

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**JAKUB SEIFRIED**

**Mendelova univerzita v Brně**

**Agronomická fakulta**

**Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství**

---



**Agronomická  
fakulta**

**Mendelova  
univerzita  
v Brně**



## **Vodní bezobratlí v rybochovných zařízeních.**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

prof. Dr. Ing. Jan Mareš

*Vypracoval:*

Jakub Seifried

---

Brno 2017

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Jakub Seifried**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Agroekologie  
Název tématu: **Vodní bezobratlí v rybochovných zařízeních**  
Rozsah práce: 30-40

Zásady pro vypracování:

1. Cílem bakalářské práce bude vypracování rešerše na téma výskyt vodních bezobratlých v zařízeních určených pro chov ryb. Recirkulační systémy určené pro chov ryb bývají oživené i dalšími živočichy, jsou to především vodní bezobratlí, v některých případech může být jejich přítomnost nežádoucí. Výskyt vodních bezobratlých je zde ovlivněn hlavně lokálními podmínkami, záleží především na vzdálenosti dalších vodních ploch, ze kterých mohou bezobratlí kolonizovat tyto habitaty, dále pak je důležitý i zdroj vody, kterou je systém dotován a další faktory.
2. Zpracování semikvantitativních vzorků vodních bezobratlých odebráných v měsíčním intervalu v zařízení určeném pro chov lososovitých ryb.
3. Ze získaných dat student stanoví abundance, taxonomické složení a diverzitu společenstva vodních bezobratlých.

Seznam odborné literatury:

1. ČÍTEK, J. – SVOBODOVÁ, Z. – TESARČÍK, J. *Nemoci sladkovodních a akvariálních ryb*. 2. vyd. Praha: Informatorium 1997, 218 s. ISBN 80-86073-08-4.
2. ADÁMEK, Z. a kol. *Aplikovaná hydrobiologie*. 2. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2010. 350 s. ISBN 978-80-87437-09-4.
3. SEDLÁK, E. *Zoologie bezobratlých*. 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita – přírodovědecká fakulta, 2002. 336 s. ISBN 80-210-2892-0.
4. BREGNBALLE, J. *A guide to recirculation aquaculture : an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. Copenhagen: Eurofish, 2010. 64 s.
5. Okamura B., Wood T.S., Bryozoans as hosts for Tetracapsula bryosalmonae. *Journal of Fish Diseases*, 2002, 25, 469-475.

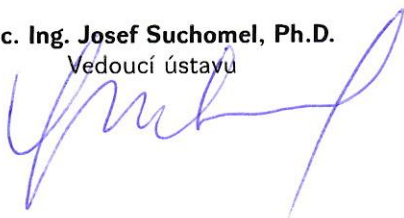
Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017

**Jakub Seifried**  
Autor práce



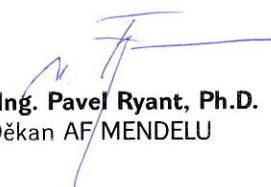
**doc. Ing. Josef Suchomel, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu



**prof. Dr. Ing. Jan Mareš**  
Vedoucí práce



**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Vodní bezobratlí v rybochovných zařízeních vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce prof. Dr. Ing. Janu Mareši za odborné vedení, poskytnutí cenných informací, užitečných rad a připomínek, které byly poskytovány v průběhu mé práce a byly neocenitelně nápomocné.

Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům Oddělení rybářství a hydrobiologie Mendelovy univerzity v Brně za jejich vstřícnost a nápomocnou ruku při laboratorních pracích. Dále Mgr. Pavle Řezníčkové, Ph.D. za konzultace a odbornou pomoc při determinaci vzorků a v neposlední řadě Ing. Lukáši Mareši za pomoc při odběru vzorků a jejich zpracování.

Poděkování patří i mé rodině a blízkým za podporu během celého mého studia.

Výzkum a práce vznikla za podpory projektu QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče“

„Výstupy a výsledky byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury“

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce bylo vypracování rešerše na téma výskytu vodních bezobratlých v rybochovných objektech určených pro chov lososovitých ryb. V průběhu sledování systému byla stanovena abundance, diverzita a taxonomické složení vodního společenstva. Práce se zaměřuje na výskyt vodních bezobratlých v recirkulačním zařízení v Pravíkově.

Odběry vzorků probíhaly v průběhu vegetační sezóny 2015 v měsíčních intervalech. Průzkum byl prováděn na třech vzorkovacích místech v systému. Vzorky se odebíraly ze dna odtokového kanálu, ze dna přítokového kanálu a také se seškrabával mechový porost ze stěny. Kromě početnosti a rozmanitosti vodní bioty se také měřily fyzikálně-chemické parametry vody. Zjištěné hodnoty byly specifikovány jako vhodné pro chované lososovité ryby. K odběru vzorků byla využita bentická síťka opatřená kovovým břitem pro snadnější seškrabávání nánosů z pevného povrchu. Za celý průzkum systému bylo celkem zachyceno 15436 kusů vodní bezobratlých a nalezeno 68 taxonů. Hodnota indexu diverzity ( $H'$ ) se pohybovala v rozmezí 1,096 – 2,183 a indexu ekvitability ( $E$ ) v rozmezí 0,233 - 0,429.

Klíčová slova: *intenzivní chov ryb, recirkulační zařízení, vodní bezobratlí*

## ABSTRACT

The aim of the Bachelor's thesis was a preparation of literary review on the occurrence of water invertebrates in fish farming systems designed for salmonid fish and determination of taxonomic composition of the aquatic invertebrates, their abundance and diversity in recirculation system in Pravíkov.

The research was conducted at three sampling places in the system. The samples were collected once a month in the vegetative period during 2015 from the bottom of inflow and outflow channels, and moss vegetation from the wall was scraped. The physicochemical parameters also were measured. The obtained values were specified as suitable for the rearing of salmonid fish. Sampling was carried out using a benthic net with sharp metal edge for easier scraping of deposits from the solid surface. During the entire study, 15436 individuals were caught and 67 taxa detected. Diversity index ( $H'$ ) ranged within 1,096 – 2,183 and equitability index (E) in range 0,233 - 0,429.

Key words: *intensive fish breeding, recirculation system, water invertebrates*



## OBSAH

1 ÚVOD .....	11
2 CÍL PRÁCE.....	12
3 LITERARNÍ PŘEHLED.....	13
3.1 Recirkulační systémy .....	13
3.2 Recirkulační systém Pravíkov.....	15
3.3 Kolonizace bezobratlých organismů .....	17
3.4 Fyzikálně – chemické vlastnosti .....	18
3.4.1 Teplota .....	18
3.4.2 Kyslík.....	18
3.4.3 pH.....	19
3.4.4 Konduktivita.....	19
3.5 Vodní bezobratlí v systému .....	20
3.5.1 Měkkýši (Mollusca).....	20
3.5.2 Korýši (Crustacea).....	20
3.5.3 Pakomárovití (Chironomidae).....	21
3.5.4 Ploštěnky (Turbellaria) .....	21
3.5.5 Žahavci (Cnidaria).....	22
3.5.6 Kroužkovci (Annelida) .....	22
4 METODIKA.....	23
5 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	28
5.1 Naměřené fyzikálně chemické parametry.....	28
5.2 Společenstvo makrozoobentosu v recirkulačním systému .....	29
5.2.1 Stěna .....	29
5.2.2 Přítok .....	31
5.2.3 Odtok .....	33

5.5 Celková abundance a počet taxonů .....	35
5.6 Diverzita a ekvitabilita bezobratlých.....	39
6 ZÁVĚR .....	40
7 POUŽITÁ LITERATURA.....	42
8 SEZNAM OBRÁZKŮ .....	47
9 SEZNAM TABULEK.....	48
10 SEZNAM GRAFŮ.....	49

## 1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá tematikou výskytu bezobratlých v recirkulačních zařízeních. Recirkulační systémy jsou uměle vytvořeny člověkem a slouží primárně k odchovu ryb. Představují kontinuální výrobu kvalitního rybího masa, které je v ekologicky čisté bezodpadové technologii, a tím nevzniká negativní vliv na životní prostředí. Může se jednat o uzavřené anebo polouzavřené systémy oběhu vody. Nespornou výhodou jsou minimální nároky na výměnu vody, jelikož voda je po průtoku odchovnými nádržemi čerpána zpět na počátek systému, kde je po vyčištění, případně fyzikální či chemické úpravě opět použita v chovu ryb. Jsou nezávislé na vnějším prostředí a umožňují nám zajistit optimální podmínky jak z hlediska kvality vody, tak z hlediska dávkování krmiva pro ryby.

Na dně zařízení se často vytváří nános sedimentu, případně na stěnách nárosty mechorostů, které skýtají možnost výskytu vodních bezobratlých. V sedimentech nalezneme široké zastoupení vodních organismů, z nichž někteří mohou nepříznivě působit na vitalitu chovaných ryb či omezovat funkčnost technologie zařízení. Vodní bezobratlí mohou být mezihostiteli parazitů ryb, kteří mohou v chovu způsobovat značné ekonomické ztráty. Tím může být jejich přítomnost nežádoucí.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce bylo vypracování rešerše na téma výskyt vodních bezobratlých v zařízeních určených pro chov ryb.

Zpracovat semikvantitativní vzorky vodních bezobratlých odebraných v měsíčním intervalu v zařízení určeném pro chov lososovitých ryb.

Ze získaných dat stanovit abundanci, taxonomické složení a diverzitu společenstva vodních bezobratlých.

## 3 LITERARNÍ PŘEHLED

### 3.1 Recirkulační systémy

Pro stále rostoucí poptávku produkce ryb, je zapotřebí podpořit chov ryb pomocí akvakultury. Chov ryb v akvakulturách pokrývá více než 45% světové produkce (FAO 2010). Vznikají tak systémy k intenzivnímu chovu ryb založené na recirkulaci vody a přitom s minimálními energetickými nároky. Recirkulace znamená zpětné navrácení vody do oběhu a její opětovné využívání. Při opakovaném využívání je efektivní využití omezených zdrojů přítokové vody (Vachta a kol. 2015).

