva ve vztahu k abiotickým faktorům pramenišť.

Doporučený rozsah práce

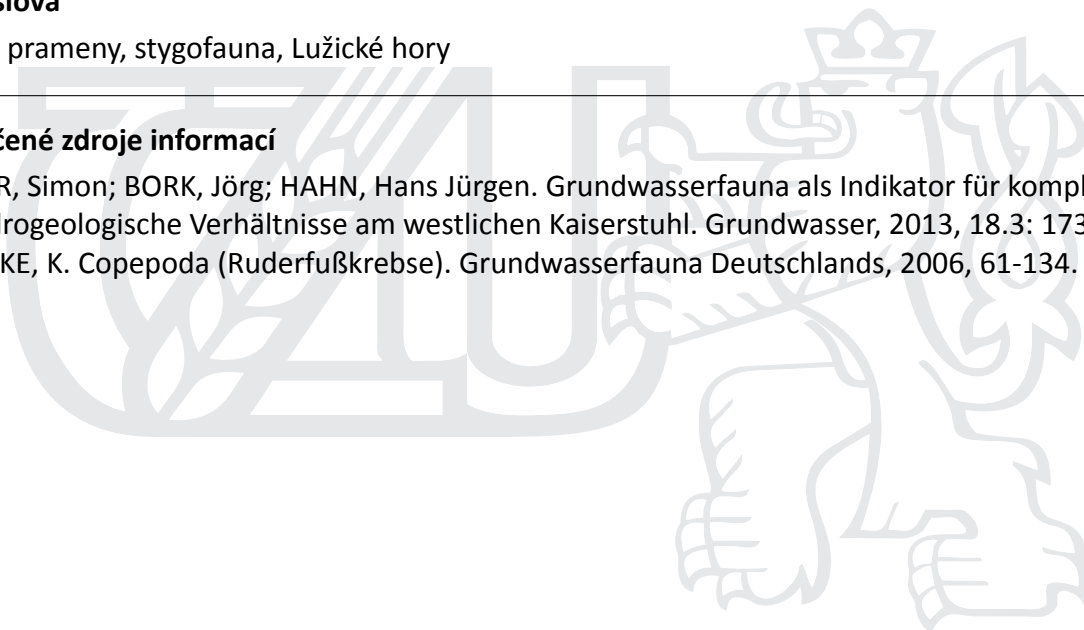
15-30 stran + přílohy

Klíčová slova

plazivky, prameny, stygofauna, Lužické hory

Doporučené zdroje informací

GUTJAHR, Simon; BORK, Jörg; HAHN, Hans Jürgen. Grundwasserfauna als Indikator für komplexe hydrogeologische Verhältnisse am westlichen Kaiserstuhl. Grundwasser, 2013, 18.3: 173-184.
SCHMINKE, K. Copepoda (Ruderfußkrebse). Grundwasserfauna Deutschlands, 2006, 61-134.



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2017

Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 04. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Michala Bílého Ph.D., a s využitím veškerých uvedených literárních pramenů a publikací, ze kterých jsem čerpala informace.

V Praze dne 25. 4.2017:

Poděkování

Děkuji Mgr. Michalu Bílému Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné rady, ochotu a trpělivost. Dále pak Mgr. Marii Zhai, Ph.D. za názorné ukázky preparátů a zasvěcení do základů determinace jedinců řádu Harpacticoida. Velké poděkování patří také mé rodině, a to zejména manželovi, který se mnou absolvoval práce v terénu.

Abstrakt

V roce 2016 byly v období srpen až prosinec provedeny tři odběry fauny podzemních vod a to v deseti vybraných pramenech v oblasti Lužických hor. Pro odběr vzorků bylo využito metody několika hodinového filtrování vyvěrající vody.

Nalezené organismy byly determinovány na úrovni vyšších taxonů. Byl potvrzen výskyt šesti taxonů obsahujících druhy podzemních vod, a to třídy lasturnatky (*Ostracoda*) a máloštětinatci (*Oligochaeta*), řády plazivky (*Harpacticoida*), buchanky (*Cyclopoida*) a roztoči (*Acari*) a čeleď *Niphargidae* ze skupiny Amphipoda. Největší počet jedinců byl zaznamenán u řádu *Harpacticoida*.

Nejvíce organismů bylo zjištěno v prameni č. 5 – Čtvrtý propustek, zástupci všech šesti taxonů byli nalezeni v prameni č. 3 – U oplocenky. Naopak v prameni č. 9 – Nad pasekou nebyl zaznamenán žádný jedinec podzemní fauny.

Dále bylo provedeno měření fyzikálních a chemických vlastností těchto vod. Bylo zjištěno, že se jedná o vody čisté, které z chemického hlediska splňují parametry pitné vody. Pramen č. 10 – Pod Kulichem se liší od ostatních pramenů výrazně liší v koncentraci SO_4^{2-} , v pH a konduktivitě. U pramene č. 7 – U smrku byla zjištěna koncentrace iontů F^- přesahující hranici přírodního pozadí.

Klíčová slova: *Harpacticoida*, podzemní voda, prameny, Lužické hory

Abstract

From August to December 2016, ten selected springs in the Lusatian Mountains were three times sampled in order to study underground water fauna. The sampling method was based on filtration of rising water for several hours.

The organisms were determined at higher-taxonomic level. Six taxa were found in the underground water: ostracods (class Ostracoda), oligochaetes (class Oligochaeta), copepods of order Harpacticoida and Cyclopoida, arachnids of the subclass Acari and amphipod crustaceans of the family Niphargidae. The majority of specimens belonged to the order Harpacticoida.

The highest number of specimens was found in the spring No. 5 'Čtvrtý propustek'. Representatives of all taxa were found only in spring No. 3 'U oplocenky'. On the other hand, in the spring No. 9 'Nad pasekou' no specimen of underground fauna was found.

Next part of research included measurements of physical and chemical characteristics of the spring waters. It was found out that these waters are clean and they comply with chemical parameters for drinking water. The spring No. 10 'Pod Kulichem' differed strikingly in SO_4^{2-} concentration, pH and conductivity from the others. The water from spring No. 7 'U smrku' exceeded the natural background concentration of F⁻ ions.

Keywords: *Harpacticoida*, groundwater, spring, Lusatian Mountains

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce	11
3. Literární rešerše.....	12
3.1 Podzemní voda	12
3.2 Podzemní voda jakožto stanoviště	13
3.3 Stygofauna.....	13
3.3.1 Zástupci fauny podzemních vod	14
3.4 Způsoby získání vzorků podzemní fauny.....	20
3.5 Prameny.....	21
3.6 Charakteristika zájmového území	22
3.6.1 Geologie.....	23
3.6.2 Hydrogeologie	24
3.6.3 Klima	25
3.7 Předchozí průzkumy.....	25
4 Metodika	27
4.1 Popis pramenů	27
4.2 Odběr a zpracování vzorků fauny.....	29
4.3 Chemické a fyzikální parametry.....	31
4.3.1 Chemické ukazatele	32
4.3.2 Fyzikální ukazatele	33
4.4 Metody zpracování dat	34
5 Výsledky	35
5.1 Zjištěné taxony	35
5.1.1 Taxony obsahující druhy podzemních vod.....	35
5.1.2 Ostatní taxony.....	38

5.2 Fyzikální a chemické vlastnosti vod.....	38
5.3 Analýza dat.....	41
5. Diskuze.....	45
5.1.Fyzikální a chemické parametry.....	45
5.2 Fauna podzemních vod.....	46
5.3 Metodika.....	47
6 Závěr	49
7 Literatura	50
8 Přílohy	54
Příloha č. 1:.....	54
Příloha č. 2:.....	55
Příloha č. 3:.....	56

1. Úvod

Podzemní voda představuje velmi specifické životní prostředí, ve kterém se vyskytují živočichové hromadně označovaní jako stygofauna. Jejich výskyt je důležitý nejen z hlediska ovlivnění a spoluvytváření životních podmínek daného místa, ale lze jich využít např. i jako bioindikátory, ukazatele provázanosti podzemních vod, či podzemních a povrchových vod apod.

Získat vzorky pro výzkum živočichů podzemních vod lze několika způsoby. Jedním z nich je využití pramenných vývěřů, tedy míst, kde se podzemní voda spolu s organismy dostává na zemský povrch. Tento způsob se využívá zejména v horských oblastech (Hahn 2002).

2. Cíl práce

Cílem této práce je zjištění výskytu možné stygofauny v deseti vybraných pramenných vývěrech v oblasti Lužických hor. Vzorby byly odebírány několika hodinovým filtrováním vyvěrající vody skrz speciální lapací sítky, které byly pro tyto účely vyrobeny. Byly provedeny tři odběry. Nalezení jedinci byli determinováni na úrovni vyšších taxonů.

Byly zjišťovány fyzikální a chemické parametry vyvěrajících vod. Zjištěné údaje byly využity pro analýzu možných závislostí výskytu stygofauny na abiotických faktorech.

Získané výsledky byly porovnány s předchozími výzkumy.

3. Literární rešerše

3.1 Podzemní voda

Z hydrogeologického hlediska je podzemní vodou voda pod zemským povrchem nacházející se v nasycené (saturované) zóně, a tím vytvářející souvislá tělesa – zvodně (Krásný et al. 2012). Za nasycenou zónu je považována ta část geologického profilu, ve které jsou veškeré póry zaplněny vodou (Pitter 2015). Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách rozšiřuje tuto definici i na vody protékající drenážními systémy a vody ve studních.

Podzemní vody představují největší zásobárnu sladkovodních vod na světě, které jsou využívány zejména jako zdroje k pitným účelům. V Evropské unii je přibližně 75% obyvatel zásobováno právě těmito vodami (Pytl et al. 2012). V ČR je z podzemních vod získáváno 47% pitné vody (Krásný et al. 2012). Dále jsou tyto vody důležité např. v hydrologickém cyklu, také jsou rozhodujícím faktorem existence mokřadů a vodních toků a působí jako kompenzátor během suchých období (Pytl et al. 2012) v neposlední řadě jsou stanovišti výskytu zcela unikátních živočichů (Schminke 2007).

Podzemní voda, která se neúčastní oběhu vody v přírodě a je uzavřena v dutinách hornin, se nazývá vodou fosilní. Povrchová voda, která se do podzemí dostává ze zemského povrchu, dává vznik mělkým vadózním vodám. Oproti tomu voda juvenilní vzniká ve velkých hloubkách zemské kůry převážně uvolněním z magmatu (Krásný et al. 2012). Vody prosté jsou zdrojem surové vody pro pitnou vodu a mají běžný obsah rozpuštěných látek. Minerální vody se od vod prostých liší množstvím či druhem rozpuštěných látek či plynů, teplotou nebo jinými fyzikálními parametry. (MŽP 2010). Štěrba (1965) uvádí jako zoologicky velmi významný druh podzemní vody tzv. podzemní vodu poříční, tedy takovou, která infiltrovala z povrchového toku do přilehlých náplavů.

Výskyt podzemních vod je ovlivněn zejména charakterem hornin, které lze z hydrogeologického hlediska rozdělit na kolektory (propustné vzhledem k sousedícím izolátorům) a izolátory (nepropustné vzhledem k sousedícím kolektorům). Dobrymi kolektory jsou např. prachy, písky, štěrkopísky, štěrky, prachovce, pískovce, droby apod. Izolátory oproti tomu jsou např. jíly, jílovce a různé celistvé horniny (Homola, Grmela 1987). Schopnost hydrogeologických

kolektorů vést a akumulovat podzemní vodu je dána typem a velikostí jeho pórovitostí (Krásný et al. 2012), přičemž obsahuje-li kolektor vodu, jedná se o kolektor zvodněný (Tourková 2004).

3.2 Podzemní voda jakožto stanoviště

Podle Štěrbý (Štěrbá 1986) jsou podzemní vody charakteristické zejména celkovou stabilitou životních faktorů. Chybí zde kolísání a periodicitu životních podmínek. Specifické vlastnosti podzemních vod mají výrazný vliv na organismy a jejich společenstva. Těmito vlastnostmi jsou zejména:

1) **Nepřítomnost světla** – má za následek nepřítomnost zelených organismů, tím tedy chybí primární produkce fotosyntézy (Sládečková, Sládeček 1995). Základem potravních a energetických řetězců v podzemních vodách je přísun organických látek z povrchu. U vod ve vyšších hloubkách zajišťují oživení bakterie schopné chemosyntézy. Nedostatek světla způsobil u živočichů ztrátu zraku a výraznější vyvinutí hmatového a čicho-chuťového ústrojí. Dále došlo ke ztrátě ochranných pigmentů. Stygobionti jsou bělaví či zcela bezbarví (Štěrbá 1986).

2) **Stálá teplota** – teplota v podzemních vodách je téměř konstantní a shoduje se s průměrnou roční teplotou daného místa. U nás je to okolo 10°C (Sládečková, Sládeček 1995). Tím nedochází v podzemních vodách k ročnímu cyklu a živočichové se zde rozmnožují celoročně (Štěrbá 1986).

3) **Nedostatek kyslíku** – Obsah kyslíku v podzemních vodách bývá velmi nízký. Důvodem je, že zde chybí jeho produkce. Většinu stygobiontů lze nalézt ve větším rozmezí koncentrace kyslíku ve vodě. U druhů, které byly nalezeny v místech s extrémně nízkou koncentrací kyslíku, není ovšem jasné zda jsou v takovém prostředí schopné žít trvale, nebo zda dočasně vyhledávají více prokysličená místa (Malard, Hervant 1999).

3.3 Stygofauna

Živočichové obývající podzemní vodu se nazývají stygofauna. (Hahn 2002). Na základě různých životních strategií a také skutečnosti, že některé podzemní vody lze

nalézt i na povrchu, byli živočichové podzemních vod rozděleni do tří skupin (Gibert et al. 2013).

1) *Stygobionti* jsou praví obyvatelé podzemních vod, kteří na zemském povrchu nemohou existovat (Sládečková, Sládeček 1995).

2) *Stygofilové* žijí v povrchových vodách, pokud se migrací dostanou do podzemních vod, jsou schopni tam delší dobu přežít (Gutjahr et al. 2013). Jedná se např. o larvy vodního hmyzu (Gibert et al. 2013)

3) *Stygoxéni* jsou organismy z povrchových vod, které se do podzemí dostaly náhodně, nenacházejí zde příhodné životní podmínky a dříve či později nutně hynou. (Sládečková, Sládeček 1995). Přesto mohou ovlivnit procesy v ekosystémech podzemních vod, protože fungují jako dravci či případně jako kořist (Gibert et al. 2013).

Živočichy společenstev podzemních vod lze považovat za velmi dobré bioindikátory. Na základě jejich výskytu lze rozlišit nedotčené zdroje podzemních vod od zdrojů narušených. Pomáhají nám také vysledovat interakce mezi podzemní a povrchovou vodou či poznat biodiverzitu dané oblasti (Kalinová et al. 2012, Gutjahr et al 2013). Mají i svůj význam ekologický. Rozměňováním hrubých částic detritu, připravují substrát pro mikroorganismy (Schminke 2007). V Evropě bylo zaznamenáno zhruba 2000 druhů žijících výhradně v podzemních vodách (Hahn 2002).

3.3.1 Zástupci fauny podzemních vod

Podtřída klanonožci (Copepoda)

Jedná se drobné korýše, kteří svým počtem dominují živočichům mnoha vnitrozemských vod, přičemž jejich evoluční původ je mořský. Osidlují veškeré vodní biotopy (Williamson, Reid 2009). V celosvětovém měřítku se jedná o nejrozšířenější skupinu bezobratlých živočichů podzemních vod, představovanou asi 1000 druhů a poddruhů zařazených do šesti řádů (Galassi et al. 2009). Jejich vysoká úspěšnost v osídlení podzemních vod může být částečně vysvětlena tím, že tato místa kolonizovaly druhy, jejichž jedinci jsou malé velikosti, takže u nich nemuselo, v porovnání s jejich předky, dojít k velkým či drastickým tělesným změnám. (Galassi et al. 2009).

Jejich tělo bývá štíhlé, zřetelně článkované a není uzavřené ve skořápce (Buchar et al. 1995), ale je pokryto pevným chitinovým krytem (Šrámek-Hušek 1953). Hlavohruď vzniká srústem pouze jednoho článku hrudi s pětičlánkovou hlavou (Smrž 2013). Zadeček mají silně zúžený, štíhlý a jeho poslední článek je zakončen furkou nesoucí na konci dlouhé štětinky. Na břišní straně hlavohrudi mají pět párů hlavových končetin a jeden pár čelistních nožek. Další čtyři články hrudi nesou po páru dvouklaných plovacích nožek a na posledním článku je jeden pár nožek kopulačních. Zadečkové články jsou bez nožek (Buchar et al. 1995). Na hlavě je nepárové naupliové očko (Ambrožová 2006).

Rozmnožují se oboupohlavně a mají vyvinutý pohlavní dimorfismus. Samečkové mají pár tykadel přeměněný v uchopovací orgány. Samičky nosí vajíčka ve váčcích připevněných na zadečku až do vyvinutí mláďat (Buchar et al. 1995). Mají nepřímý a složitý vývoj s trojím typem larev: orthonauplius, metanauplius a copepodit. Každý typ larvy projde postupně několika stádii. Poslední copepoditové stadium se po svlékání mění v dospělého jedince (Šrámek-Hušek 1953).

Díky různým druhům podzemních vod, které klanonožci osídlili, se u nich vyvinula vysoká morfologická diverzifikace. Tato různorodost a stupeň adaptace na život v podzemních vodách může být dobrým ukazatelem heterogenity stanoviště. Z ekologického hlediska hrají významnou roli v podzemních potravních řetězcích a ekosystémech. Zajišťují rozklad organické hmoty, poskytují potravu pro makrobezobratlé a meiofaunu a také podporují proudění živin mezi povrchem a podzemním prostředím (Galassi et al. 2009). V podzemních a pramenných vodách s nízkou teplotou se vyskytují druhy studenomilné (Šrámek-Hušek 1953).

Dlouhodobé výzkumy těchto živočichů také prokázaly, že jsou schopni úspěšně obývat i suchozemská stanoviště s periodicky se vyskytující dostatečnou vlhkostí. (Reid 2001)

Řád: Plazivky (Harpacticoida)

V podzemních vodách je to nejvýznamnější řád klanonožců obsahující kolem 640 stygobiontních druhů (Galassi et al. 2009).

Jedná se o velmi různorodou skupinu, s vysokou morfologickou diversitou a druhovou bohatostí, která se hojně vyskytuje v rozmanitých ekosystémech. V důsledku fragmentace biotopů byl u této taxonomické skupiny zaznamenán vysoký stupeň endemismu a to i u pramenných a podzemních vod (Caramujo 2015).

Nízké pH a koncentrace minerálů, především vápníku, u nich může vyvolat fyziologický stres (Zhai et al. 2015).

Malým prostorám, ve kterých se vyskytují, se plazivky přizpůsobily malým a štíhlým tělem s krátkými tykadly a furkou (Zhai et al. 2015). Antenuly (tykadla prvního páru) jsou maximálně osmi článkové (Lellák et al. 1982). Přední část jejich těla není zřetelně odsazena a přechází zvolna v zadeček (Buchar et al. 1995). Pohybují se za pomoci čtyř párů krátkých hrudních nožek (pereopod) a to takřka výhradně po dně (Lellák et al. 1982).

Samičky nosí vajíčka v jednom vaječném váčku a samci mají obě tykadla uprostřed zduřená (Šrámek-Hušek 1953). U některých druhů bylo zaznamenáno i partenogenetické rozmnožování. Larvy nauplia mají charakteristicky kulatý tvar (Hartman 2005).

Pro podrobnou determinaci je třeba nejprve jedince preparovat, tedy oddělit jednotlivé články a končetiny (Šrámek-Hušek 1953, Zhai et al. 2015).

Nejčastější čeledi u nás jsou *Canthocamptidae*, která zahrnuje většinu našich druhů a pouze podzemní druhy obsahující čeleď *Parastenocarididae* (Hřívová, Zhai 2015).

čeleď *Canthocamptidae*

Tato kosmopolitně se vyskytující čeleď je se svými 627 převážně sladkovodními druhy nejpočetnější skupinou plazivek. Z toho bylo 325 druhů zaznamenáno v palearktické oblasti, do které spadá i Evropa. Nejběžněji se zde vyskytujícími rody jsou *Elaphoidella*, *Moraria*, *Bryocamptus* a *Attheyella* (Boxshall, Defaye 2008). Druhy této čeledi kolonizovaly zejména povrchové vody, nicméně jsou celkem běžné i ve vodách podzemních (Schminke 2007). Např. v rodu *Elaphoidella* se vyskytují druhy žijící výhradně v podzemních vodách (Mori, Brancelj 2007).

čeleď *Parastenocarididae*

Čeleď zahrnuje šest rodů a více než 350 druhů. Z toho se jich 94 vyskytuje v Evropě (Bogdanowicz et al. 2004). Všechny druhy této čeledi obývají podzemní vody (Schminke 2007).

Tělo je protáhlé, minimálně 9x delší než široké, rozdělené na hlavohrud' (cephalothorax) a devět volných článků. Furka nese 7 štětín: první tři na vnějším okraji, další tři štětiny jsou koncové a poslední sedmá štětina je bazální. Samičky mají pátý a šestý volný článek srostlý do pohlavního článku (Schminke 2007).

Nejbohatším na druhy a nejrozšířenějším je rod *Parastenocaris* (Bogdanowicz et al. 2004), který momentálně obsahuje okolo 200 druhů. Nicméně jeho systematika je zatím nejasná a nedostatečně prozkoumaná (Schminke 2007).

Řád buchanky (Cyclopoida)

Po plazivkách druhá nejčastější skupina klanonožců podzemních vod, která zahrnuje přes 330 druhů stygobiontů. Vyskytují se jako plankton podzemních jezer, bentos nebo ve vodou vyplněných mezerách v sedimentech (Galassi et al. 2009).

Podlouhlé článkované tělo je rozděleno na širší, vejčitou hlavohrud' a výrazně užší zadeček, po jehož stranách mají samičky dva vaječné váčky. Obě přední tykadla samečků jsou uprostřed zduřelá a dopředu ohnutá (Šrámek-Hušek 1953). Jedním z určovacích znaků jednotlivých druhů je tvar zásobního váčku (receptacula seminis), ve kterém samička po oplození uchovává samčí pohlavní buňky (Buchar et al. 1995).

Řád různonožci (Amphipoda)

Jedná se o vyšší korýše, kteří mají ze stran zploštělé tělo a přisedlé oči. Jejich první hrudní článek splývá s hlavovými články. Každý z šesti hrudních článků nese jeden pár končetin, které jsou opatřeny žaberním váčkem (Hrabě 1954b). První tři páry zadečkových nohou jsou rozrůzněné, přizpůsobené k plavání a pohybují se podél boků (Hanzák et al. 1972).

Tito vodní živočichové žijí zejména v mořích. Druhy zastoupené v naší fauně se vyskytují zejména v prameništích, stružkách, potocích a řekách. Řada druhů je adaptována na život v podzemních vodách (Buchar et al. 1995), ve kterých bylo celosvětově zaznamenáno okolo 950 druhů (Galassi et al. 2009).

Schminke (2007) uvádí jako nejčastější rod vyskytující se v podzemních vodách *Niphargus*.

S výjimkou deseti povrchových druhů, zahrnuje tento rod druhy žijící ve všech typech podzemních vod, včetně studní, minerálních a termálních vod a pramenů. V souladu se svou rozmanitou ekologií vykazuje velmi různorodou morfologii, přičemž rozdíly mezi druhy jsou často velmi malé. To má společně s častým výskytem endemitů za následek ne úplně jasnou systematiku (Fišer et al. 2009).

Typickým obyvatelem podzemních vod, který se u nás vyskytuje je slepý blešivec studniční (*Nipharus aquilex*) (Hanzák et al. 1972).

Dalším podzemním rodem je *Niphargellus*. V České republice byl zaznamenán druh *Niphargellus arndti*, který dorůstá do velikosti pouhých 3 – 4 mm (Lellák et al. 1982).

Řád lasturnatky (*Ostracoda*)

Jedná se o vodní, převážně mořské drobné korýše (Jančařík 1954). Ve sladkých vodách se vyskytují ve všech možných biotopech včetně podzemních a pramenných vod (Lellák et al. 1982). Přičemž v podzemních vodách bylo dosud zaznamenáno přibližně 300 druhů (Galassi et al. 2009).

Nečlánkované, na hlavu a trup rozdělené tělo je kryto dvouchlopňovou skořápkou. Ta je různého tvaru i barvy a levá a pravá část nebývá stejná. Povrch skořápky je často obrvený. Končetiny se vyskytují po čtyřech párech na hlavě a třech párech na trupu. Ten je zakončen furkou, která je u některých druhů zakrnělá. Oko bývá jednoduché a u podzemních druhů často chybí (Jančařík 1954).

Jedná se převážně o všežravé živočichy živící se nejen jinými organismy, ale i zbytky rostlin a živočichů a také detritem (Lellák et al. 1982).

Mají vyvinut pohlavní dimorfismus. Menší samci mají jinak utvářené končetiny (Lellák et al. 1982). U některých druhů samci chybí, jsou ale známy i druhy,

u kterých se naopak vyskytují hojně (Buchar et al. 1995). Rozmnožují se gamogeneticky či partenogenezí. U některých druhů byly zaznamenány obě možnosti. Vajíčka se vyvíjejí mimo tělo samice a v případě nepříznivých podmínek je jejich vývoj přerušen (Lellák et al. 1982). Naupliová larva má skořápku podobnou dospělcům, ale pouze tři páry končetin. Během postupného svlékání dochází k přibývání končetin. Devátým svlékáním jedinec dospívá (Jančařík 1954).

Některé druhy lze determinovat podle vzhledu schránky. Většinou je ale pro řádnou identifikaci nutné zkoumaného jedince preparovat a jednotlivé části prohlédnout pod mikroskopem. Z České a Slovenské republiky je dnes známo okolo osmdesáti druhů lasturnatek. V sedimentech zachovalé schránky jsou častým předmětem paleontologických prací (Zhai et al. 2015).

Podčeleď *Candoninae* zahrnuje v současné době více než 300 žijících a fosilních druhů. Nalezneme mezi nimi živočichy bentické, stygofilní i stygobiotické (Meisch 1996). V podzemních vodách se jedná o nejčastěji se vyskytující skupinu lasturnatek. Jedinci se vyznačují nepřítomností plaveckých štětín na druhé anténě a čtvercovým tvarem posledního článku čistících nožek (Karanovic 2007). Jako čistící nožky při tom označujeme pětičlánkové končetiny třetího páru na trupu (Jančařík 1954).

Druh *Candona candida* se zcela běžně vyskytuje v pramenech a podzemních vodách. Preferuje chladnější stojaté či mírně tekoucí vody. Skořápky ledvinovitého tvaru jsou bílé a až 1,2 mm dlouhé (Buchar et al. 1995).

Třída máloštětinatci (Oligochaeta)

Na základě molekulárně-biologických výzkumů bylo zjištěno, že se nejedná o fylogeneticky samostatnou skupinu (Ošlejšková 2009, Schenková 2015).

Máloštětinatci mají protáhlé tělo, které je na průřezu kruhové a na povrchu kryté kutikulou. Segmentace je homonomní s různým počtem článků (Ambrožová 2006). Kromě prvního článku, jsou na každém dalším čtyři svazky štětín. Dva hřbetní a dva břišní. U řady vodních druhů je čelní lalok (prostomium) bičíkovitě až chobotovitě protažen (Buchar et al. 1995). Hlavním determinačním znakem jsou chitinoidní štětiny. Ty rozlišujeme vlasovité, tyčinkovité a esovité (Hrabě 1954a).

Dýchají celým povrchem těla. U některých čeledí byly zjištěny další adaptace k dýchání (např. střevní stěnou či žábry). Některé druhy jsou schopné žít ve vodách velmi chudých na kyslík či dokonce bez kyslíku (Lellák et al. 1982).

Z našich máloštětinatců je více než polovina vodních, žijících na povrchu dna či přímo ve dně (Buchar et al. 1995). Většinou se jedná o druhy tolerantní ke znečištění. Nicméně druhy podzemních vod jsou spíše čistobytné (Schenkova 2015).

V potravním řetězci hrají roli konsumentů a také slouží jako potrava jiných živočichů např. dravého hmyzu, obojživelníků a ryb (Lellák et al. 1982).

Řád roztoči (Acari)

Drobní až mikroskopičtí živočichové vyskytující se po celém světě a na všech možných stanovištích (Hanzák et al. 1972).

Vodule (*Hydrachnellae*) se vyskytují jak ve všech typech povrchových vod včetně pramenů, tak ve vodách podzemních. Nečláňované tělo má nejčastěji kulatý či oválný tvar. Oči jsou po stranách přední části těla uloženy volně v kůži nebo v očních schránkách. Pohyblivé mandibuly zakončené drápky a dvě srostlé maxily tvoří ústní orgán. Čtyři páry šestičláňkových noh jsou opatřeny plovacími štětinami a zakončeny drápky (Láska 1971).

Jedná se převážně o dravce, živící se planktonními korýši a larvami hmyzu. Poměrně častým jevem je také kanibalismus. Mají schopnost dlouhodobě přežít bez příjmu potravy (Lellák et al. 1982).

U vodulí je vyvinut pohlavní dimorfismus. Ve slizovém obalu uložená vajíčka jsou kladena na ponořené rostliny, kameny či dno. Šestinohé larvy jsou parazity vodního hmyzu. Po přechodu klidovým stádiem se larvy mění ve volně žijící osminohé nymfy, které jsou již podobné imagům, ale nemají vyvinutý pohlavní otvor. Následuje další klidové stádium, po kterém se již mění v imaga (Láska 1971).