V Dánsku vznikl nový polouzavřený recirkulační systém, který je vhodný k velkochovu lososovitých ryb. Vyvinut byl na popud zpřísněných legislativních opatření na zpoplatnění odebírané vody, a také tvrdé postihnutí vypouštění odpadní vody do recipientu. Funguje za pomoci airliftů, které napomáhají výměně plynů ve vodě a její cirkulaci (Mozes a kol. 2002). Airlifty neboli nízkotlaké difuzéry jsou nejdůležitější součástí recirkulačního systému Dánského typu. Ty se umisťují v systému na různá místa. Dmychadlem se vhání vzduch do perforovaných hadic či trubek, které probublávají do vodního sloupce. Airlifty plní v systému spoustu funkcí, ať už se jedná o cirkulaci vody nebo odstraňování přebytečného oxidu uhličitého. Slouží také k rozvodu kyslíku do chovných žlabů nebo k čištění ponořených elementů pevného biofiltru. Pro čištění biofiltru jsou vhodné větší díry v trubkách, než ty které jsou použity ke kontinuální cirkulaci vody (Vítek a kol. 2011). V chovných žlabech probíhá pravidelná a velice rychlá cirkulace vody, ta se zde vymění cca 5-10 krát za hodinu. Voda recirkuluje a doplňuje se velice málo, přibližně se jedná asi o 1,0 – 1,5% (Ellis a kol. 2002). Tyto minimální nároky na potřebu vody jsou velkou výhodou, spotřeba vody je až stokrát menší nežli v průtočných systémech (MacMillan 1992, Blancheton a kol. 2007).

Biofiltr zachytává volně plovoucí a rozptýlené částice, které se nezachytily v sedimentačních žlabech nebo kuzelech. Filtr se používá s dvěma typy náplní. Jednu z nich tvoří náplň plovoucí pohyblivá a druhá je náplň ponořená. Ponořená část je třeba pravidelně čistit mezitím, co plovoucí filtr pracuje nezávisle a není třeba jej čistit. Čištění oddělení ponořených částí se provádí každý den (Lang a kol. 2015). Zásadním parametrem je plocha biofiltračního media. Media jsou ve spoustě různých tvarů a typů. Při plánování stavby systému, je velice důležité znát, kolik krmiva je možné zkrmit, aby to byl biofiltr schopen zpracovat (Vachta a kol. 2015). Ve filtru se nachází veliké množ-

ství mikroorganismů a bakterií. Bakterie zpracovávají využitelný zdroj energie a zbytek opět vyprodukují zpět do vody. Pro každou látku je vhodný jiný druh bakterií, který je právě specializovaný. Na konci vznikají pro vodu neškodné minerální látky, nejčastěji se jedná o oxidy uhlíku. Správný průběh filtrace závisí na teplotě, obsahu kyslíku a druhovém složení organismů. Při ideálních podmínkách jsou bakterie schopné odbourat veškerý amoniak vyprodukovaný rybami. Filtrace může probíhat za přístupu rozpuštěného kyslíku to je tzv. aerobní filtrace anebo bez přístupu rozpuštěného kyslíku, v tom případě jde o filtraci anaerobní (Adamus 2008). Při akumulaci vzniklého amoniaku může docházet k otravě ryb. Proto je správná přeměna amoniakálního dusíku zásadní pro chod systému. Podstatou této přeměny je nitrifikace. Ta je zprostředkována díky autotrofním bakteriím. Celý proces probíhá ve dvou fázích. První z nich je nitritace při které vznikají toxické dusitanů (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). A druhou fází tvoří nitratice, při níž z dusitanů vzniká finální produkt dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Celý proces lze vyjádřit uvedenými rovnicemi.



V důsledku nedostatečného prokysličení vody, nepříznivého pH či nedostatečného čištění biologického filtru, může dojít k narušení nitrifikace. Tento jev způsobuje kolísání a nahromadění toxických dusitanů a amonných iontů v systému (Vachta a kol. 2015).

Většinou se jedná o systémy chovu s vysokou koncentrací ryb. V případě lososovitých ryb může dosahovat až 60 kg.m<sup>-3</sup> (Ellis a kol. 2002). Z důvodu vysoké koncentrace ryb je třeba věnovat zvýšenou pozornost zdravotnímu stavu ryb a také dbát na vysokou kvalitu krmení. Případná vzniklá infekce se velmi rychle šíří a může vyvolat veliké hospodářské ztráty (Vítek a kol. 2011). Technologie recirkulačních systémů se využívají celosvětově. Slouží pro chov mořských i sladkovodních ryb. Nejvíce vhodné jsou však k produkčnímu chovu lososovitých ryb (Salmonidae)(Summerfelt a kol. 2004). V našich podmínkách je však možné chovat i mnoho dalších čeledí. Mohou to být třeba jeseterovití (Acipenseridae), okounovití (Percidae), úhořovití (Anguillidae), vrubozubcovití (Cichlidae), sumcovití (Siluridae) nebo keříčkovcovití (Clariidae)(Vachta a kol. 2015).

Nevýhodou systému je vysoká investiční nákladnost, technická komplikovanost, vysoké požadavky na kvalifikaci a spolehlivost personálu, je zapotřebí spolehlivá do-

dávka elektrické energie, v některých případech se může jednat také o vyšší provozní náklady. Náklady se dají částečně kompenzovat chovem cennějších druhů ryb a vyšší produktivitou (Timmons a kol. 2002).

### **3.2 Recirkulační systém Pravíkov**

V České republice nalezneme tři chovná zařízení dánského typu. Jedno z nich se nachází ve Žďáru nad Sázavou, druhé v Žáru a třetí téměř shodné v Pravíkově. Toto chovné zařízení najdeme nedaleko Kamenice nad Lipou v nadmořské výšce 600 m n. m.

Zařízení v Pravíkově patří firmě BioFish s.r.o., výstavba zařízení začala v roce 2006. Celý systém byl dokončen v polovině roku 2009, v této době začalo také první testování biofiltru a chov ryb. Před uvedením do provozu byla nádrž dvakrát napuštěna a znovu vypuštěna, aby se zajistila zkouška funkčnosti celého provozu. Při dalším napuštění nádrže byly dva chovné žlaby nasazeny první obsádkou pstruha duhového. Po záběhu systému je možné očekávat produkci tržních ryb na úrovni 50 – 100 tun ročně (Pfau 2013). Recirkulace má dva různé zdroje vody, jedním je lesní potok a druhým podzemní voda pocházející z vrtu. Každý ze zdrojů má své vlastní rozdílné charakteristické vlastnosti. Mezi význačné rozdíly obou zdrojů patří jejich fyzikálně-chemické vlastnosti a také biologická rozmanitost. Voda získávaná z potoku je na rozdíl od vody z vrtu oživena nejrůznějšími živočišnými či rostlinnými druhy. Rozdílné je také minerologické složení, pH, teplota a také vodivost. Spolu s vodou se do systému dostávají nejrůznější organismy, které se mohou v zařízení usadit a následně ho kolonizovat. V systému je vybudováno 12 odchovných žlabů o délce 11 m a šířce 2 m (Mareš a kol. 2014). Voda se ve žlabech udržuje ve výšce 1,6 m, takže objem každého žlabu je asi 35 m<sup>3</sup> a celkový objem objektu tvoří zhruba 1000 m<sup>3</sup>. V systému je využíván princip opakovaného využívání vody s kontinuálním přítokem (částečná recirkulace). Každý žlab obsahuje difuzér se dvěma sedimentačními kužely. Množství vzduchu přiváděného do systému se reguluje ventilem v difuzérech. Úniku ryb zabraňuje mříž, která je před sedimentačními kužely, a navíc jsou žlaby v místě odtoku opatřeny otvorem pro slovoání ryb. Při zahrazení odtokového okna a otevřením již zmiňovaného otvoru je možné ryby vpustit rovnou na třídící linku nebo do přepravních beden (Vítek a kol. 2011).

Velkou část objemu zařízení tvoří biofiltr, který tvoří plovoucí a ponořená náplň. K čerpání vody z filtrů a dalšímu rozvodu do chovných žlabů se používá hloubkový

airlift v hloubce asi 4 m. Tato hloubka je již hraniční pro přesycení vody dusíkem ( $N_2$ ). Výměna vody se reguluje velikostí nápuštného otvoru. Proudění vody je podmíněno jak silou proudu přitékající vody, tak i výkonem roštu z nízkotlakého airliftu umístěného naproti přítoku. Do nízkotlakého airliftu je přiváděn vzduch z jednoho z dmychadel. Umístěním roštu vedoucího vzduch v hloubce 80 cm pod hladinou způsobilo efekt vzduchové pumpy. Proud vody se směřuje pomocí pevné desky umístěné za roštem (Mareš a kol. 2014).



Obr. 1: Pohled na filtrační část recirkulačního zařízení Pravíkov (foto: L. Mareš)





Obr. 2: Pohled na chovné žlaby recirkulačního zařízení Pravíkov, (foto: L. Mareš)

### 3.3 Kolonizace bezobratlých organismů

Kolonizace je osidlování nově vzniklého místa, kde se do té doby nevyskytoval, žádný organismus, který by mohl využívat jeho zdroje. V nově vzniklém místě se postupně začínají objevovat jak noví živočichové, tak i rostliny. Při vznikání nových kolonií se uplatňuje životní strategie druhu (Šálek a kol. 2005). Jakmile vznikne nový vodní biotop, tak jsou vodní bezobratlí zcela prvními živočichy, kteří toto místo začnou osidlovat (Milner 1994). Rychlost osídlení nového místa silně závisí na vzdálenosti od dalších vodních biotopů. Čím je již dříve vzniklý vodní biotop blíže, tím rychleji se ten nový kolonizuje. Mezi další významné faktory, které mají vliv na rychlost a způsob kolonizace jsou lokální podmínky. Tyto podmínky zahrnují mimo jiné i fyzikálně chemické vlastnosti vody a složení rybí obsádky. Pro kolonizaci nově vzniklého habitatu mohou být tyto lokální faktory limitující. Vodní bezobratlí mohou pocházet celkem ze tří různých zdrojů. Do nového místa se mohou dostat s vodním zdrojem, tedy přitékající vodou (Smock 1994). Novou oblast mohou kolonizovat náletem imága (Tronstad a kol. 2007). Pasivní zdroje kolonizace zahrnují rozptýlení větrem, přenos zvířaty nebo již

zmíněný drift (Anderson a Smith 2003). Složení společenstva makrozoobentosu je velice významně propojeno s podmínkami biotopu (James a kol. 1998). Poslední možnou cestou bezobratlých do systému je společně s násadou ryb (Mareš a kol. 2017).