3.4 Způsoby získání vzorků podzemní fauny

Výzkum stygofauny je ztížen zhoršenou přístupností podzemních vod (oproti vodám povrchovým). Vzorky vod a v nich žijících živočichů se získávají ze studní, vod

v jeskyních a zatopených štol, z vrtů (Štěrba 1986), pramenů, či pomocí pastí a čerpadel. Další možností je zmrazení vzorku hornin spolu s intersticiální vodou a v ní žijící faunou. Tato metoda je ovšem omezena pouze na povrchní sedimenty a nelze ji použít na hlubší podzemní vody (Hahn 2002).

V mnoha regionech jsou jedinými místy umožňující přístup k podzemní vodě monitorovací vrty. Proto se sbírání podzemní fauny z vrtů stalo nejběžnějším způsobem jak získat potřebné vzorky. Základním předpokladem pro tyto výzkumy je, že fauna uvnitř vrtů je shodná s okolní faunou. V roce 2002 byla v jihozápadním Německu provedena studie zaměřená na srovnání fauny ve vrtech a jejich okolí. Ze dna 20 vybraných vrtů byly odebrány vždy 4l vody. Dále bylo pomocí pneumatického pístového čerpadla odebráno 5l vody z okolní zvodně. Počet jedinců na litr vody byl výrazně vyšší uvnitř vrtů, nicméně taxonomické složení bylo shodné ve vrtech i okolní zvodni (Hahn, Matzke 2005).

Podzemní voda se spolu se stygofaunou dostává na povrch pramenným vývěrem. Dalším způsobem výzkumu podzemní fauny je proto filtrace těchto vod. Jedná se o metodu jednoduchou a finančně nenáročnou, vhodnou zejména v horské či skalnaté krajině. V odebraných vzorcích se ovšem vždy nachází živočichové nejen z podzemní, ale i povrchové vody. U takto získané stygofauny také není možné přesně určit místo, z kterého pochází (Hahn 2002).

3.5 Prameny

Pramenem nazýváme soustředěný vývěr, kterým dochází k přirozenému odvodnění podzemní vody. Pokud se v území vyskytuje více pramenů, které jsou ve vzájemném hydrologickém vztahu, jedná se o prameniště. Na základě setrvalosti pramenů lze rozlišit vývěry stálé, občasné (vyvěrají jen v určitou roční dobu, v případě nedostatku srážek vysychají) a periodické (objevují se v pravidelných intervalech) (Tourková 2004). Dále rozdělujeme prameny např. podle pozice v terénu (údolní, svahové, roklinové apod.) či podle složení hornin (pískovcové, žulové apod.) (Hynie 1961). Z hydrobiologického hlediska je nejdůležitější rozdělení pramenů dle rychlosti vytékající vody a vzhledu nejbližšího okolí vývěru (Štěrba 1986), čímž jsou ovlivněny životní podmínky v těchto vodách a tím i jejich oživení (Hartman et al. 2005). Tímto způsobem lze rozlišit tři základní typy pramenů:

1) **Limnokrén** (pánevní pramen) – vzniká tak, že zespodu vyvěrající voda vyplní přirozenou prohlubeninu a tím vytvoří studánku s klidnou vodou. Voda, která z této nádrže přeteče, dává vznik pramenné stružce nebo potůčku. Dno studánky bývá písčité nebo bahnité s napadanými zbytky rostlin. Kromě organismů podzemních vod zde žijí i obyvatelé vod povrchových jako např. larvy a imaga létajícího vodního hmyzu (Sládečková, Sládeček 1995).

2) **Rheokrén** – je pramen charakteristický prudkým vývěrem a vytvářením kamenné stružky. Voda se v prameni vůbec nezdržuje. Vyskytuje se zejména v horách, na prudkých stráních. Vzácněji ho lze nalézt i v nížinách (Štěrba 1986). Dno bývá skalnaté nebo kamenité a vytváří tak vhodné prostředí pro výskyt přisedlých řas a sinic, v jejichž porostech se drží drobní konsumenti (Sládečková, Sládeček 1995).

3) **Helokrén** – jedná se o mokřadní pramen, kde voda prosakuje na povrch půdy na větší ploše a mění území pramene na mokřinu až bažinu. Společný odtok z mokřiny pak tvoří pramennou stružku nebo potůček (Sládečková, Sládeček 1995) na nejnižší položeném místě pramenné bažiny, často daleko od míst vývěru, kterých bývá u tohoto typu pramenu velké množství (Štěrba 1986).

Podle Štěrby (Štěrba 1986) představují prameny přechod mezi podzemní a povrchovou vodou a spojují tak dvě odlišná prostředí. Prameny čerpají z podzemních vod většinu chemických vlastností a také vyrovnanost a stálost životních podmínek, z nichž je důležitá zejména teplota, u které dochází jen k minimálním výkyvům. S povrchovými vodami mají společnou zejména přítomnost světla a přímou interakci s okolím.

Voda, která v prameni vyvěrá, má nízký obsah kyslíku, jeho koncentrace se ale rychle zvyšuje. Prameny mají vlastní primární produkci (rozsivky, vláknité řasy i vyšší rostliny), dostávají se do nich také organické látky z okolí, hlavně listí. Zoocenózy pramenů jsou směsí druhů podzemních i povrchových vod (Hartman et al. 2005).

3.6 Charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází v oblasti Lužických hor, které jsou výrazné svéráznými tvary povrchu v podobě kuželovitých a kupovitých vrchů z vulkanických hornin.

Díky výrazné členitosti se zachovalo množství původních ekosystémů v obtížně přístupných místech. Nejvyšším vrcholem Lužických hor je Luž (792,9 m. n. m.), nejnižší bod se nachází v České Kamenici (295 m. n. m.) (Valečka et al. 2005).

3.6.1 Geologie

Lužické hory patří k české křídové pánvi, ta do území zasahuje svou nejsevernější částí, charakterizovanou písčítými sedimenty (Mrázová et al. 2012). Oblast se skládá ze dvou základních geologických jednotek, které jsou oddělené Lužickým zlomem (Valečka et al. 2005). Ten se táhne v SZ-JV směru od Drážďan k Turnovu a má délku 110 km. Vznikl přesunem starších hornin přes sedimenty české křídové pánve (Krásný et al. 2012). Od zlomu na SV se na povrchu vyskytují nejstarší horniny označované jako krystalinikum a granitoidy, na JZ se rozprostírají sedimenty křídového moře, ty dosahují místy mocnost až 800 m (Valečka et al. 2005). Podél Lužického zlomu se výrazně projevuje tektonika obou jednotek (Mrázová et al. 2012), ojediněle zde byly na povrch vyvlečeny bazální slepence cenomanu a jurské vápence (MŽP 2000).

Křídové sedimenty patří do perucko-korycanského, bělohorského a jizerského souvrství (Eckhardt 2013) a jsou zastoupeny zejména kvádrovými, kaolinickými a jílovitými pískovci, méně často slínovci a jílovci (MŽP 2000). Rozšíření perucko-korycanského souvrství je závislé na předkřídové morfologii terénu a je výrazné převahou pískovců. Spodní část bělohorského souvrství je tvořena převážně slínovci, příp. spongility, které směrem do nadloží postupně přecházejí do křemenných pískovců. Faciální vývoj jizerského souvrství je proměnlivý a zahrnuje vekou škálu sedimentů od pískovců po slínovce a své maximální mocnosti 400 m dosahuje na SV území při lužické poruše (Krásný et al. 2012). V křídových sedimentech lze také nalézt zbytky fauny, především mlžů (Valečka et al. 2005).

Od konce křídý po dobu před 20-30 miliony let (v třetihorách) se zde projevovala vulkanická činnost, v jejímž důsledku se tu vyskytují dvě skupiny sopečných hornin. První skupinou jsou světlé znělce a trachyty, druhou čediče a jim příbuzné horniny (Valečka et al. 2005).

V období čtvrtohor, v důsledku střídání ledových a meziledových dob, začalo docházet k erozi, která odstranila většinu povrchových vulkanitů a naopak odhalila

podpovrchová vulkanická tělesa. Výskyt okraje severoevropského kontinentálního ledovce ve středním pleistocénu dokládají ledovcové sedimenty. K další akumulaci sedimentů ve čtvrtohorách došlo v důsledku zvyšování výškových rozdílů při erozi a klimatických změn. Z těchto sedimentů se zde vyskytují zejména sprašové hlíny a reliktu fluvialních štěrků (Valečka et al. 2005).

3.6.2 Hydrogeologie

Zkoumané prameny leží v hydrogeologickém rajónu Křída horní Ploučnice (Eckhardt 2013), a tím spadají do Benešovsko-ústeckého zvodněného systému (Krásný et al. 2012). Tento hydrogeologický rajon je významnou oblastí pro tvorbu a oběh podzemních vod. To je podmíněno zejména dobrou puklinovo-průlinovou propustností hornin a velkou mocností kolektorů (Šimek 2014). Na většině území české křídové pánve je rozšířen bazální křídový kolektor (Krásný et al. 2012). V Lužických horách je zastoupen dvěma útvary: Bazální křídový kolektor od Hamru po Labe a Bazální křídový kolektor v benešovské synklinále (Olmer et al. 2006 in Eckhardt 2013). Bazální křídový kolektor vytváří předpoklady k regionálnímu proudění podzemních vod od okrajových výchozových částí k zónám regionální drenáže. Izolátor v nadloží bazálního křídového kolektoru je tvořen spodní částí bělohorského souvrství a jeho mocnost dosahuje několik desítek metrů (Krásný et al. 2012).

Nejvýznamnější zvedně se nachází v kolektoru BC (Eckhardt 2013), ten je představovaný zejména pískovci jizerského souvrství a svrchní částí bělohorského souvrství a je hlavním (středním) křídovým kolektorem (Krásný et al. 2012). Dále jsou v Lužických horách dvě další významné zvodně. Jedna v kolektoru A představovaném pískovci perucko-korycanského souvrství a druhá v kolektoru D z pískovce teplického až březenského souvrství ve svrchní části uložených křídových vrstev. Mezi kolektory A/BC se nachází izolátor tvořený spodní částí bělohorského souvrství, mezi kolektory BC/D je izolátor představován jílovcem teplického až březenského souvrství. (Eckhardt 2013). Podél lužické poruchy se nachází více či méně spojený komplex, zahrnující kromě jizerského i obě podložní souvrství (bělohorské a perucko-korycanské) označovaný jako kolektor ABC.

Většina pramenů v zájmovém území vyvěrá na bázi coniackých pískovců (MŽP 2000)

3.6.3 Klima

Zkoumaná oblast náleží do mírně teplé oblasti MT2 označované jako mírně teplá a vlhká, která se projevuje normálně dlouhou a suchou zimou s mírnými teplotami a normálně dlouhou sněhovou pokrývkou. Krátkým, mírným až chladným létem. Také podzim je v této oblasti mírný (MŽP 2000) Roční chod srážek vykazuje výraznější minima v jarních a podzimních měsících. Celkový roční srážkový úhrn je 620-850 mm. Nejchladnějším měsícem je leden, nejteplejším červenec. Průměrné roční teploty se pohybují od 8°C v podhorských oblastech po 5°C v nejvyšších místech (Novák 1997)

3.7 Předchozí průzkumy

Filip (1962) se ve své studii věnuje popisu 695 pramenů vyskytujících se na ploše 975,5 km², do které spadá i oblast Lužických hor. V oblasti, která se nachází nad silnicí z Heřmanic do Krompachu, popisuje čtyři prameniště (č. 19-23). Vždy se jedná o součet dvou až pěti odtoků. V oblasti Myslivny popisuje dva prameny (pod čísly 54 a 55), které se ovšem neshodují s žádným zájmovým pramenem této práce. V obci Krompach uvádí pod č. 69 pramen, který se dle jeho popisu nachází v západní části obce na levém břehu potoka za čp. 90. Jedná se o pramen, který je v této mé práci uváděn pod č. 10 – Pod Kulichem.

V letech 2011 až 2014 proběhl v zájmovém území projekt: Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE), který byl zaměřen na ochranu vodních zdrojů a objasnění příčin klesání hladin podzemních vod v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch a v oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin. V rámci tohoto projektu byl v Lužických horách proveden i výzkum podzemní fauny. V letech 2012 až 2013 byly odebrány vzorky ze šesti starých vrtů a pěti pramenů. Bylo zjištěno 25 druhů z toho 8 druhů podzemních (Kalinová et al. 2014). Mezi vybranými prameny byl i Vodopád u Heřmanic (v této práci označován č. 2) a pramen Pod Kulichem (č. 10).

Šindelářová (2016) se ve své nepublikované práci zabývá podzemní a pramenišní faunou vyskytující se v deseti vybraných pramenech. Z toho se jich devět shoduje se zájmovými prameny této práce.

V roce 2016 byl zahájen projekt Prameny spojují, který se zabývá výzkumem pramenů na českosaském pomezí. Projektu se účastní tři univerzity: Technická univerzita v Liberci, Technische Universität Dresden (IHI Zittau) a Česká zemědělská univerzita v Praze. Projekt bude probíhat do roku 2019 (<http://quellen.tul.cz/>).

4 Metodika

4.1 Popis pramenů

Pro odběr vzorků bylo vybráno devět pramenů typu rheokrén ve dvou dílčích oblastech Lužických hor, v okrese Česká Lípa. Prvních pět pramenů (č.1-5) se nachází severně od obce Heřmanice v Podještědí, nad silnicí směřující do Krompachu a patří k povodí Heřmanického potoka. Další čtyři prameny (č. 6- 9) leží v oblasti blízko Mysliven a jsou součástí povodí Svitávka. Po prvních odběrech byl ještě přidán desátý pramen (č.10) Pod Kulichem, který je umístěn samostatně a to v obci Krompach a spadá do povodí Krompašského potoka (obr. č. 1). Jedná se o několik vývěřů nacházejících se na soukromém pozemku. K odběru vzorků byl vždy použit vývěř prostřední.