### **3.4 Fyzikálně-chemické vlastnosti**

#### **3.4.1 Teplota**

Teplota je jedním z faktorů, který ovlivňuje nejvíce pochodů ve vodě. Teplota vody výrazně ovlivňuje například množství rozpouštěného kyslíku, biochemické procesy, samočištění vody, atd. Teplotu v systému ovlivňuje vodní zdroj, který systém napájí. Dále pak cirkulace vzduchu nebo zastínění hladiny. Teplota vody významně ovlivňuje oživení a celkové druhové zastoupení (Lang a kol. 2015). Optimální teplota pro nitrifikaci v systému je 33 °C. Při prudkém nárůstu teploty až k 45 °C účinek nitrifikace klesá (Cho a kol. 2014). V některých případech je možné v RAS teplotu regulovat. Při chovu v teplovodních recirkulačních systémech se využívají jako zdroje tepla geotermální vody, odpadní vody, solární energie nebo tepelná čerpadla (Kouřil a kol. 2008). Optimální teplota pro správný růst a vývoj ryb je 18 – 28 °C v případě kaprovitých a u lososovitých to je 8 – 18 °C (Svobodová a kol. 1987). Pstruh duhový přijímá poměrně dobře potravu i při teplotách okolo 21 – 22 °C, v případě že je dostatečné množství kyslíku. Naopak siven přijímá potravu i při nízkých teplotách okolo 2 °C (Mareš 2014).

#### **3.4.2 Kyslík**

Hlavními zdroji kyslíku ve vodách je fotosyntéza nebo atmosférický kyslík (Pitter 2009). Obsah kyslíku je velice důležitým faktorem pro určování kvality vody. Teplota úzce souvisí s množstvím rozpouštěného kyslíku ve vodě. Nedostatek kyslíku ve vodě má za následek zhoršení kvality života vodních živočichů. Množství kyslíku vysoce ovlivňuje velkou část biochemických procesů. Kyslík je nezbytný pro aerobní pochody při čištění vody v systémech. Aby mohl biofiltr správně fungovat, neměl by kyslík ve vodě klesnout pod 4 mg.l<sup>-1</sup>. Při poklesu pod 4 mg.l<sup>-1</sup> se omezuje metabolismus, rychlost růstu bakterií při druhé fázi nitrifikace (Lang a kol. 2015). Kyslík se spotřebovává také při rozkladu organické hmoty a se zvyšující teplotou (Lellák a Kubiček 1991). Největší podíl na úbytku mají však chované ryby a samotný biologický filtr. Vhodné množství kyslíku (min. 7 mg.l<sup>-1</sup>) je nezbytné pro udržení produkčních výsledků (Lang a kol.

2015). Dlouhodobý nedostatek kyslíku ve vodě má za následek negativní rychlost přírůstků a také zhoršenou kondici ryb a jejich zdravotní stav (Vachta a kol. 2015). Pro chov lososovitých ryb se považuje za kritickou hodnotu rozpuštěného kyslíku od 5 – 5,5 mg.l<sup>-1</sup>, při 4 mg.l<sup>-1</sup> se rybám začíná obtížně dýchat a při poklesu kyslíku na 1 – 2 mg.l<sup>-1</sup> nastává úhyn chovaných ryb (Heteša a Kočková 1997).

### 3.4.3 pH

Je záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Hodnoty pH jsou velice úzce spjaty s fotosyntetickými reakcemi. pH má veliký vliv na růst a vývoj bakterií. Tyto bakterie jsou velice důležité pro správné fungování recirkulačních zařízení. Při nevhodné správě systému může pH klesnout až k hodnotě 4, ta je považována za letální pro většinu rybích druhů (Choi a kol. 2010). Velice výrazně ovlivňuje i toxicitu různých látek. Zejména u amoniakálních solí a amoniaku, s rostoucím pH roste jejich toxicita. Velký význam má také na rychlost rozpustnosti určitých látek. Činností biologického filtru se snižuje hodnota pH (Lang a kol. 2011). Pro správnou funkci biofiltru je optimální pH okolo hodnoty 7,2. Vhodné pH pro správnou funkci nitrifikačních bakterií je v rozmezí hodnot 6,8 – 8 (Bregnballe 2010). Hodnota pH se dá regulovat pomocí dodání pufracího media (Vachta a kol. 2015). Přípustné hodnoty pro chov ryb lososovitých i kaprovitých se pohybují v rozmezí mezi hodnotami pH 6 – 9 (Lang a kol. 2015).

### 3.4.4 Konduktivita

Lze říci, že se jedná o elektrolytickou vodivost vody. Jejíž hodnota se odvíjí od množství rozpuštěných látek ve vodě. Čím je množství látek ve vodě vyšší, tím vyšší je také hodnota vodivosti. Prakticky platí, že destilovaná voda má nulovou hodnotu (Lelák a Kubíček 1991). Klasifikace jakosti povrchových vod udává konduktivitu jako základní chemický ukazatel, její mezní hodnota pro I. třídu jakosti je < 400  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (ČSN 757221). Konduktivita povrchových vod v ČR se obvykle pohybuje v rozmezí 50-600  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , u vod ležících na slanicích bývají hodnoty vyšší i přes 1500  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Kopp a kol. 2014).

### 3.5 Vodní bezobratlí v systému

Bezobratlí tvoří velice významnou složku akvatických systémů. Vodní biota může být v těchto ekosystémech obzvláště důležitá a zahrnuje nejrůznější spektrum živočichů, od nejmenších prvoků až po velké koryše (Spurný a kol. 2015). V recirkulaci v Pravíkově jsme se zabývali pouze makrozoobentosem. Základní rozdělení vodních živočichů je na permanentní a temporální. Permanentní jsou ti, kteří žijí ve vodě celý svůj život. Temporální vodní biota, žije ve vodě pouze část svého života, popřípadě vývojového cyklu (Spurný a kol. 2015). V literárním přehledu jsem specifikoval pouze skupiny vodních bezobratlých s největším zastoupením v předmětném recirkulačním systému.

#### 3.5.1 Měkkýši (Mollusca)

Jedná se o druhý nejpočetnější kmen. V současnosti je známo více než 100 tisíc druhů. V České republice se vyskytuje asi 75 druhů měkkýšů. Tělo měkkýšů je chráněno třívrstevnou schránkou. U plžů to je nejčastěji ulita a u mlžů lastura. Pro některé druhy mlžů je typické, že v larválním stádiu parazitují buďto na pokožce nebo žábrách ryb (Hartman a kol. 2005). Mlži jsou typickými obyvateli dna vodních nádrží a toků, pohybují se pomocí nohy a potravu získávají filtrováním zejména drobného planktonu a detritu. Naopak potravou většiny vodních plžů jsou nárosty řas, sinic a bakterií a dále odumřelé i živé části rostlin (Beran 1998).

#### 3.5.2 Korýši (Crustacea)

Tělo je obvykle tvořeno třemi oddíly: hlavou, hrudí a zadečkem. Na hlavě jsou dva páry tykadel, dále kusadla a dva páry čelistí. Hlava splývá s hrudí v hlavohruď. Končetiny jsou přítomny na hrudních člancích a u některých skupin i na zadečku. U korýšů většinou první 1–3 páry hrudních končetin asistují při přijímání potravy (Robotková 2015). Vodní korýši obývají obrovské spektrum ekosystémů od podzemních, přes sladkovodní až po mořské vody. Některé skupiny jako třeba perloočky (Cladocera) žijí jako součást zooplanktonu a jiné zase jako součást bentosu, v tomto případě se jedná například o blešivce (*Gammarus* sp.) nebo o berušku vodní (*Asellus aquaticus*). Mezi korýši se mohou objevit tzv. partenogenetické populace, které k oplození vajíčka nepotřebují

samečka a tak se v populaci vyskytují pouze samice (Spurný a kol. 2015). Korýši mívají na hlavě dva páry tykadel, pár ústních nožek a někteří mohou mít i klepítka (Hartman a kol. 2005). Velice početnou skupinou ve vnitrozemských vodách jsou klanonožci (Copepoda). Mají válcovité tělo, které je segmentované a samičky většinou mají na zadečku váčky s vajíčky. Další velikou skupinou jsou bentičtí korýši. Mezi bentické korýše řadíme zástupce stejnonožců (Isopoda), různonožců (Amphipoda) a desetinožců (Decapoda). V České republice se vyskytují pouze tři druhy stejnonožců a pouze jeden z nich je zcela původní, jedná se o berušku vodní (*Asellus aquaticus*). Do skupiny různonožců se řadí např. blešivec potoční (*Gammarus fossarum*), blešivci se živí jako kouskovači hroubou organickou hmotou. Zástupce desetinožců tvoří raci a krabi. Oproti ostatním korýšům mají zcela odlišnou stavbu těla. Raci se živí jako všežravci od ryb až po rostlinnou stravu. K našemu původním druhům patří např. rak říční (*Astacus astacus*) (Spurný a kol. 2015).

### 3.5.3 Pakomárovití (Chironomidae)

Pakomárovití jsou velice početnou skupinou, u nás je známo již více než 200 druhů. Dospělci mají často zakrnělé ústní ústrojí a nejsou schopni přijímat potravu. Vodní larvy pakomárů jsou červovitého tvaru s výrazně oddělenou hlavou. Běžný je výskyt v tekoucích i stojatých vodách (Spurný a kol. 2015). Většina larev pakomárovitých žije volně, je však dost druhů, které staví bahnitě trubičky nebo přenosné schránky. Potrava je velmi rozmanitá od mikrofágů, přes bakteriofágy nebo detritofágy, ale i filtrátory nebo algofágy (Losos 1996).