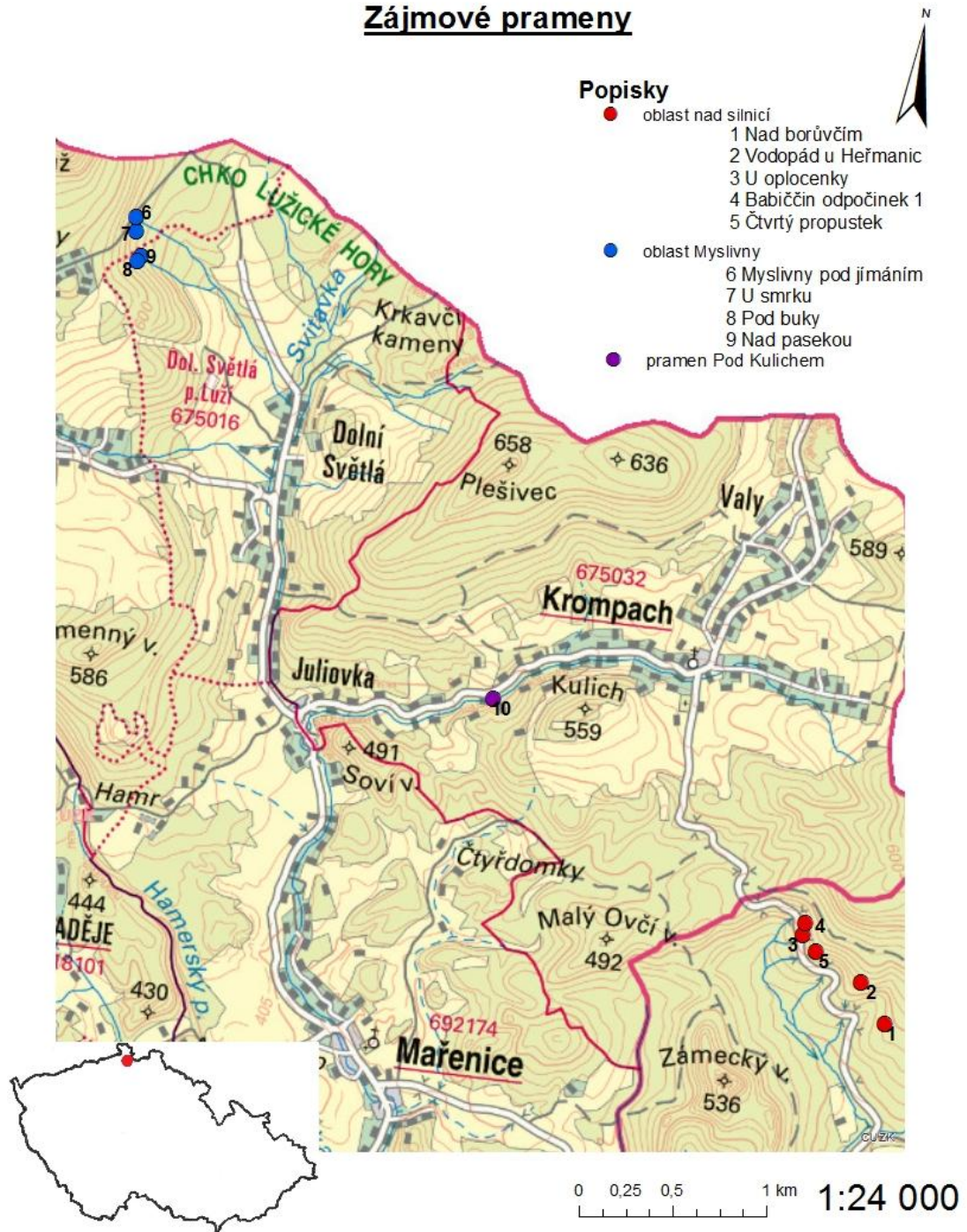
Devět pramenů (č. 1 – 9) patří k zvodni D, která se vytvořila v sedimentech spodního coniacu, pramen č. 10 – Pod Kulichem je napájen z hlavní turonské zvodně kolektoru BC (Eckhardt 2013). Přehled studovaných pramenů a jejich GPS souřadnice uvádí tab. č. 1., ve které je také vydatnost jednotlivých pramenů.

Tab. č. 1: Přehled jednotlivých pramenů, jejich GPS souřadnice a vydatnost

*převzato z projektu GRACE

č.	Název	GPS souřadnice				Vydatnost* (l/s)
		N		E		
		stupně	minuty	stupně	minuty	
1	Nad borůvkám	50	48,675	14	43,053	1,54
2	Vodopád u Heřmanic	50	48,789	14	42,922	4,35
3	U oplocenky	50	48,93	14	42,681	0,24
4	Babiččin odpočinek 1	50	49,031	14	42,51	0,21
5	Čtvrtý propustek	50	48,878	14	42,739	0,82
6	Mysliveny pod jímáním	50	50,731	14	39,222	0,5
7	U smrku	50	50,702	14	39,227	0,18
8	Pod buky	50	50,602	14	39,269	0,19
9	Nad pasekou	50	50,63	14	39,296	0,23
10	Pod Kulichem	50	49,496	14	41,141	1,78

Zájmové prameny



Obrázek č. 1: mapa zájmových pramenů

U každého pramene proběhly tři odběry fauny za pomoci speciálně vyrobených lapačů (viz. kapitola č. 4.2). U pramene č. 10 byly provedeny odběry pouze dva. Dále byly odebrány vzorky pro provedení analýzy chemických ukazatelů. Časový harmonogram v terénu provedených prací uvádí tab. č. 2.

Tab. č. 2: *Harmonogram terénních prací*

Datum	Činnost
28.7.2016	seznámení se zájmovými prameny č. 1-9
23.- 24. 8.2016	1. odběr fauny v pramenech č. 1-9
15.-16.10.2016	2. odběr fauny v pramenech č. 1-10
3.12.2016	3. odběr fauny v pramenech č. 1-10
22.2.2017	odběr vzorků pro chemickou analýzu, měření GPS souřadnic

4.2 Odběr a zpracování vzorků fauny

Lapače

Pro odběry vzorků bylo nejprve třeba vyrobit speciální lapače. Tvar a vzhled byl převzat od Šindelářové (Šindelářová 2016). Pro výrobu síťové části byla použita síťovina o velikosti ok 60 μm . Z té byly vystřiženy dva podlouhlé trojúhelníky s rozdílnou šíří. Jejich sešitím vznikl kuželovitý tvar s rovnou spodní a zaoblenou horní částí. Případnému úniku drobných živočichů dírami po vpichu jehly bylo zamezeno použitím dvojitého stehu. Z tohoto důvodu také nebyly při samotném šití použity špendlíky či stehování. Vstupní (širší) otvor byl zpevněn dvěma dráty, čímž se zajistil stálý tvar. K úzkému konci síťky byla tavnou pistolí přilepena trubička, jejíž druhý konec byl vlepen do vyvrtaného otvoru ve víku sběrné nádoby. Do víčka byly vyvrtány další otvory, které byly zajištěny síťovinou (60 μm). Tím byl zajištěn únik přebytečné vody a uchování pevných částí vzorku ve sběrné nádobě (příloha č. 3).

Odběr vzorků

Při instalaci lapačů bylo hlavní snahou umístění co nejbližší vývěru a tím zajištění odběru vzorků opravdu z podzemních vod. Lapače se instalovaly rovnou částí ke dnu. Na místě byly přichyceny vázacím drátem k pevným okolním kořenům či zapíchnutým klacíkům. Lapač se umisťoval tak, aby byla jeho síťová část napnutá a celá pod vodou. V případě potřeby byla hloubka pramene zvětšena pomocí lopatky.

Sběrná nádoba byla zatížena kameny a kusy dřeva. Při samotné instalaci bylo třeba dbát na to, aby nedošlo k ucpání hadičky naneseným materiálem.

24 hodin po instalaci byly lapače z pramenů vyjmuty. Výjimkou je prosincový odběr, kdy byly z důvodu možných nočních mrazů lapače vyjmuty již po dvanácti hodinách. Sběrná nádoba byla zajištěna víčkem a popsána datem a číslem pramene a uložena do igelitového sáčku. Síťka byla uložena do samostatného igelitového sáčku označeného opět číslem pramene a vložena ke sběrné nádobě.

Příprava vzorků

Pro další zpracování vzorků byla vyrobena dvě síta. K jejich výrobě byly použity laboratorní PET lahve, do jejichž víček byl vyříznut otvor, který byl následně přehrazen síťovinou (opět 60 μm). Dno lahví bylo odříznuto.

První síto bylo použito k přefiltrování veškeré kohoutkové vody, která následně přišla do kontaktu se vzorky. Tím bylo zamezeno případné kontaminaci živočichy, kteří by se mohli v této vodě vyskytovat. Veškeré nežádoucí částičky zůstaly zachyceny v sítu.

Druhé síto bylo použito k samotnému zpracování odebraných vzorků.

Síťová část a igelitový sáček, ve kterém byl lapač převezen, byly pečlivě propláchnuty. Pozornost byla věnována zejména místům okolo všech švů. Veškerý získaný materiál byl následně přesítován. Stejným způsobem bylo naloženo s obsahem sběrné nádoby. Materiál zachycený sítem byl následně zafixován 75% ethanolem a uložen zpět do sběrné nádoby zajištěné pevným víkem.

Zpracování vzorků v laboratoři

Pro snadnější práci s binokulární lupou byl každý vzorek rozdělen do tří velikostních frakcí (60 μm – 200 μm – 500 μm) pomocí síťovací kolony vyrobené z tří PET lahví, u kterých bylo víko nahrazeno síťovinou s patřičnou velikostí ok. K propláchnutí síťovací kolonou byla opět použita přefiltrovaná voda. Vždy malá část z právě probírané frakce byla přenesena pomocí stříčky na Petriho misku a probrána pod binokulární lupou OLYMPUS CZx10. Nalezení jedinci byli rozdělení podle

taxonomických skupin a následně zafixování 75% lihem v lahvičkách s dvojitým víkem. Stejným způsobem bylo naloženo s probranými zbytky.

Reprezentativní či zatím neidentifikovaní jedinci byli v této fázi vyfotografováni pomocí kamery Olympus DP72 a programu QuickPHOTO MICRO 2.3. Nejprve bylo nastaveno zaostření na spodní a horní hranici fotografovaného objektu. Byl určen počet zaostřovacích rovin a spuštěno fotografování. Vzniklé fotografie s různou rovinou ostrosti byly automaticky poskládány do jedné fotografie, která měla díky tomu větší hloubku ostrosti.

Tvorba preparátů jedinců řádu Harpacticoida

Pro podrobnější determinaci této skupiny je třeba preparace každého určovaného jedince (Šrámek-Hušek 1953). Jedná se o metodu velice pracnou a vyžadující určitý cvik a zkušenosti. Proto byl tento postup v rámci této práce pouze vyzkoušen na několika kusech.

Vybraný jedinec byl přenesen na podložní sklíčko s kapkou glycerinu. K preparaci byly použity nejtenčí možné preparační jehly vyrobené z entomologických špendlíků. Jednou jehlou byl jedinec přidržen na místě. Druhou byly postupně odtrženy jednotlivé části. Nejprve zadní část a posléze jednotlivé články s pereopody. Preparát byl následně zakryt krycím sklíčkem a zafixován rámečkem z průhledného laku na nehty (Dvořáková 2013).

4.3 Chemické a fyzikální parametry

Pro stanovení chemických a fyzikálních ukazatelů byly nejprve odebrány vzorky vody ze zájmových pramenů. Jednalo se o jednorázový odběr provedený 22.2.2017 (tab. č. 2). Byly použity čisté PET lahve od neochucených nápojů o objemu 500 ml. Lahev byla nejprve na místě vymyta odebíranou vodou a poté teprve naplněna vzorkem. Bylo dbáno na to, aby ve vzorku bylo co nejméně pevného znečištění. Analýza proběhla druhý den po odběru. Do té doby byly vzorky uchovány v ledničce.

4.3.1 Chemické ukazatele

Koncentrace chemických ukazatelů byly měřeny jednorázově a to níže uvedenými postupy v hydrochemické laboratoři ČZU a dále pak pro srovnání také v atestované laboratoři České geologické služby (dále ČGS). Byly stanoveny koncentrace amoniakálního, dusitanového a dusičnanového dusíku, celkového fosforu, chloridů, fluoridů a síranů. Dále bylo měřeno pH.

Amoniakální, dusitanový a dusičnanový dusík patří mezi hlavní formy anorganicky vázaného dusíku, který je jedním z významných ukazatelů znečištění vod. Dusík se uplatňuje při všech biologických procesech probíhajících ve vodách (Pitter 2015) Celkový fosfor je jedním z ukazatelů trofie (úživnosti) vod. Chloridy a sírany tvoří hlavní část aniontů v přírodních vodách (Hartman et al. 2005). Fluoridy mohou na některé vodní organismy působit až toxicky (Pitter 2015)

Naměřené hodnoty u N-NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- a SO_4^{2-} byly více méně shodné z obou laboratoří, proto je uváděn vždy průměr obou analýz. Koncentrace NO_2^- se v laboratoři ČGS neměří a dle laboratoře ČZU je u všech pramenů pod stanovitelnou hodnotou. Rozdílné hodnoty byly zjištěny u koncentrace celkového fosforu. V laboratoři ČZU byla u šesti pramenů zjištěna koncentrace pod prahovou hodnotou možného stanovení. Protože jde o značně citlivou metodu, jsou v této práci použity výsledky z ČGS, kde je laboratoř zařízena pro stanovení i velmi nízkých koncentrací.

Metody stanovení jednotlivých ukazatelů (v hydrochemické laboratoři ČZU)

Amoniakální dusík (měřeno jako N-NH_4^+)

Některé vzorky byly nejprve přefiltrovány přes buničinu. Tím bylo odstraněno viditelné pevné znečištění. Poté bylo do 50ml odměrných baněk přelito vždy 40 ml analyzovaného vzorku. Následně byly přidány 4 ml vybarvovacího činidla a 4 ml alkalického roztoku. Baňka byla zašpuntována a její obsah byl promíchán. Dále byla přidána destilovaná voda po rysku vyznačenou na baňce. Takto připravený vzorek se nechal stát 60 min. Následně bylo ve spektrofotometru provedeno měření při vlnové délce 655 nm v 1cm kyvetě.

Stejným způsobem byl připraven a měřen slepý vzorek, pro který byla použita destilovaná voda.

Získané hodnoty byly automaticky v MS Excel přepočítány na NH_4^+ .

Dusitanový a dusičnanový dusík, ionty Cl^- , F^- a SO_4^{2-}

Tyto chemické ukazatele byly měřeny pomocí iontové chromatografie přes detekci vodivosti.

Celkový fosfor

Do kádinek bylo odměřeno 40 ml vzorku. Bylo přidáno 0,4 ml H_2SO_4 . Na vařiči bylo 5g peroxodisíranu rozpuštěno v destilované vodě, převedeno do 100 ml odměrné baňky a doplněno destilovanou vodou po risku. K analyzovanému vzorku byly přidány 4 ml takto připraveného peroxodisíranu. Směs byla na vařiči umístěném v digestoři přivedena k varu a vařena 30 minut. Během kterých byl objem směsi pravidelně doplňován destilovanou vodou. Po vychladnutí bylo pomocí NaOH a H_2SO_4 upraveno pH tak, aby jeho hodnota byla mezi 3-10. Následně byly vzorky převedeny do 50 ml odměrných baněk, byl přidán 1ml kyseliny askorbové a 4 ml molybdenanu amonného. Po promíchání byla přilita destilovaná voda po risku a vzorek se nechal 15 min stát. Měření probíhalo při 880 nm v 1cm kyvetě.

pH

Hodnoty pH byly měřeny pomocí pH metru Model pH 50 Lab, který byl nejprve zkalibrován pomocí pufrů o hodnotě pH 7, 4 a 10.