### 3.5.4 Ploštěnky (Turbellaria)

Nejedná se o příliš početnou skupinu vodních živočichů, v ČR se vyskytuje okolo 36 druhů. Většinou mají nesegmentované, dorzoventrálně zploštělé tělo. Živí se většinou dravě a dýchají celým povrchem těla (Hartman a kol. 2005). Ploštěnky jsou predátoři konzumující vodní bezobratlé, zejména měkkýše, korýše např. blešivce (*Gammarus*) a berušky (*Asellus*), larvy hmyzu a máloštětinatce. Potravu konzumují tak, že svalnatým vychlípitelným hltanem protrhnou tělní stěnu kořisti a vysají tělní tekutiny. K potravě se obvykle slézají ve skupině (Reslová a Simon 2015). Ploštěnky jsou schopné velice dobré regenerace a velmi často se rozmnožují nepohlavně. Mezi zcela běžné zá-

stupce řadíme ploštěnku potoční (*Dugesia gonocephala*), ploštěnku černou (*Polycelis nigra*) a ploštěnku mléčnou (*Dendrocoelum lacteum*)(Spurný a kol. 2015).

### 3.5.5 Źahavci (Cnidaria)

Jedná se pouze o vodní živočichy. Největší zastoupení mají v mořích a oceánech kde žije asi 10 000 druhů, v České republice to je pouze šest druhů. Tělní stavba žahavců zůstala pouze ve stádiu gastruly. Jsou schopni dýchat celým svým tělem a živí se drobnými živočichy (Hartman a kol. 2005). Existují dva typy jedinců. Jeden z nich je polyp a druhý je volně plovoucí medúza. U nás nejčastěji najdeme nezmary. Nejběžnější jsou nezmar zelený (*Hydra viridissima*) a nezmar hnědý (*Hydra oligactis*)(Spurný a kol. 2015).

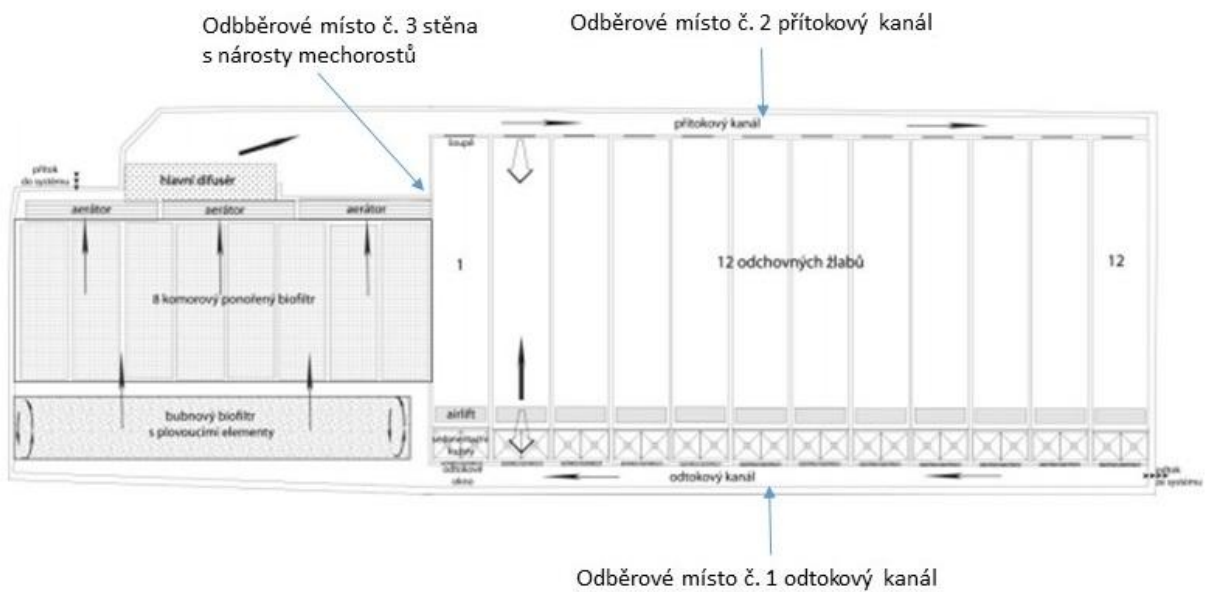
### 3.5.6 Kroužkovci (Annelida)

Vodní zástupci se člení na máloštětinatce (Oligochaeta) a pijavky (Hirudinea). Typické jsou pravidelné kroužky, pouze první a poslední články jsou rozdílné. Typický pro dospělé zástupce této skupiny je jejich opasek, který slouží k rozmnožování (Hartman a kol. 2005). V současnosti je v ČR popsáno 95 druhů máloštětinatých červů. Živí se především detritem a různými nárosty řas. Pouze několik druhů je dravých (Spurný a kol., 2015). Jde o vodní bezobratlé, kteří mohou především kvantitativně indikovat rozdíly v kvalitě vody dané chemismem, organickými látkami i tepelným znečištěním. Masové pomnožení některých druhů ukazuje na silné znečištění. Jiné, citlivější druhy jsou zajímavými indikátory změn stavu kvality prostředí (Schenkova 2015).

Pijavky mají zploštělé tělo a článkování je na povrchu těla zmnožené. Na přední i zadní straně těla se nachází přísavka (Spurný a kol., 2015). Pijavky se vyskytují především v tekoucích i stojatých vodách, byly však popsány i terestrické druhy. Jde především o predátory, kteří se specializují na určitý typ potravy. Setkáváme se i s ektoparazity např. pijavka lékařská (*Hirudo medicinalis*). Některé druhy se často vyskytují v eutrofních a znečištěných vodách, kde je lze považovat za indikátory znečištění (Sychra a Schenkova 2009).

## 4 METODIKA

Odběry vzorků vodní bioty byly prováděny v recirkulačním zařízení Pravíkov. Vzorkování probíhalo od dubna do listopadu roku 2015, bylo provedeno celkem 9 odběrů v měsíčním intervalu. V systému byla zvolena tři odběrová místa. Odtokový kanál z chovných žlabů – odtok, přítokový kanál do chovných žlabů – přítok a stěna na přítoku do systému s množstvím nárostů mechorostů – stěna. Odběrová místa byla zvolena s ohledem na možnosti odběru vzorků v systému intenzivního chovu a s předpokladem možného výskytu bezobratlých. Schematické zobrazení odběrových míst v systému znázorňuje obrázek č. 3, jednotlivá odběrová místa pak obrázky č. 4, 5 a 6.



Obr. 3: Zobrazení odběrových míst v systému (Vítek a kol., 2011)



Obr. 4: Odběrové místo – přítok (foto: L. Mareš)



Obr. 5: Odběrové místo – stěna (foto: L. Mareš)





Obr. 6: Odběrové místo – odtok (foto: L. Mareš)

Vzorky vodních bezobratlých se nejčastěji odebírají bentickou sítí (Niedobová a Řezníčková 2014). Pro potřeby odběru v recirkulačním systému musela být síť o rozměrech 23x30 cm upravena a opatřena kovovým břitem pro snadnější odběr z pevného povrchu (Obr. 7). Na síťku bylo také pro značnou hloubku systému připevněno dlouhé držadlo.

Vodní bezobratlí byli odebíráni seškrabem, substrát i s bezobratlými byl pak zachycen do síťky s velikostí oka 0,5 mm. Seškrab, byl prováděn vždy ve stejné délce (Obr. 8), plocha odběru byla následně při zpracování přepočítávána na 1 m<sup>2</sup>.



Obr. 7: Odběrová síťka opatřená kovovým břitem (foto: L. Mareš)



Obr. 8: Odběr vzorků ze dna odtokového kanálu (foto: L. Mareš)

Na místě byl vzorek přemístěn na bílou fotomisku a pomocí entomologické pinzety byla vybrána část zoobentosu. Vybírání byli především zástupci s křehkou stavbou těla, kteří by se při převozu mohli poškodit. Roztříděný zoobentos byl umístěn do zkumavek a fixován formaldehydem na výslednou koncentraci 4 %. Výjimkou byly měkkýši (Mollusca) a muchničky (Simuliidae), kteří byli fixováni lihem na výslednou koncentraci 70 %. Nepřebraná část vzorku byla ve vzorkovnicích fixována formaldehydem. Každá zkumavka i vzorkovnice byly opatřeny příslušným štítkem s popisem.

Současně při odběrech zoobentosu byly měřeny základní fyzikálně-chemické parametry vody tj. pH, vodivost, množství rozpuštěného kyslíku a teplota vody. Vodivost byla měřena konduktometrem HANNA Combo HI 98129, ostatní parametry oxymetrem HACH HQ40d.

Před zpracováním, bylo potřeba vzorky promýt pod tekoucí vodou, aby byly zbaveny zbytků formaldehydu. Vzorky se proplachovaly přes síto s velikostí oka 0,25 mm. Pomocí binokulární lupy se vzorky přebraly a organismy roztřídili do zkumavek podle vyšších taxonomických skupin. Zkumavky byly opět zafixovány a opatřeny štítky s popisem.

V laboratoři byla následně provedena determinace na co možná nejnižší taxonomickou úroveň. Jednotlivé vzorky byly vyhodnoceny na základě údajů o taxonomickém složení a četnosti makrozoobentosu. Pro zobrazení abundancí a počtu druhů jednotlivých skupin makrozoobentosu v grafech byl použit program Microsoft Excel.

Hodnocena byla též diverzita společenstva vodních bezobratlých. Diverzita je jinými slovy druhové spektrum nebo složení společenstva. Je to kvantitativní zhodnocení biocenózy, která zahrnuje různorodost a poměrné zastoupení druhů. V praxi se určuje diverzita pouze pro jednotlivé taxonomické skupiny biocenózy (Hartman a kol., 2005). K výpočtu diverzity byl použit vzorec dle Shannona a Weavera (1963):

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{N_i}{N} \right) \log_2 \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

Dle Kokeše a Vojtiškové (1999) dosahuje diverzita vodních bezobratlých v čistých vodách většinou 3 – 4, ve znečištěných pak nižší než 1. Kloudová (2008) navrhla rozdělení hodnot diverzity na základě výpočtu dle Shannona a Weavera (1963) do pěti skupin s odpovídající verbální klasifikací (Tab. č. 1).