4.3.2 Fyzikální ukazatele

Z fyzikálních ukazatelů byla v laboratoři jednorázově měřena konduktivita a to přenosným přístrojem firmy WTW.

Z technických důvodů nebyla v rámci této práce změřena vydatnost pramenů. Tyto údaje byly proto převzaty z předchozích výzkumů (tab č. 1)

4.4 Metody zpracování dat

Pro statistické zpracování získaných dat byly použity programy R 3.2.1., Statistica 12 a PAST. Rozdíly chemického složení vod oblastí u Mysliven a nad silnicí Heřmanice – Krompach byly zjišťovány pomocí dvouvýběrového Wilcoxonova testu programu R 3.2.1. Pro zjištění podobnosti pramenů ve fyzikálních a chemických parametrech byla použita *Analýza hlavních komponent* (PCA) v programu Statistica 12. Výskyt taxonů v závislosti na chemických parametrech vod byl vyhodnocen v programu PAST *Kanonickou korespondenční analýzou* (CCA).

5 Výsledky

5.1 Zjištěné taxony

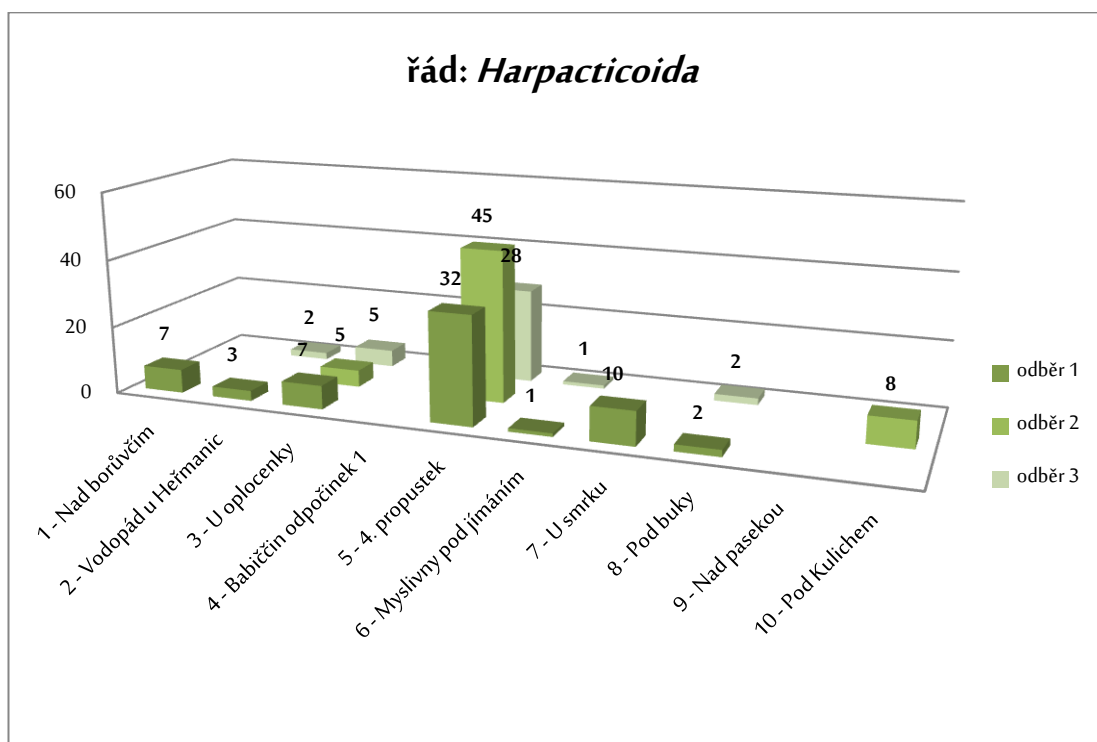
5.1.1 Taxony obsahující druhy podzemních vod

233 odchycených jedinců bylo zařazeno do šesti vyšších taxonů, které obsahují druhy spadající do stygofauny. Nejpočetnějším byl řád *Harpacticoida*, z kterého bylo nalezeno celkem 157 jedinců. Oproti tomu z třídy *Ostracoda* byl odchycen jedinec pouze jeden. Dále byli zaznamenáni zástupci třídy *Oligochaeta* (44 jedinců), řádů *Cyclopoida* (4) a *Acari* (20) a čeledi *Niphargidae* (4). Celkový výskyt těchto taxonů udává příloha č. 1.

V prameni č. 3 – U oplocenky bylo zaznamenáno všech šest identifikovaných taxonů. Nejvíce jedinců fauny bylo nalezeno v prameni č. 5 – Čtvrtý propustek a to 119. Jednalo se ovšem o zástupce pouze tří taxonů. Oproti tomu v prameni č. 9 – Nad pasekou nebyl po celou dobu odběrů nalezen ani jeden živočich.

Řád Harpacticoida

Celkem bylo nalezeno 157 jedinců řádu *Harpacticoida*. Jednoznačně nejhojnější výskyt byl zaznamenán v prameni č. 5 - Čtvrtý propustek, kde bylo zjištěno 105 kusů tedy 67% z celkového počtu nalezených jedinců tohoto řádu. Pouze ve dvou pramenech, č. 4 – Babiččin odpočinek 1 a č. 9 – Nad pasekou, nebyl nalezen žádný jedinec ani v jednom z odběrů. Srpnový odběr byl nejproduktivnější. Bylo v něm nalezeno 62 jedinců celkem v sedmi pramenech. Říjen byl, co se počtu jedinců týče, srovnatelný, ovšem pozitivní nálezy byly zaznamenány pouze u tří pramenů. V prosinci bylo odchyceno 38 kusů, nicméně tento nižší počet je velmi pravděpodobně zapříčiněn kratší dobou odchyty. Přehled nalezených jedinců v jednotlivých odběrech je vidět na obr. č. 2.



Obr. č. 2: výskyt řádu *Harpacticoida* v pramenech během jednotlivých odběrů. Odběr 1: 23. – 24. 8. 2016, odběr 2: 15. – 16.10.2016 a odběr 3: 3.12.2016

V rámci preparace a tvorby preparátů byl potvrzen výskyt čeledí: *Chappuisiidae*, *Parastenocarididae* a *Canthocamtidae*. Jedná se ovšem pouze o předběžné výsledky získané z malého vzorku nalezených jedinců.

Řád: *Cyclopoida*

Byli identifikováni pouze 4 jedinci řádu *Cyclopoida*, z toho tři dospělci a jeden jedinec v larválním stádiu. V srpnových odběrech bylo zaznamenáno vždy po jednom jedinci v prameni č. 2 – Vodopád u Heřmanic a č. 3 – U oplocenky. Stejně tak byl nalezen vždy jeden jedinec v říjnovém odběru a to opět v prameni č. 3 a dále pak v prameni č. 10 – Pod Kulichem.

Třída: Ostracoda

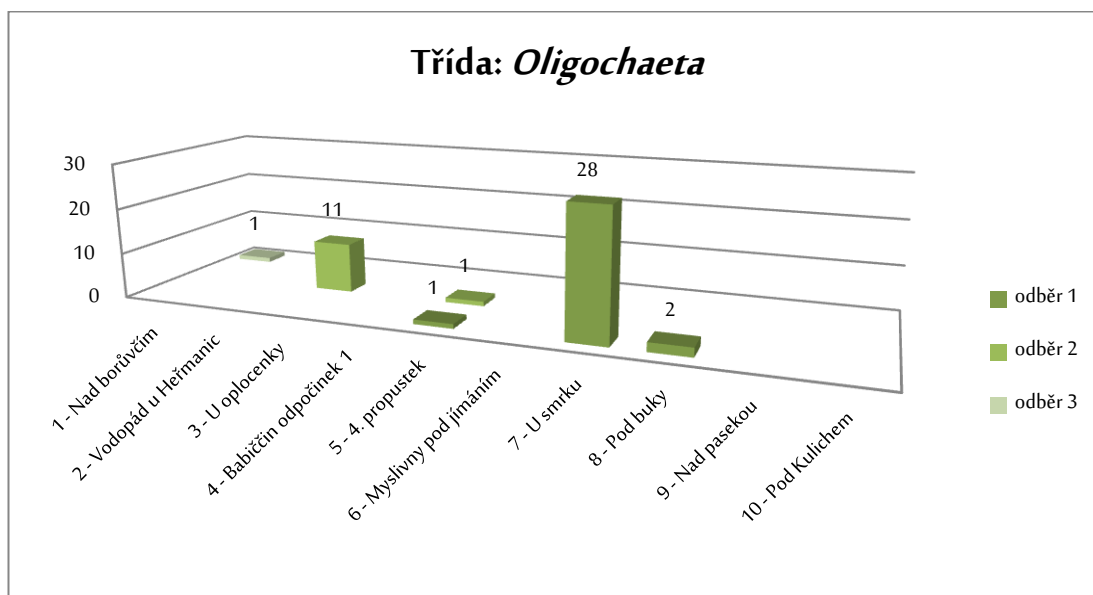
Byl nalezen pouze jeden jedinec a to v rámci říjnového odběru v prameni č. 3 – U oplocenky.

Čeleď: Niphargidae

Z této čeledi byli odchyceni 4 jedinci. V říjnu byl nalezen jeden jedinec v prameni č. 2 – Vodopád u Heřmanic a dva jedinci v prameni č. 3 – U oplocenky. Jeden jedinec byl také zjištěn v prosincovém odběru v prameni č. 8 – Pod buky.

Třída: Oligochaeta

Jedná se o druhou nejpočetnější zjištěnou skupinu. Ve vzorcích bylo zaznamenáno celkem 44 jedinců. Podobně jako u skupiny *Harpacticoida*, i zde byl nejproduktivnějším první tedy srpnový odběr, ve kterém bylo nalezeno 31 kusů skupiny *Oligochaeta*. Oproti tomu v prosincovém odběru byl nalezen pouze jeden jedinec a to v prameni č. 1 – Nad borůvkám, jak je vidět na obr. č. 3.



Obr. č. 3: *Výskyt třídy Oligochaeta v jednotlivých pramenech a odběrech. Odběr 1: 23. – 24. 8. 2016, odběr 2: 15. – 16.10.2016 a odběr 3: 3.12.2016*

Řád: *Acari*

Bylo nalezeno celkem 24 jedinců řádu *Acari*. Z toho 17 se jich nacházelo ve vzorcích odebraných v srpnovém termínu. V prosinci nebyl zjištěn ani jeden jedinec. Největší výskyt byl zaznamenán v prameni č. 5 – Čtvrtý propustek a to deset kusů v srpnovém a dva v říjnovém odběru. Dále bylo nalezeno po jednom jedinci v pramenech č. 1 – Nad borůvkám, č.3 – U oplocenky a č. 7 – U smrku. 2 jedinci byli nalezeni v prameni č. 8 – Pod buky a 7 kusů v prameni č. 4 – Babiččin odpočinek 1.

5.1.2 Ostatní taxony

108 jedinců bylo zařazeno do 7 taxonů nepatřících do stygofauny (příloha č. 2). Nejpočetnější skupinou je řád *Diptera* (42 ks). Na počet kusů byl nejproduktivnější říjnový odběr (48) a celkově bylo nejvíce jedinců zaznamenáno v prameni č. 5 – Čtvrtý propustek.

5.2 Fyzikální a chemické vlastnosti vod

Amonné ionty NH_4^+

Naměřená koncentrace amonných iontů se pohybovala v rozmezí od 0,02 mg/l v prameni č. 8 – Pod buky až 0,08 mg/l v prameni č. 7 – U smrku. Obě tyto krajní hodnoty byly naměřeny v pramenech vyskytujících se v oblasti Myslivny. Oblast nad silnicí Heřmanice – Krompach vykazovala menší rozpětí naměřených hodnot a to 0,03 mg/l v prameni č. 3 – U oplocenky až 0,07 v prameni č. 1 – Nad borůvkám. V prameni č. 10 – Pod Kulichem, který se vyskytuje mimo obě pramenné oblasti, bylo naměřeno 0,06 mg/l. Ve všech případech se jedná o velmi nízké hodnoty.

Dusičnany NO_3^-

Také koncentrace dusičnanů se pohybovala ve velmi nízkých hodnotách a to v rozmezí od 4,35 mg/l v prameni č. 7 – U smrku po 8,84 mg/l v prameni č. 2 – Vodopád u Heřmanic. V oblasti Myslivny byly u tří pramenů naměřeny hodnoty do 6 mg/l. V prameni č. 8 – Pod buky bylo naměřeno 7,13 mg/l tedy nejvyšší hodnota

v této pramenné oblasti. V oblasti nad silnicí Heřmanice – Krompach byla nejnižší hodnota naměřena v prameni č. 4 – Babiččin odpočinek 1 a to 4,78 a největší, tedy 8,84 mg/l, v prameni č. 2 – Vodopád u Heřmanic. Koncentrace dusičnanů v prameni č. 10 – Pod Kulichem je 6,46 mg/l.

Celkový fosfor

Opět byly zjištěny velmi nízké hodnoty. Nejmenší koncentraci vykazoval pramen č. 6 – Myslivny pod jímáním a to 0,01. Oproti tomu v prameni č. 9 – Nad pasekou, ležícím ve stejné oblasti, bylo naměřeno 0,14 mg/l což je nejvyšší zjištěná hodnota. Také u pramene č. 10 – Pod Kulichem byla naměřena vyšší hodnota a to 0,1 mg/l.

Ionty Cl^- , F^- a SO_4^{2-}

Chloridy byly naměřeny v rozmezí od 1,77 mg/l v prameni č. 7 – U smrku po 2,72 mg/l v prameni č. 5 – Čtvrtý propustek. Žádný z pramenů nevykazuje výrazně jiné hodnoty oproti ostatním.

Nejnižší koncentrace fluoridů byla zjištěna v prameni č. 9 – Nad pasekou (0,05 mg/l). O řád větší hodnoty byly naměřeny u tří pramenů a to u č.4 – Babiččin odpočinek 1, č. 2 – Vodopád u Heřmanic a č.7 – U smrku, ve kterém byla zjištěna koncentrace 0,66 mg/l.

Koncentrace síranů se pohybovala v řádu desítek. Konkrétně od 22 mg/l v prameni č. 8 – Pod buky po 49,77 mg/l v prameni č. 9 Nad pasekou. Výraznou odchylku vykazuje pramen č. 10 – Pod Kulichem, ve kterém byla naměřena koncentrace pouze 4,34 mg/l. Tento výsledek potvrdily obě laboratoře.

Všechny naměřené koncentrace chemických parametrů jsou znázorněny v tab. č. 3

Tab. č. 3: Naměřené koncentrace chemických parametrů. Odběr vzorků 22.2.2017

*průměr analýzy z hydrochemické laboratoře ČZU a laboratoře ČGS

**výsledky laboratoře ČGS

č.	Název	NH ₄ ⁺ (mg/l)*	P ** (mg/l)	NO ₃ -* (mg/l)	Cl* (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ * (mg/l)
1	Nad borůvkám	0,065294	0,0224	8	2,518	0,052	31,0585
2	Vodopád u Heřmanic	0,041824	0,0271	8,84	2,561	0,35	24,805
3	U oplocenky	0,030089	0,0508	6,1535	2,6785	0,065	23,287
4	Babiččin odpočinek 1	0,057368	0,018	4,776	2,2035	0,191	44,8785
5	Čtvrtý propustek	0,031324	0,0138	6,6995	2,7235	0,061	30,1145
6	Myslivny pod jímáním	0,025869	0,0091	4,526	1,8495	0,077	33,82
7	U smrku	0,079397	0,046	4,348	1,769	0,66	28,889
8	Pod buky	0,020207	0,0482	7,134	2,348	0,089	21,9755
9	Nad pasekou	0,063956	0,1354	5,9343	2,063	0,045	49,767
10	Pod Kulichem	0,059324	0,1035	6,4635	2,0645	0,074	4,338

pH

U devíti pramenů byla zjištěna mírná kyselost vod. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 4,95 – 6,6. Nejkyselejší byl zjištěn pramen č. 4 – Babiččin odpočinek 1. Desátý pramen (Pod Kulichem) měl pH 7,2, čímž se liší od ostatních pramenů

Konduktivita

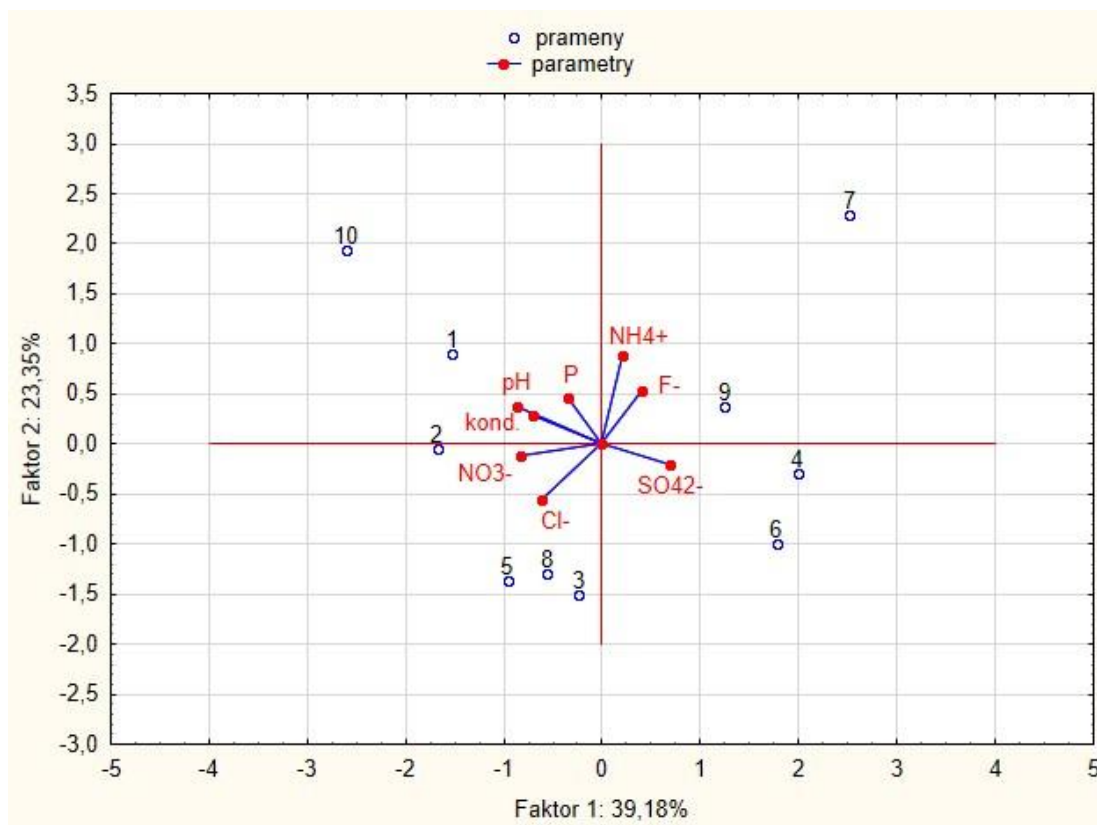
Na základě hodnot konduktivity se zjišťují koncentrace iontově rozpuštěných látek a mineralizace vod. Nejnižší konduktivita (87,7 μS/cm) byla naměřena u pramene č. 7 – U smrku. Pramen č. 10 – Pod Kulichem měl nejvyšší konduktivitu a to 170,5 μS/cm.

Tab. č. 4: Naměřené hodnoty pH a konduktivity v jednotlivých pramenech

Č.	Název	pH	Konduktivita μS/cm
1	Nad borůvkám	6,26	122,1
2	Vodopád u Heřmanic	6,6	130,4
3	U oplocenky	5,89	90,2
4	Babiččin odpočinek 1	4,95	120,5
5	Čtvrtý propustek	6,19	126,4
6	Myslivny pod jímáním	5,34	102,8
7	U smrku	5,82	87,7
8	Pod buky	5,97	103,2
9	Nad pasekou	5,73	95,9
10	Pod Kulichem	7,2	170,5

5.3 Analýza dat

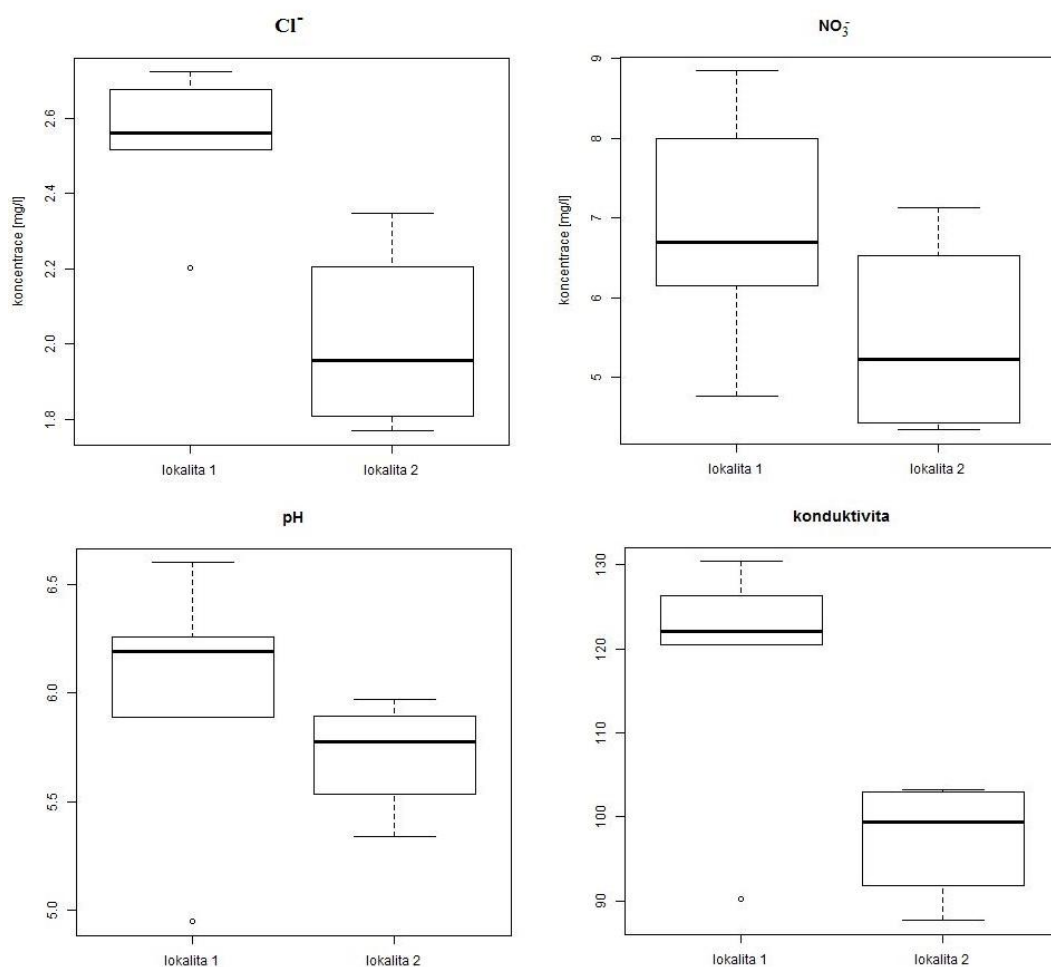
Porovnáním fyzikálních a chemických parametrů jednotlivých pramenů analýzou *Principal Component Analysis* (PCA) (obr. č. 4) bylo zjištěno, že pramen č. 10 – Pod Kulichem se výrazně liší od ostatních pramenů vyšší konduktivitou a pH a naopak má výrazně nejnižší koncentraci SO_4^{2-} . Dalším odlišným pramenem je č. 7 – U smrku, u kterého byly naměřeny nejvyšší hodnoty NH_4^+ a F^- a naopak nejnižší koncentrace NO_3^- a Cl^- ze všech pramenů. Z diagramu lze také vyčíst rozdíly mezi oblastí nad silnicí Heřmanice – Krompach (prameny č. 1 – 5) a u Myslivny (prameny č. 6 – 9). Dále je zřejmé, že pramen č. 4 – Babiččin odpočinek I se svými chemickými a fyzikálními parametry liší od pramenů ležících ve stejné oblasti.



Obr. č. 4: Podobnost pramenů v chemických a fyzikálních parametrech s postpromítnutím parametrů. Analýza PCA (vysvětlená variabilita 62,53%). Prameny 1 – 5: oblast nad silnicí Heřmanice – Kropach. Prameny 6 – 9: oblast u Mysliven, 10: pramen Pod Kulichem

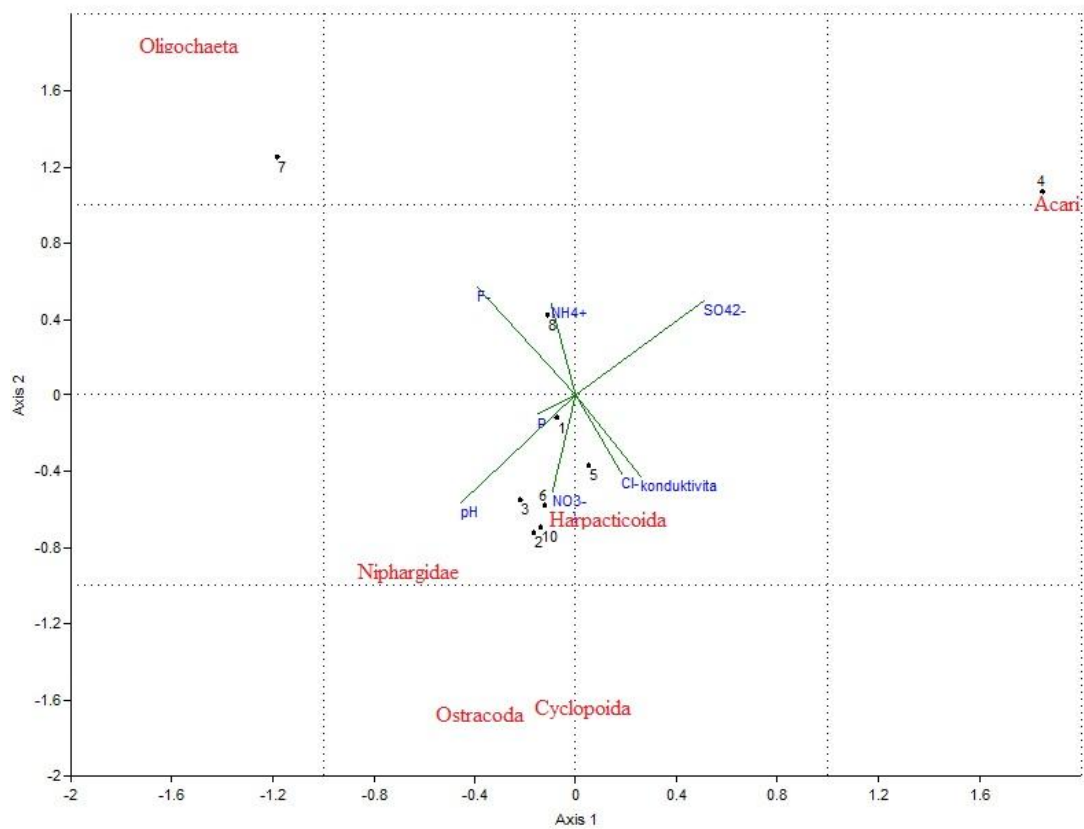
Použitím dvouvýběrového Wilcoxonova testu byl prokázán statisticky významný rozdíl v koncentraci iontů Cl^- mezi pramennými oblastmi u Mysliven a nad silnicí Heřmanice – Kropach ($p=0,037$) na hladině významnosti 0,05. Rozdíly byly zjištěny také v průměrných hodnotách koncentrace NO_3^- , pH a konduktivity. V těchto případech ale nebyla prokázána statistická významnost (obr. č. 5).

S výjimkou pramene č. 4 – Babiččin odpočinek 1 byla v pramenech oblasti nad silnicí Heřmanice – Kropach zjištěna vyšší koncentrace chloridů a pH než v pramenech oblasti u Mysliven. Také konduktivita byla v pramenech první oblasti vyšší než v druhé oblasti u Mysliven. Koncentrace NO_3^- je v průměru vyšší v oblasti nad silnicí Heřmanice – Kropach, také rozdíl v krajních hodnotách je zde vyšší.



Obr. č. 5: Zjištěné rozdíly v chemických a fyzikálních parametrech vyvěrajících vod mezi oblastí nad silnicí Heřmanice – Krompach (lokalita 1) a u Mysliven (lokalita 2)

Diagram pořizený na základě analýzy CCA (obr. č. 6) znázorňuje vztahy mezi prameny, výskytem taxonů a chemickými parametry. V prameni č. 9 nebyl nalezen žádný jedinec patřící do některého ze zkoumané skupiny, proto byl z této analýzy vyřazen. Z hlediska složení společenstva se vyjímají zejména prameny č. 4 – Babiččin odpočinek 1, ve kterém byli nalezeni pouze jedinci řádu *Acari* a pramen č. 7 – U smrku, ve kterém jako jediném převládají zástupci třídy *Oligochaeta*. V ostatních pramenech byl vždy nejvíce zastoupen řád *Harpacticoida*.



Obr. č. 6: *Analýza CCA.* Podobnost pramenů ve složení společenstev stygofauny v závislosti na chemických a fyzikálních parametrech vyvěrajících vod.