H'	Odpovídající verbální klasifikace diverzity
2,8 a vyšší	Vysoká
2,2–2,79	Dobrá
2,4–2,19	Slabá
1–2,39	Nízká
Menší než 1	Velmi nízká

Tab 1: Stupnice diverzity dle Kloudové (2008)

Velice úzce s diverzitou souvisí ekvitabilita, která vyjadřuje vyrovnanost společenstva vodních bezobratlých. Vyjadřuje rovnoměrné rozdělení četnosti druhů. Index byl stanoven výpočtem dle Sheldona (1969):

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Naměřené fyzikálně chemické parametry

Pro větší přehlednost zjištěných hodnot byly znázorněny v tabulce č. 2.

	Přítok, stěna			Odtok		
	min	max	průměr	min	max	průměr
Nasycení kyslíkem [%]	84,4	97,7	90,8	70,1	94,2	83,2
Nasycení kyslíkem [mg/l]	7,8	11,8	9,3	6,5	11,3	8,4
pH	5,7	7,4	7,0	5,7	7,7	7,1
Teplota [°C]	5,0	18,1	12,7	5,1	18,3	12,9
Konduktivita [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	237,0	403,0	278,0	239,0	405,0	280,0

Tab 2: Minimální, maximální a průměrné hodnoty abiotických faktorů vody ve sledovaném systému v průběhu vzorkování

Podle Heteši a Kočkové (1997) je limitující množství rozpuštěného kyslíku pro chované lososovité ryby v rozmezí 5 – 5,5 mg.l<sup>-1</sup>. Námi změřené hodnoty se ani v jednom případě nepřiblížili k těmto číslům. Množství rozpuštěného kyslíku, je tedy vhodné k chovu ryb a nijak neomezující. Nejmenší množství rozpuštěného kyslíku bylo naměřeno v měsíci červnu v odtokové části systému s hodnotou 6,5 mg.l<sup>-1</sup> a největší množství rozpuštěného kyslíku 11,8 mg.l<sup>-1</sup> bylo zjištěno v přítokovém kanále v březnu.

Dle Berngballa (2010) je vhodná hodnota pH v rozmezí 6,8 – 8, aby mohl systém správně fungovat. A pro chov ryb je vhodné pH 6 – 9. Některé námi zjištěné hodnoty byly nepatrně nižší, nežli doporučené. Nejnižší pH bylo zjištěno 5,7 začátkem června v přítoku a nejvyšší pH bylo naměřeno 7,7 začátkem dubna v odtokové části.

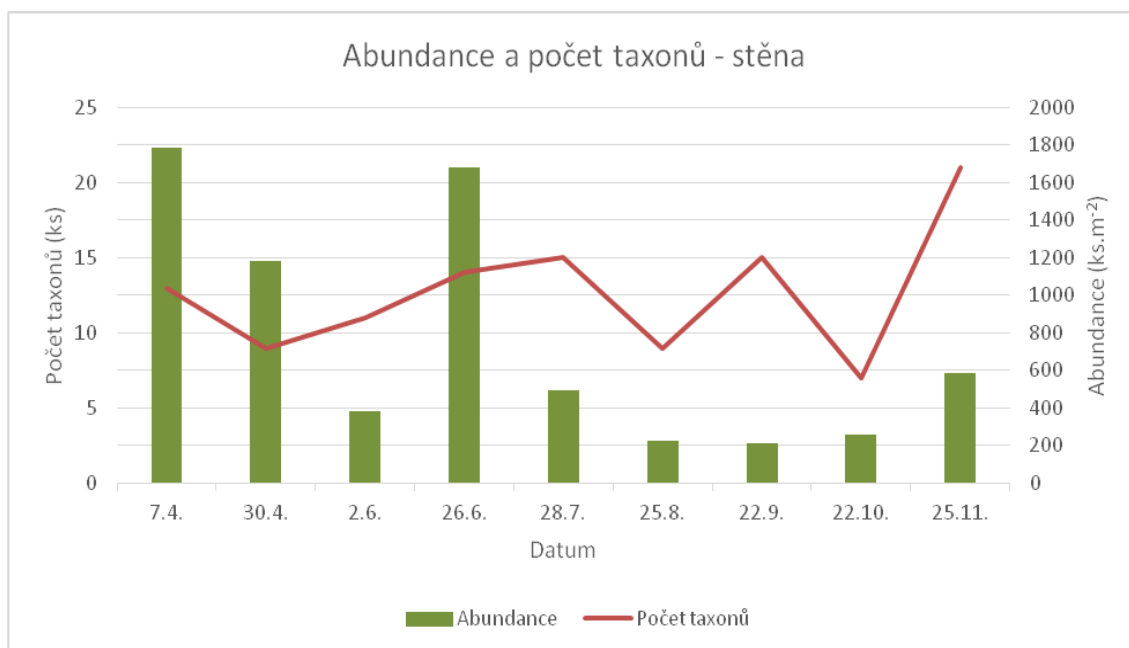
Nejnižší zjištěné teploty byly naměřeny v podzimních měsících a to 5 °C v přítokovém kanálu. Nejvyšší naměřené teploty byly v letních měsících, kdy bylo naměřeno 18,3 °C v odtokové části systému. Podle Svobodové (1987) je v systému zcela optimální a vhodná teplota pro chov, správný růst a vývoj lososovitých ryb v rozmezí 8 – 18 °C.

Vodivost naměřená v systému se pohybovala od 237 do 405  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Průměrně však byla na přítoku a u stěny 278  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a v odtokové části byla naměřena průměrně 280  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . V české republice se udávají běžně měřené hodnoty od 50 – 600  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a v některých vodách na slanisících může být vodivost i přes 1500  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Kopp a kol. 2013). Námi změřená vodivost je tedy zcela běžná a podle klasifikace jakosti povrchových vod (ČSN 757221) se voda v systému může zařadit do I. třídy jakosti, protože v průměru byla zjištěná hodnota menší než 400  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

## **5.2 Společenstvo makrozoobentosu v recirkulačním systému**

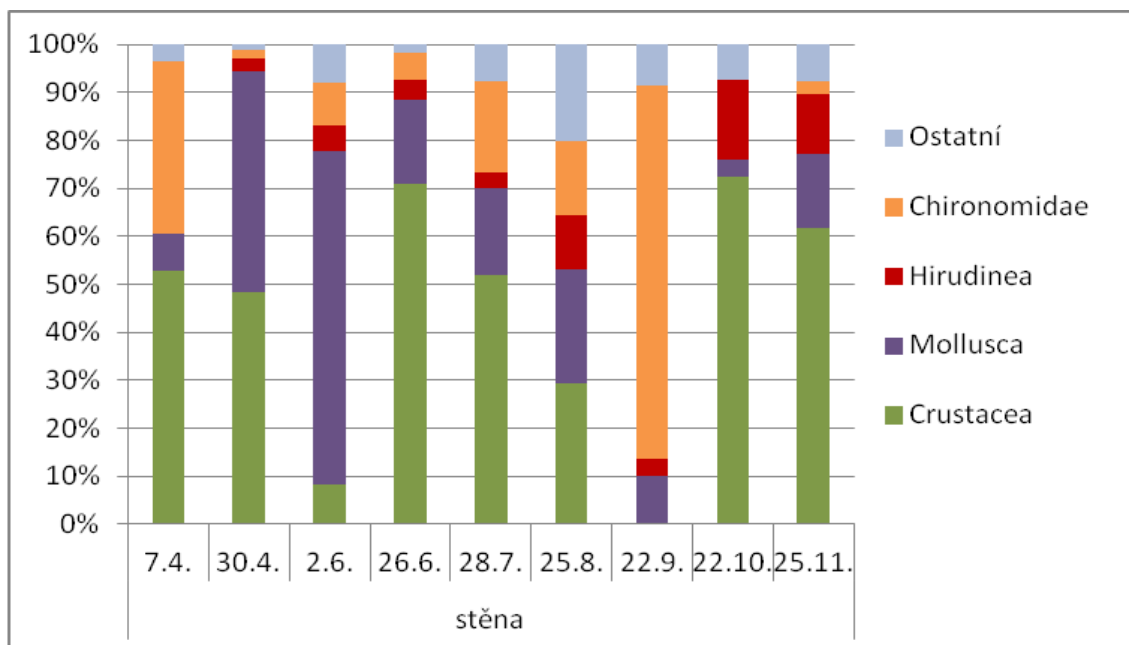
### **5.2.1 Stěna**

Průběh abundance a počet taxonů znázorňuje graf č. 1. Na odběrovém místě bylo zachyceno celkem 10210 kusů vodních bezobratlých, zároveň se jednalo o nejvyšší zjištěné množství ze všech tří míst. Během sledování vzorků vodní bioty odebraných ze stěny, byla zjištěna nejvyšší abundance začátkem dubna a to 1785 ks.m<sup>-2</sup>. Naopak nejnižší zjištěná abundance byla v září, pouze 212 ks.m<sup>-2</sup>. Z celkového počtu 48 taxonů byl nejvyšší počet zjištěn v měsíci listopadu, celkem 21 taxonů. Za měsíc říjen to bylo pouze 7 taxonů. Tento měsíc měl nejnižší taxonomické zastoupení. Ze všech tří sledovaných stanovišť byly na odběrovém místě stěna zaznamenány nejvyšší hodnoty abundance i počty taxonů. Vodní biota nalézají vhodný úkryt v nárostech mechu, který poskytuje taktéž i značné množství potravy a vhodných podmínek k množení.