5. Diskuze

5.1. Fyzikální a chemické parametry

Z hlediska fyzikálních a chemických parametrů se od ostatních pramenů výrazně liší pramen č. 10 – Pod Kulichem, u kterého bylo zjištěno vyšší pH a konduktivita a naopak zcela nejnižší koncentrace SO_4^{2-} a to 4,338 mg/l, zatím co u ostatních pramenů se pohybuje v řádu desítek. Také celkový fosfor je vyšší oproti zbývajícím pramenům (s výjimkou pramene č. 9 – Nad pasekou). Tyto poznatky potvrzuje i Šindelářová (2014), která dále ještě uvádí zvýšenou koncentraci rozpuštěného kyslíku. Odlišnost tohoto pramene je zjevně způsobena původem vody z odlišného kolektoru (BC) než u zbývajících pramenů (D) (Eckhardt 2013).

Pramen č. 7 – U smrku se od ostatních pramenů liší nejnižší koncentrací NO_3^- a Cl^- a naopak nevyššími naměřenými koncentracemi NH_4^+ a F^- . Nejvýraznější je rozdíl u fluoridů, u kterých překračuje hranici přírodního pozadí o více než dvojnásobek (Pitter 2015).

Pramenná oblast nad silnicí Heřmanice – Krompach se statisticky liší od oblasti u Mysliven v koncentraci iontů Cl^- . Veškeré zjištěné hodnoty koncentrace tohoto iontu odpovídají přírodnímu pozadí v podzemních vodách (Pitter 2015). Rozdíl mezi oblastmi je tedy způsoben odlišnostmi v geologických a půdních podmínkách. Šindelářová (2014) uvádí také statisticky významný rozdíl mezi těmito oblastmi v koncentraci dusičnanů. I já zde zaznamenala určitý rozdíl, nebyla ale potvrzena jeho statistická významnost. Mezi oblastmi je tedy zřejmá určitá odlišnost v chemických a fyzikálních parametrech. Statistická neprůkaznost může být dána jednorázovým měřením. Bylo by tedy vhodné v příštích výzkumech provést více měření a to i z hlediska toho, že koncentrace dusičnanů se v podzemních vodách během roku mění (Pitter 2015). Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že oblasti nad silnicí Heřmanice – Krompach, u Mysliven a Pod Kulichem byly vhodně vybrány jako různá reprezentativní prostředí pro studium podzemní fauny v rámci zkoumané oblasti.

U pramene č. 1 – Nad borůvkám byla naměřena vyšší konduktivita oproti roku 2013 (o 40,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Všechny ostatní hodnoty jsou v podstatě shodné a to i s výsledky Šindelářové (2016).

Zvýšená koncentrace fosforu v prameni č.4 – Babiččin odpočinek 1 a č. 9 – Pod smrskem, kterou uvádí Šindelářová (2016) nebyla potvrzena. Mírné zvýšení fosforu bylo naměřeno u pramene č. 9 – Nad pasekou a č. 10 – Pod Kulichem. U pramene č. 2 – Vodopád u Heřmanic byla naměřena vyšší koncentrace dusičnanů a to o 3,14 mg/l. U pěti pramenů byla koncentrace dusičnanů nižší o 1,42-2,27 m,g/l. Celkově lze vodu v pramenech považovat za stabilní. Stejně jako v předchozích letech, i v současnosti všechny změřené chemické parametry splňují limity pro pitnou vodu.

5.2 Fauna podzemních vod

Zjištěné vyšší taxonomické skupiny podzemní fauny se shodují s těmi nalezenými v letech 2012 – 2013 a 2015 – 2016. V rámci výzkumu probíhajícího v letech 2012 – 2013 byl v pramenných vývěrech zjištěn výskyt korýše bezkrunýřky slepé (*Bathynella natans*) z řádu *Bathynellacea* (Kalinová et al). Výskyt tohoto řádu nebyl potvrzen.

Šindelářová (2016) uvádí odchycení 84 jedinců podzemní fauny zařazených do stejných šesti vyšších taxonů s tím, že nejpočetnějšími byly řády *Harpacticoida* (27) a *Amphipoda* (25). Má práce potvrzuje jako nejpočetnější skupinu řád *Harpacticoida*, u kterého bylo nalezeno celkem 157 jedinců v osmi pramenech. Naproti tomu z řádu *Amphipoda* (čeled' *Niphargidae*) byly v mé studii nalezeni pouze 4 jedinci, tedy velmi malý počet. Místo toho byla druhou nejpočetnější taxonomickou skupinou třída *Oligochaeta* (44 jedinců v pěti pramenech).

Za nejbohatší označuje Šindelářová (2016) pramen č. 8 – Pod buky a č. 1 – Nad borůvkám. V prameni č. 7 – U smrku nebyl tehdy zaznamenán žádný jedinec podzemní fauny. Oproti tomu byly během mého výzkumu v tomto prameni nalezeny tři taxony (všechny v srpnovém odběru) a 28 zjištěných jedinců třídy *Oligochaeta* představuje největší nalezený počet této třídy ze všech pramenů. Žádný jedinec ze zkoumaných skupin nebyl nalezen v prameni č. 9 – Nad pasekou. Zástupci všech šesti taxonů byli zjištěni u pramene č. 3 – U oplcenky.

Nejvýraznější rozdíl byl zjištěn u pramene č. 5 – Čtvrtý propustek. Oproti ostatním pramenům jsem zde ve všech třech odběrech zaznamenala nejvyšší počet jedinců řádu *Harpacticoida*. Celkem jich bylo 105. Počet jejich jedinců se zde v žádném odběru výrazně nelišil. Naproti tomu Šindelářová (2016) v tomto prameni

nezaznamenala vůbec žádný výskyt tohoto řádu. Dále také uvádí, že pramen měl velmi nízkou vydatnost a byl téměř vyschlý. To se neshoduje se stavem pramene při mých odběrech. Došlo tedy k opětovnému navýšení vydatnosti, což ovšem nemohu prokázat měřením.

Metodika odběrů byla stejná jako u Šindelářové (2016). Rozdíl byl pouze v délce doby sběru jednotlivých vzorků, což může do určité míry vysvětlovat rozdíl v počtu získaných jedinců.

Nejvíce organismů bylo zjištěno v srpnovém odběru (120). Nejméně v prosincovém (39), u kterého byla ale doba expozice z důvodu možného zamrznutí lapače zkrácena na polovinu.

Z řádu *Harpacticoida* byly identifikovány čeledi *Chappuisiidae*, *Parastenocarididae* a *Canthocamtidae*. Všechny tři tyto skupiny zahrnují druhy podzemních vod (Janetzky et al. 1996, Schminke 2007).

Z hlediska společenstev organismů se nejvíce odlišuje pramen č. 4 – Babiččin odpočinek 1, ve kterém byli zaznamenáni pouze jedinci řádu *Acari*. a pramen č. 7 – U smrku, ve kterém byla zjištěna početní převaha třídy *Oligochaeta*. Zatím co ve všech ostatních pramenech byl nejvyšší počet jedinců z řádu *Harpacticoida*.

Analýzou CCA byl zjištěn možný pozitivní vztah mezi *Acari* a SO_4^{2-} a také mezi *Oligochaeta* a koncentrací F^- , ke které všechny ostatní taxony vyjadřují spíše negativní korelace. Pitter (2015) uvádí, že fluoridy mohou působit na některé vodní živočichy až toxicky. Je pravděpodobné, že *Oligochaeta* jsou proti vyšší koncentraci F^- pouze tolerantnější než ostatní skupiny. Byl potvrzen možný pozitivní vztah mezi *Harpacticoida* a konduktivitou, ovšem ne natolik výrazný jako uvádí Šindelářová (2016). Nicméně tato skutečnost by mohla napovídat, že *Harpacticoida* preferují vody s vyšším obsahem rozpuštěných látek tedy lokality s vyšší úživností.

5.3 Metodika

Metodický postup sběru a zpracování vzorků je vyhovující. Při instalaci lapače je třeba dbát na to, aby se neucpávala hadička mezi síťovou částí a sběrnou nádobou, případně další výrobu lapačů tomuto problému přizpůsobit.

Bylo prokázáno, že lze touto metodou odebírat vzorky podzemní fauny. Zjištěné vyšší taxony ovšem mohou obsahovat i jedince povrchových vod. Pro přesnější výsledky je tedy potřebná determinace do nižších taxonů, což bude předmětem následné diplomové práce.

Dále by bylo vhodné při každém odběru vzorků podzemní fauny změřit přímo v terénu pH, konduktivitu a vydatnost pramene.

Při tvorbě stálých preparátů se krycí sklíčko většinou fixuje rámečkem z parafínu (Janetzky et al. 1996). Použila jsem jednodušší a dostupnější metodu zafixování a to za pomoci bezbarvého laku na nehty. Preparáty zatím nejeví žádné viditelné známky degradace (např. vytvoření bublin pod krycím sklem). Metoda se tedy zdá jako dostačující.

6 Závěr

Deset vybraných pramenů Lužických hor bylo zkoumáno z hlediska výskytu podzemní fauny a fyzikálních a chemických vlastností vyvěrajících vod. Byl potvrzen výskyt šesti vyšších taxonů obsahujících druhy podzemních vod. Řád *Harpacticoida* byl prokázán jako nejpočetnější.

Z hlediska fyzikálních a chemických parametrů byla potvrzena odlišnost pramene č. 10 – Pod Kulichem způsobená rozdílným kolektorem oproti ostatním pramenům. Dále byla zjištěna odlišnost pramene č. 7 – U smrku a to zejména v koncentraci iontů F^- , která je pravděpodobně způsobena antropogenním vlivem. Také byla naznačena odlišnost dvou hlavních oblastí nad silnicí Heřmanice – Krompach a u Mysliven, i když statisticky dosud neprokázaná.

Přes malý počet odběrů a pramenů byly analýzou dat zjištěny určité trendy výskytu taxonů. Třída *Oligochaeta* jako jediná vykazovala pozitivní korelaci ke koncentraci F^- a řád *Acari* je schopen snášet vyšší koncentraci SO_4^{2-} než ostatní taxony. Provedené analýzy sice tyto výsledky vykazují, příčiny jsou nicméně nejasné. U řádu *Harpacticoida* je možná závislost na konduktivitě.

Zkoumaná oblast je vhodná k dalším výzkumům stygofauny s možností zaměření zejména na řád *Harpacticoida*. Získané poznatky a zkušenosti budou dále využity při zpracování následné diplomové práce.

7 Literatura

Ambrožová J., 2006: Mikroskopické praktikum z hydrobiologie. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.

Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E., 2004: Fauna of Poland. Characteristics and checklist of species, Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa.

Boxshall, G. A., Defaye, D., 2008: Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 195-207.

Buchar J., Ducháč V., Hůrka K. Lellák J., 1995: Klíč k určování bezobratlých. Scientia, spol. s.r.o., Praha.

Dvořáková J., 2013: Internetový výukový atlas zaměřený na půdní členovce, Diplomová práce, PF UK.

Caramujo M. J., 2015: Order harpacticoida. Universidade de Lisboa, Lisboa.

Eckhardt P., 2013: Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Petrovice-LückendorfJonsdorf-Oybin, závěrečná zpráva. VÚV T.G.M., Praha.

Filip B., 1962: „Podzemní vody a prameny v okolí Varnsdorfu na území listu speciální mapy Varnsdorf – 3653.“ – VÚV Praha, Vodopis ČSSR .

Fišer C., Trontelj P., Lustrik R., Sket B., 2009: Toward a unified taxonomy of Niphargus (Crustacea: Amphipoda): a review of morphological variability. *Zootaxa*, 2061, 1–22.

Galassi D. M. P., Huys R, Reid J. W., 2009: Diversity, ecology and evolution of groundwater copepods. *Freshwater Biology*, 54, 691 – 708.

Gibert J., Stanford J.A., Dole-Oliver M. J., Ward J.V., 2013: Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. In: Gibert J., Danielopol D.L., Stanford J.A. [eds.]: *Groundwater Ecology*, Academic Press, 8-33.

Gutjahr S., Bork J., Hahn H. J., 2013: Grundwasserfauna als Indikator für komplexe hydrogeologische Verhältnisse am westlichen Kaiserstuhl. *Grundwasser*, 18.3: 173-184.

- Hahn H. J., Matzke, D., 2005:** A comparison of stygofauna communities inside and outside groundwater bores. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 35(1), 31-44.
- Hahn H. J., 2002:** Methods and Difficulties of Sampling Stygofauna—An Overview. In *Field Screening Europe 2001* (pp. 201-205). Springer Netherlands.
- Hanzák J., Halík L., Mikulová M., 1972:** Světem zvířat V.díl (1. část) Bezobratlí. Albatros, Praha.
- Hartman P., Příkryl I., Štědronský E., 2005:** Hydrobiologie. Informatium, Praha.
- Homola V., Grmela A., 1987:** Hydrogeologie 1. díl. Vysoká škola báňská, Ostrava.
- Hrabě S., 1954a:** Podkmen: kroužkovci - Annelida. In: Hrabě S. (ed): Klíč zvířeny ČSR Díl I. Československá akademie věd, Praha.
- Hrabě S., 1954b:** Různonožci – Amphipoda. In: Hrabě S. (ed): Klíč zvířeny ČSR Díl I. Československá akademie věd, Praha.
- Hřívová D., Zhai M., 2015:** Fauna plazivek (Copepoda: Harpacticoida) České a Slovenské republiky: z historie po současnost: in *Zoologické dny 2015, Sborník abstraktů z konference 12.-13. února*. Brno.
- Hynie O., 1961:** Hydrogeologie ČSSR I. Prosté vody. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Jančařík A., 1954:** Třída lasturnatky - Ostracoda. In: Hrabě S. (ed): Klíč zvířeny ČSR Díl I. Československá akademie věd, Praha: 405-448.
- Janetzky W., Enderle R., Noodt W., 1996:** Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Kalinová M., Eckhardt P., Martínková M., Šimek P., Bílý M., Kubková L., Böhm K., Börke P., Schulz C., 2014:** Zdroje podzemních vod na Česko-Saském pomezí. II. Oblast Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin Výsledky společného česko-saského projektu.
- Karanovic I., 2007:** Candoninae (Ostracoda) from the Pilbara region in Western Australia. Brill.

Krásný J., Císlerová M., Čurda S., Datel J. V., Dvořák J., Grmela A., Hrkal Z., Kříž H., Marszalek H., Šantrůček J., Šilar J., 2012: Podzemní vody České republiky. Česká geologická služba, Praha.

Láska F., 1971: Nadkohorta vodule – Hydrachnellae. In: Daniel M., Černý V (eds.): Klíč zvířeny ČSSR Díl IV. Československá akademie věd, Praha: 431-493.

Lellák J., Kořínek V., Fott J., Kořínková J., Punčochář P., 1982: Biologie vodních živočichů. Univerzita Karlova, Praha.

Malard F., Hervant F., 1999: Oxygen supply and the adaptations of animals in groundwater. *Freshwater Biology* 41 (1), 1 – 30.

Meisch C., 1996: Contribution to the taxonomy of Pseudocandona and four related genera, with the description of Schellencandona nov. gen. a list of the Candoninae genera, and a key to the European genera of the subfamily (Crustacea, Ostracoda). *BULLETIN-SOCIETE DES NATURALISTES LUXEMBOURGEOIS* 211-238.