Graf 1: Počet taxonů a abundance – stěna

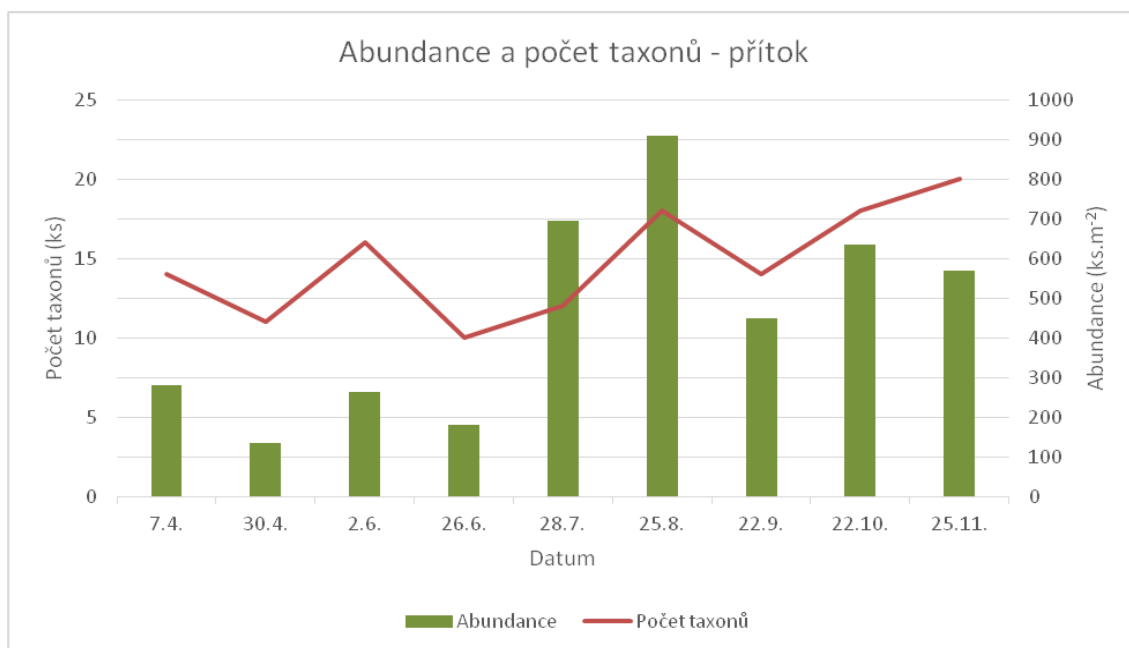
Poměrné zastoupení jednotlivých skupin organismů ukazuje graf č. 2. Dominovala zde převážně permanentní vodní fauna. Nejpočetnější byly berušky vodní (*Asellus aquaticus*) z podkmene Crustacea. Zaznamenány byly téměř ve všech odběrech po celé sledované období, kromě měsíce září. Ve všech vzorcích byl také zjištěn kmen měkkýši (Mollusca), ten byl zastoupen především druhem *Lymnaea peregra*, dále podtřída pijavky (Hirudinea), zastoupena především druhy *Glossiphonia complanata* a *Erpobdella octuculata*. Menší část tvořili temporální druhy, tedy druhy prodávající ve vodě jen část životního cyklu. Z nich byly nejvíce početní pakomáři (Chironomidae), kteří se vyjma říjnového odběru vyskytovali ve všech odebraných vzorcích. Z pakomárů jsme se zde nejčastěji setkali s druhem *Cricotopus bicinctus*. Na rozdíl od ostatních odběrných míst se na stěně ve všech odběrech objevily také jepice (Ephemeroptera), nejpočetnější byl druh *Baetis rhodani*.



Graf 2: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – stěna

### 5.2.2 Přítok

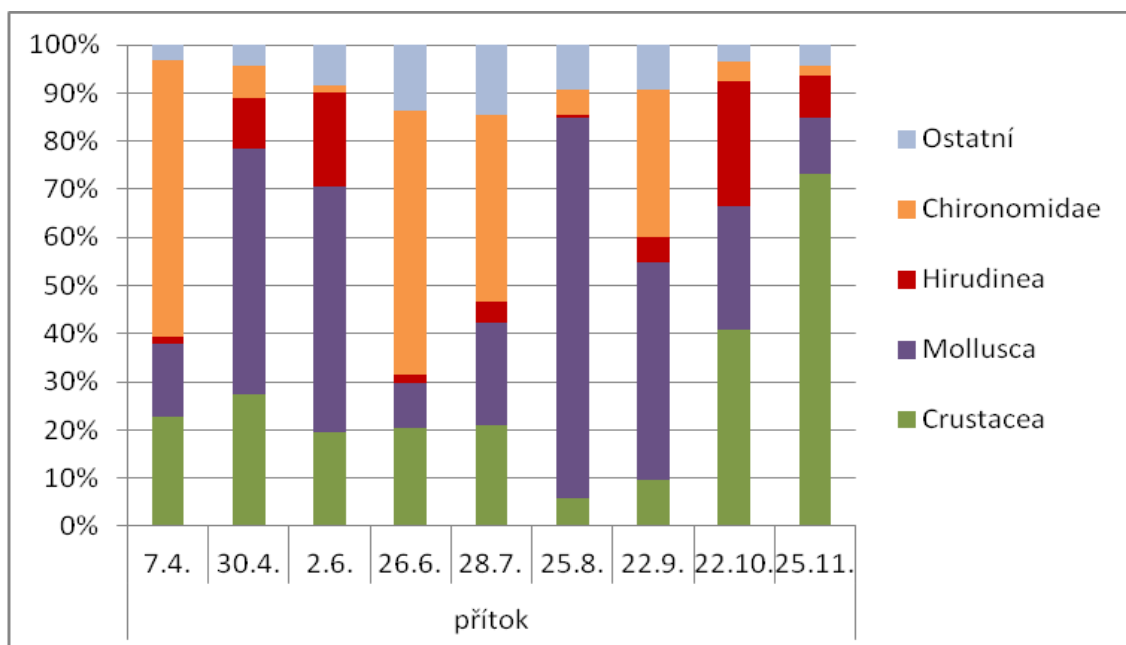
Grafické znázornění abundance a počet nalezených taxonů ukazuje graf č. 3. Celkový počet bezobratlých ze vzorků získaných ze dna přítokového kanálu do chovných žlabů dosáhl 2891 kusů. Nejvyšší abundance byla zjištěna koncem léta v měsíci srpnu. Bylo zachyceno 909 ks.m<sup>-2</sup> vodních bezobratlých. Nejnižší zaznamenaná abundance vodní bioty byla koncem měsíce dubna, kdy bylo zjištěno pouze 135 ks.m<sup>-2</sup>. Celkové zastoupení na dně přítokového kanálu bylo 37 taxonů. Z tohoto hlediska tak tvoří odběrové místo s nejnižším počtem taxonů v systému. Nejbohatší na taxonomické zastoupení je měsíc listopad s 20 taxony. Měsícem s nejnižším taxonomickým zastoupením byl červen, bylo zachyceno pouze 10 taxonů.



Graf 3: Počet taxonů a abundance – přítok

Poměrové zastoupení druhů graficky zobrazuje graf č. 4. Na přítoku bylo zjištěno 6 skupin permanentní vodní fauny a 4 skupiny temporální fauny. Nejpočetnější skupinou permanentních živočichů byli měkkýši (Mollusca), nejpočetněji byly zastoupeny druhy *Lymnaea peregra* a *Ancylus fluviatilis*. Dále se zde nacházeli korýši (Crustacea) s jediným zástupcem beruškou vodní (*Asellus aquaticus*). Další v pořadí byly pijavky (Hirudinea), zastoupeny dvěma druhy *Glossiphonia complanata* a *Erpobdella octuculata*, která množstvím značně převažovala. Ze zástupců žahavců (Cnidaria) byl objeven jeden rod *Hydra* a kmen ploštěnky (Turbellaria) zde byl zastoupen také jedním rodem *Polycelis*. Nejpočetnější skupinou temporální fauny byli pakomáři (Chironomidae), které zastupovaly zejména taxony *Cricotopus bicinctus* a *Rheotanytarsus sp.* Další skupinou byly jepice (Ephemeroptera), jenž byly zastoupeny především *Baetis rhodani*. Nalezeni byli také chrostíci (Trichoptera), které nejvýrazněji zastupoval druh *Neureclipsis bimaculata* a v poslední řadě dvoukřídlí (Diptera), kde byl objeven pouze jeden rod *Simulium*.

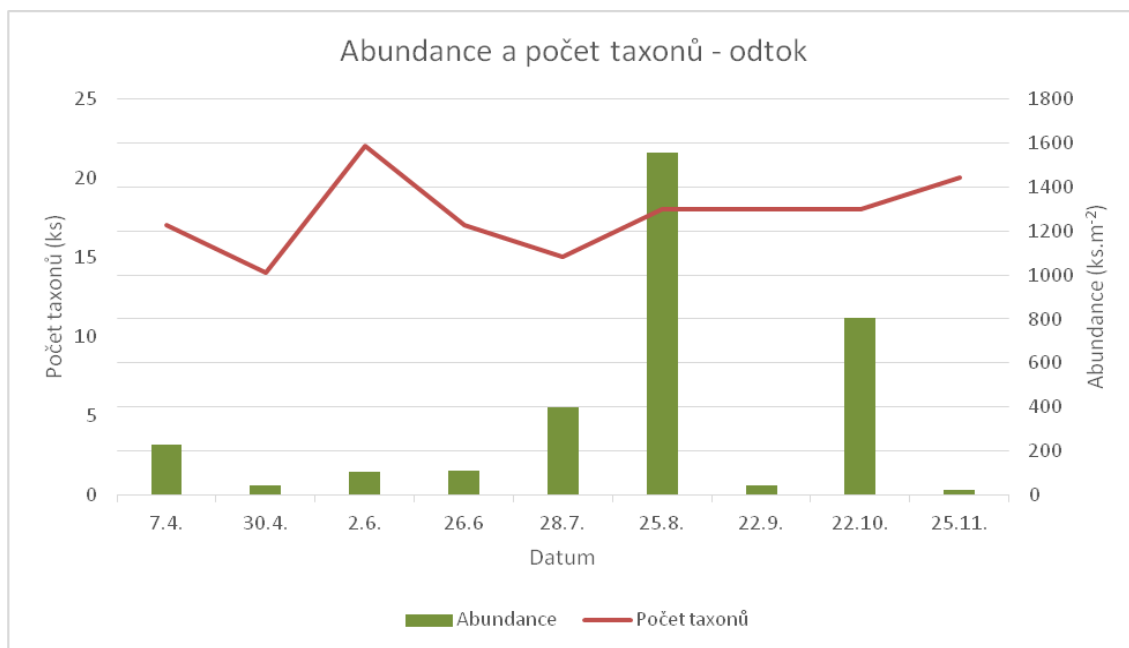




Graf 4: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – přítok

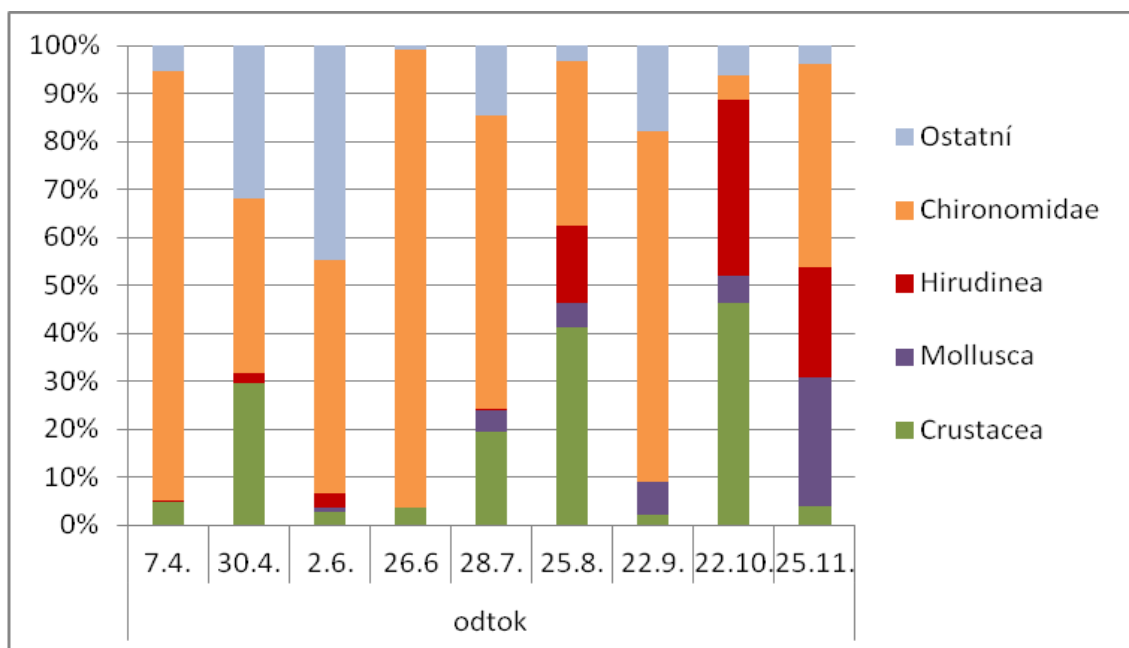
### 5.2.3 Odtok

Grafické znázornění a průběh abundance a taxonomického složení představuje graf č. 5. V odtokové části systému bylo ve vzorcích získaných ze dna zjištěno celkem 2335 kusů vodních bezobratlých. Jedná se o místo s nejnižším počtem jedinců za celé vzorkovací období. Největší abundance byla zaznamenána v srpnu, tj. 1554 ks.m<sup>-2</sup>. Naopak nejnižší abundance byla v listopadu, pouhých 26 ks.m<sup>-2</sup>. Je to zcela nejnižší počet spočítaných jedinců ze všech vyhodnocovaných vzorků. Za celé sledované období bylo ve vzorcích ze dna kanálu zjištěno celkem 44 taxonů. Nejvyšší počet taxonů byl nalezen v červnu. Jednalo se o 22 taxonů a nejméně v dubnu, kdy to bylo 14 taxonů.



Graf 5: Taxonomické zastoupení a abundance – odtok

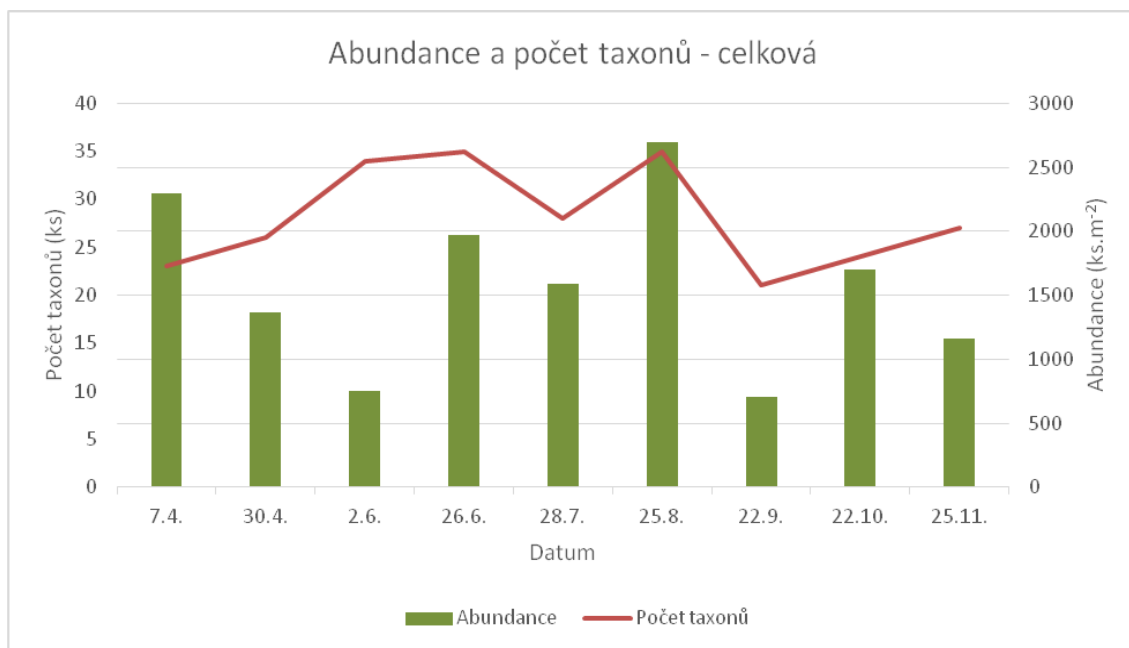
Grafické zobrazení poměrného zastoupení ukazuje graf č. 6. Z permanentní fauny bylo nalezeno a zjištěno 6 taxonomických skupin. Nejvíce početný podkmen byli korýši (Crustacea), zastoupeni byli taktéž pouze jediným druhem beruškou vodní (*Asellus aquaticus*). Na pomyslném druhém místě byly pijavky (Hirudinea), které zastupoval především druh *Erpobdella octoculata*. Nemálo bylo nalezeno také měkkýšů (Mollusca), kteří byli představováni nejvýrazněji druhem *Lymnaea peregra*. Celkem vysoké zastoupení zde měli žahavci (Cnidaria), které zastával rod *Hydra*. Nejméně početní byli zástupci máloštětinatých červů (Oligochaeta) s dvěma zástupci *Nais communis* a *Nais Christiane*. Ploštěnky (Turbellaria) s jediným rodem *Polycelis*. Kromě permanentní fauny byly objeveny také 4 skupiny patřící do temporální fauny. Zcela nejvíce bylo pakomárů (Chironomidae), nejvýrazněji zastupováni především dvěma taxony *Rheotanytarsus* sp. a *Cricotopus bicinctus*. Nepatrné množství bylo také chrostíků (Trichoptera). Z chrostíků byly nejvíce vidět druhy *Neureclipsis bimaculata*, *Polycentropus flavomaculatus* a *Polycentropus kingi*. Jepice (Ephemeroptera), byly zastoupeny pouze rodem *Baetis*. Poslední v řadě jsou dvoukřídlí (Diptera), nalezen byl pouze jeden rod *Limnophora* sp. Poslední tři skupiny byly početně nízké a v grafu byly zahrnuty jako ostatní.



Graf 6: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých - odtok

## 5.5 Celková abundance a počet taxonů

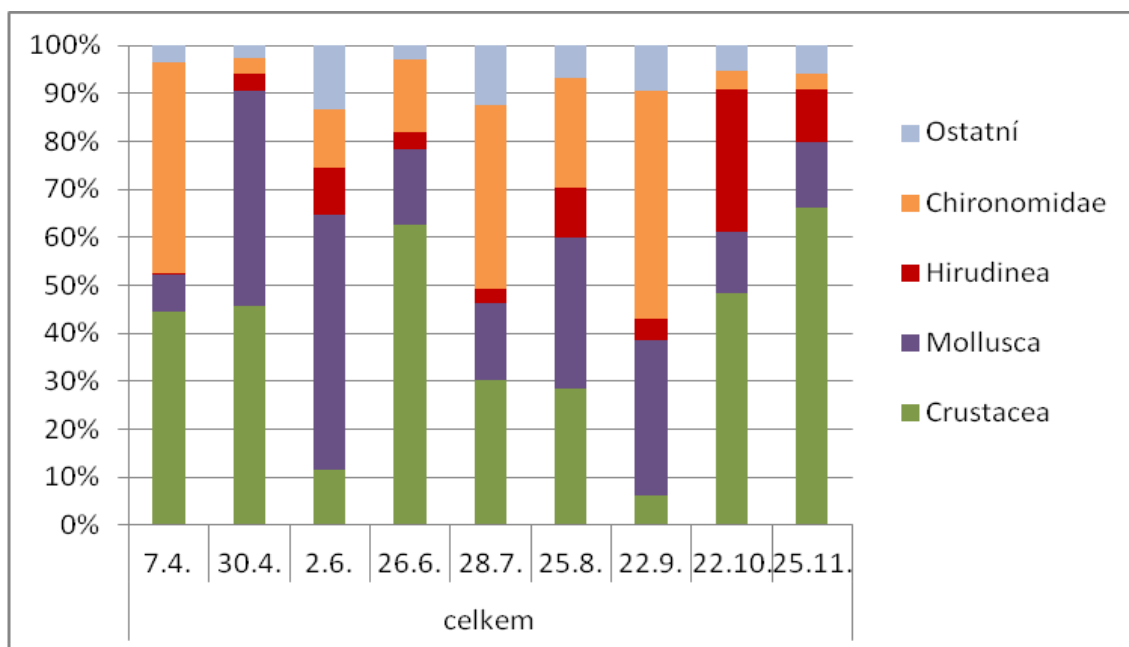
Celkový průběh abundance a taxonomického složení v celém systému je zaznamenán a znázorněn v grafu č. 7. Za celé sledované období bylo v systému zachyceno celkem 15436 kusů vodních bezobratlých. Nejbohatší byl vzorek z počátku měsíce dubna, kdy bylo zjištěno celkem 3037 kusů bezobratlých. Druhá nejvyšší hodnota byla zaznamenána na konci června, kdy se jednalo o 2726 kusů bezobratlých. Naopak nejméně bezobratlých bylo zjištěno v září, a to jen 662 kusů. Celkem bylo zaznamenáno 68 taxonů. Nejvíce taxonů bylo nalezeno v měsících červnu a srpnu, v obou měsících bylo zaznamenáno 35 taxonů. Nejchudší na druhové složení byl měsíc září, nalezeno bylo pouze 21 taxonů.