Mori N., Brancelj A., 2008: Distribution and habitat preferences of species within the genus Elaphoidella Chappuis, 1929 (Crustacea: Copepoda: Harpacticoida) in Slovenia. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, 247(2), 85-94.

Mrázová Š., Rambousek P., Sidorinová T., Vlašimský P., 2012: Geologické zajímavosti Šluknovska a Lužických hor. Česká geologická společnost Praha.

MŽP, 2000: Plán péče CHKO Lužické hory. MŽP ČR, Praha.

MŽP, 2010: Základní principy hydrogeologie, metodická příručka. MŽP ČR, Praha.

Novák M., 1997: Jizerské a Lužické hory očima meteorologa, Jizerské a Lužické hory - duben: str. 14 – 16.

Ošlejšková M., 2009: Vliv ekologických faktorů na složení společenstva máloštětinatců (“Oligochaeta“) v rybníčním ekosystému. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Brno.

Pitter P., 2015: Hydrochemie. - 5. aktualizované a doplněné vydání. VŠCHT Praha.

Pytl V. [ed.], 2012: Podzemní vody České republiky. MILPO MEDIA s.r.o., Praha.

Reid J. W., 2001: A human challenge: discovering and understanding continental copepod habitats. *Hydrobiologia*, 453/454: 201-226

- Schenkova J., 2015:** Kde všude žijí máloštětinatí opaskovci? *Živa* 2015/5: 257-258
- Schminke K. H., 2007:** Grundwasserfauna Deutschlands. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V, Hennef.
- Sládečková A., Sládeček V., 1995:** Hydrobiologie. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Smrž J., 2013:** Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Karolinum, Praha.
- Šimek P., 2014:** Stáří a míšení podzemních vod Oblast 2 Petrovice-Lückendorf-Jonsdorf-Oybin. Závěrečná zpráva Grace.
- Šindelářová K., 2014:** Charakteristika pramenných vývěrů vybraných oblastí Lužických hor. Bakalářská práce. FŽP ČZU.
- Šindelářová K., 2016:** Fauna vyvěrajících vod vybraných oblastí Lužických hor. Diplomová práce. FŽP ČZU.
- Šrámek-Hušek R., 1953:** Naši klanonožci. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Štěrbá O., 1965:** Plazivky (Copepoda, Harpacticoidea) Moravy a Slovenska. Praha Dizertační práce.
- Štěrbá O., 1986:** Pramen života. Panorama, Praha.
- Tourková J., 2004:** Hydrogeologie. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- Valečka J., Havránek P., Fediuk F., Opletal M., 2005:** Lužické hory Geologie chráněných krajinných oblastí České republiky. Česká geologická služba, Praha.
- Williamson C.E., Reid J.W., 2009:** Copepoda Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Encyclopedia of Inland Waters, Pages 633-642.
- Zhai M., Hřívová D., Výravský D., 2015:** Mikroskopičtí korýši západokarpatských pramenišť. *Živa* 2015/5: 210-212.

Internetové zdroje:

<http://quellen.tul.cz/> (2016)

8 Přílohy

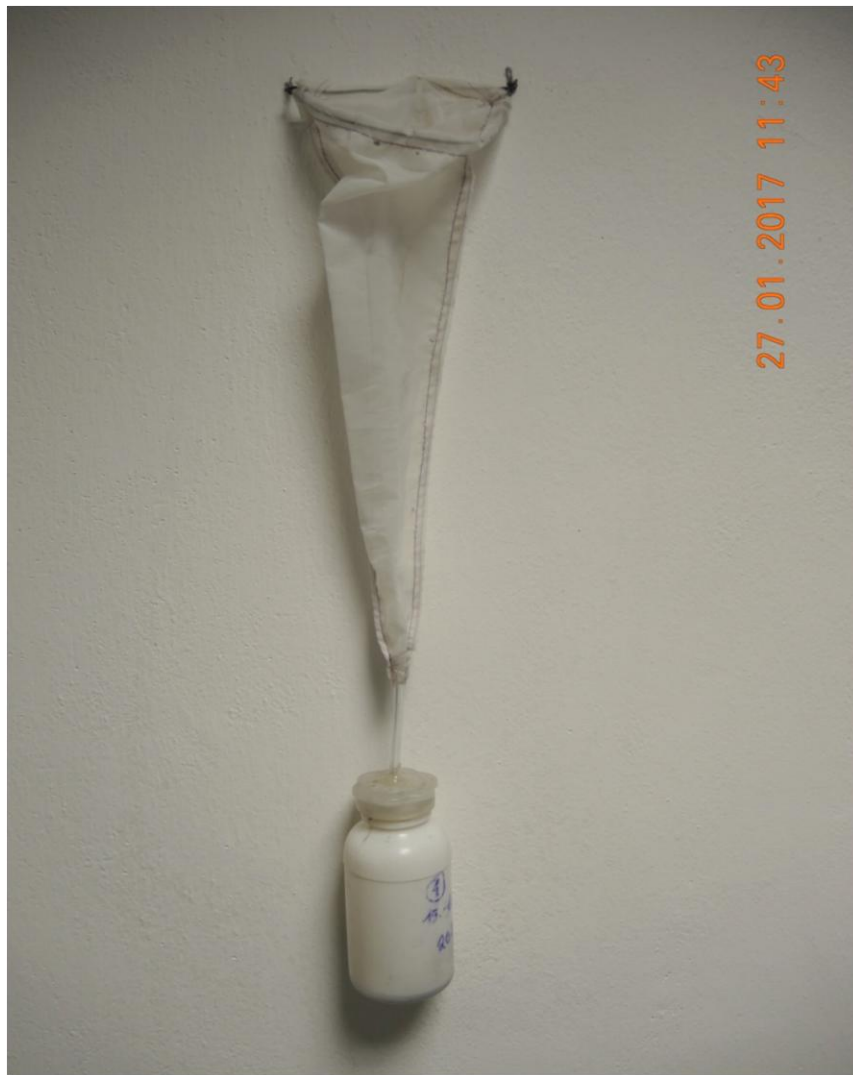
Příloha č.1: Zjištěný výskyt taxonů obsahující druhy podzemních vod v jednotlivých pramenech a odběrech

Pramen	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3			
řád: <i>Harpacticoida</i>	7			3		2	7	5	5				32	45	28	1		1	10			2		1			8		
řád: <i>Cyclopoida</i>				1			1	1																		1			
třída: <i>Ostracoda</i>								1																					
čeleď: <i>Niphargidae</i>					1			2															1						
třída: <i>Oligochaeta</i>			1					11					1	1					28			2							
řád: <i>Acari</i>	1							1		5	2		10	2					1			2							

Příloha č. 2: Zjištěný výskyt ostatních taxonů v jednotlivých pramenech a odběrech

Pramen	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
čeleď: <i>Gammaridae</i>					10								1	7	7														1	
řád: <i>Diptera</i>	14			1		1	1		1				5		2														1	
řád: <i>Coleoptera</i>	5																												1	
řád: <i>Trichoptera</i>		1						1																						
řád: <i>Plecoptera</i>				3				3	3			2										1								
řád: <i>Collembola</i>																1														
třída: <i>Turbellaria</i>			1					1						1	1		1				1			4	3			3	1	1

Příloha č. 3: *Obrazová příloha*



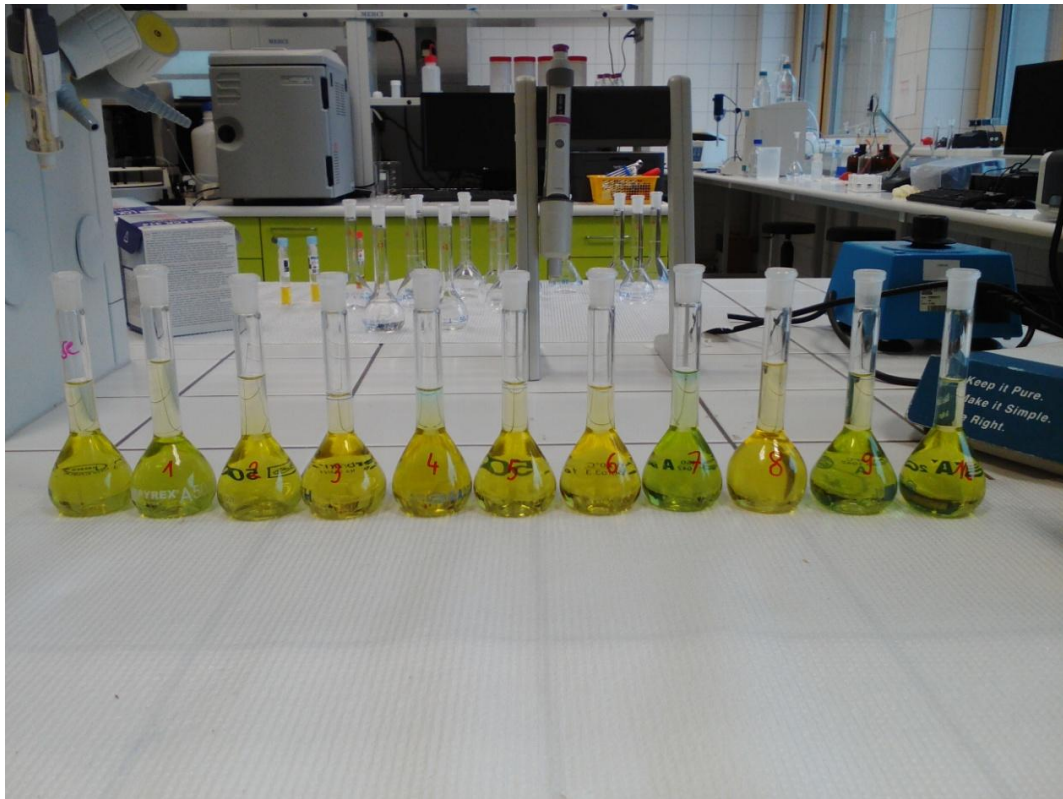
Obrázek č. 1: Lapač pro odběr vzorků



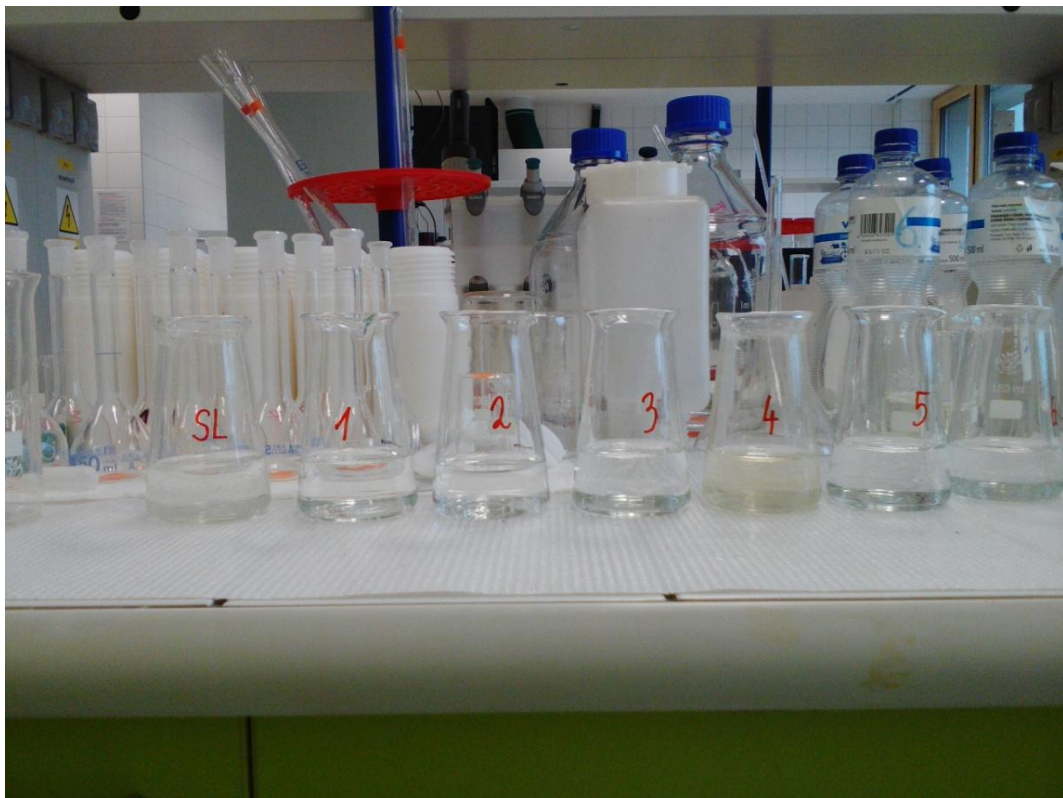
Obrázek č. 2: Lapač umístěný v prameni č. 1 – Nad borůvkám



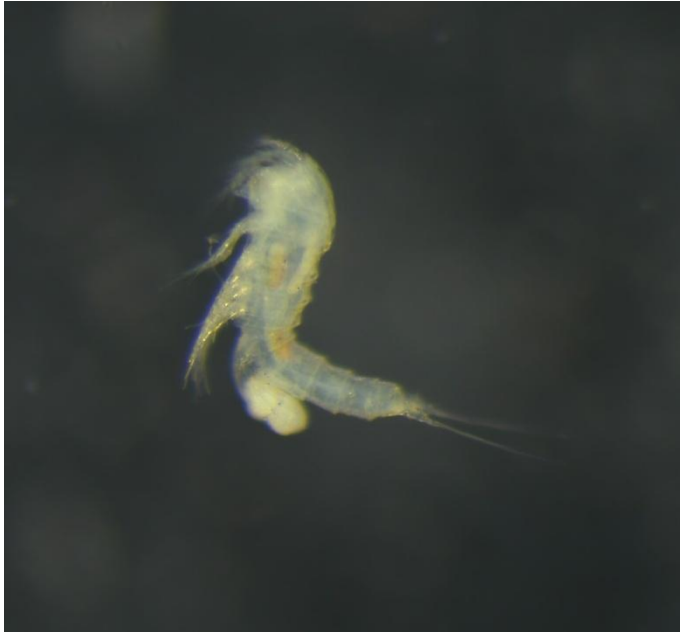
Obrázek č. 3: Vybraní jedinci zafixovaní 75% lihem v lahvičkách s dvojitým víkem



Obrázek č. 4: Stanovení koncentrace amoniakálního dusíku – před měřením ve spektrofotometru.



Obrázek č. 5: příprava vzorků k analýze celkového fosforu



Obrázek č. 6: Jedinec řádu *Harpacticoida*



Obrázek č. 7: Jedinec řádu *Ostracoda*



Obrázek č. 8: Jedinec řádu *Cyclopoida*



Obrázek č. 9: Jedinec čeledi *Niphargidae* (velikost 2 mm)



Obrázek č. 10: Jedinec třídy *Oligochaeta*