Graf 7: Počet taxonů a abundance – celková

Graf č. 8 znázorňuje celkové procentualní zastoupení vodní bioty. Celkově bylo zjištěno 12 skupin, z čehož bylo 6 permanentních a dalších 6 temporálních. V systému převažovala na počet permanentní fauna. Nejvíce zastoupeni byli korýši (Crustacea) s jedním zástupcem *Asellus aquaticus* celkem bylo za sledované období zjištěno 6989 ks. Další v pořadí byli měkkýši (Mollusca) s počtem 3445 ks. Nejvýraznější byl druh *Lymnaea peregra* s 3023 ks. Velice početnou skupinou byly také pijavky (Hirudinea), která čítala 1073 ks. Skoro celá třída byla zastoupena druhem *Erpobdella octoculata* s počtem 1046 ks. Podstatně méně bylo žahavců (Cnidaria) 216 ks. Žahavce zastupuje pouze jediný rod *Hydra sp.* Řád ploštěnky (Turbellaria), byl také zastoupen jediným rodem *Polycelis sp.* a spočítáno bylo 200 ks. Nejnižší zastoupení z permanentních bezobratlých měli máloštětinatí červi (Oligochaeta) s 57 kusy. Tento řád byl zastoupen zejména *Nais christinae*. Při pohledu na temporální bezobratlé bylo nejvíce pakomárů (Chironomidae) s 3065 ks. Z pakomárů se nejčastěji vyskytoval druh *Cricotopus bicinctus* a *Rheotanytarsus sp.* Chrostíci (Trichoptera) zaujímali druhou pozici v počtu temporálních jedinců, celkově jich bylo spočítáno 113. Chrostíci byly zastoupeni převážně druhem *Neureclipsis bimaculata* a *Polycentropus flavomaculatus*. Mezi bezobratlými také nechyběli ani jepice (Ephemeroptera). Celkový počet jepic činil 172 kusů, nejčastějším druhem byl *Baetis rhodani*. Zastoupen byl i řád dvoukřídlí (Diptera), nalezeno bylo 91 kusů a dominoval zde druh *Limnophora sp.* Pouze několik zástupců

měl řád brouci (Coleoptera) který byl zastoupen rody *Brychius sp. LV.*, *Colymbetes sp. LV.* a čeledí *Dytiscinae*. Celkem jich bylo nalezeno jen 5 ks. Nejméně početnou skupinou byly pošvatky (Plecoptera), zastoupené pouze jediným rodem *Nemoura sp.*, zachyceno bylo pouze 6 ks. Celkový přehled nalezených taxonů zobrazuje tabulka č. 3.



Graf 8: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – celkem

		Přítok	Odtok	Stěna
Turbellaria	<i>Polycelis sp.</i>	+	+	+
Cnidaria	<i>Hydra sp.</i>	+	+	+
Crustacea	<i>Asellus aquaticus</i>	+	+	+
Mollusca	<i>Ancylus fluviatilis</i>	+		+
	<i>Bathyomphalus contortus</i>	+		+
	<i>Gyraulus sp.</i>		+	+
	<i>Lymnaea peregra</i>	+	+	+
	<i>Pisidium sp.</i>	+		+
Oligochaeta	<i>Nais barbata</i>			+
	<i>Nais communis</i>	+	+	+
	<i>Nais christiane</i>		+	+
	<i>Nais pseudobtusa</i>			+
	<i>Stylaria lacustris</i>			+
Hirudinea	<i>Erpobdella octoculata</i>	+	+	+
	<i>Glossiphonia complanata</i>	+	+	+
Ephemeroptera	<i>Baetis rhodani</i>	+	+	+
	<i>Baetis sp.</i>	+	+	+

	<i>Caenis horaria</i>	+		
	<i>Caenis</i> sp.	+		
	<i>Heptagenia</i> sp.			+
Plecoptera	<i>Nemoura</i> sp.			+
Trichoptera	<i>Hydropsyche angustipennis</i>	+	+	+
	<i>Hydropsyche incognita</i>		+	
	<i>Hydropsyche</i> sp.	+		
	<i>Chaetopteryx villosa</i>			+
	<i>Limnephilus rhombicus</i>		+	
	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	+	+	+
	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	+	+	+
	<i>Polycentropus kingi</i>		+	
	<i>Sericostoma</i> sp.		+	
Coleoptera	<i>Brychius</i> sp. LV.			+
	<i>Colymbetes</i> sp. LV.			+
	<i>Dytiscinae</i>			+
Diptera	<i>Limnophora</i> sp.		+	+
	<i>Psychoda</i> sp.			+
	<i>Simulium</i> sp.	+		+
	<i>Tipula</i> sp.			+
Chironomidae	<i>Brillia bifla</i>		+	
	<i>Brillia longifurca</i>	+		+
	<i>Cardiocladius</i> Cf. <i>capucinus</i>	+	+	+
	<i>Conchapelopia</i> sp.	+	+	+
	<i>Cricotopus bicinctus</i>	+	+	+
	<i>Cricotopus</i> gr. <i>tremulus</i>	+	+	+
	<i>Cricotopus</i> sp.		+	+
	<i>Dicrotendipes</i> sp.	+	+	+
	<i>Eukiefferiella</i> sp.	+	+	+
	<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>brevicalcar</i>			+
	<i>Glyptotendipes</i> sp.		+	
	<i>Heterotrissocladius marcidus</i>	+		
	<i>Holotanypus</i> sp.		+	
	<i>Chironomus</i> sp. <i>juv.</i>		+	
	<i>Metriocnemus</i> sp.			+
	<i>Micropsectra</i> sp.	+	+	
	<i>Microtendipes</i> gr. <i>chloris</i>	+	+	+
	<i>Nanocladius</i> sp.	+	+	+
	<i>Orthocladius</i> sp.			+
	<i>Parametriocnemus stylatus</i>	+	+	
<i>Paratanytarsus</i> sp.		+		
<i>Paratendipes albimanus</i>		+		
<i>Paratrachocladius rufiventris</i>			+	

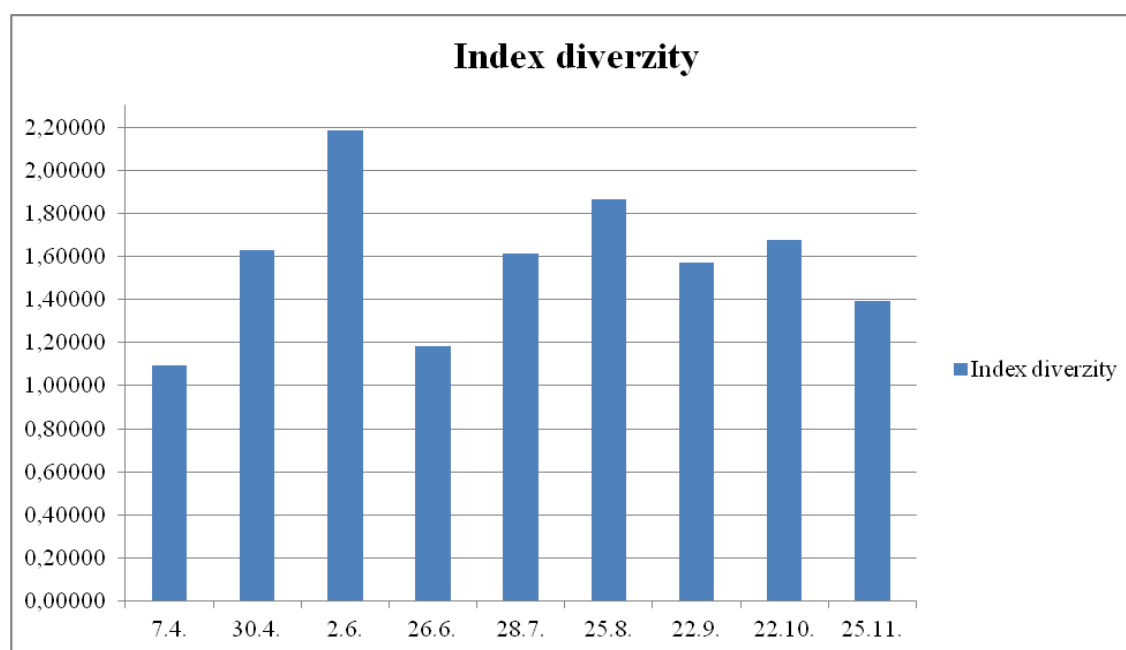
	<i>Polypedilum gr. laetum</i>	+	+	+
	<i>Polypedilum sp.</i>	+	+	
	<i>Prodiamesa olivacea</i>		+	
	<i>Rheocricotopus fuscipes</i>			+
	<i>Rheotanytarsus sp.</i>	+	+	+
	<i>Tanytarsus curticornis</i>	+	+	
	<i>Tanytarsus sp.</i>	+	+	
	<i>Tvetenia discoloripes/verralli</i>	+	+	+

Tab 3: Přehled taxonů zaznamenaných na jednotlivých odběrových místech v recirkulačním systému v Pravíkově

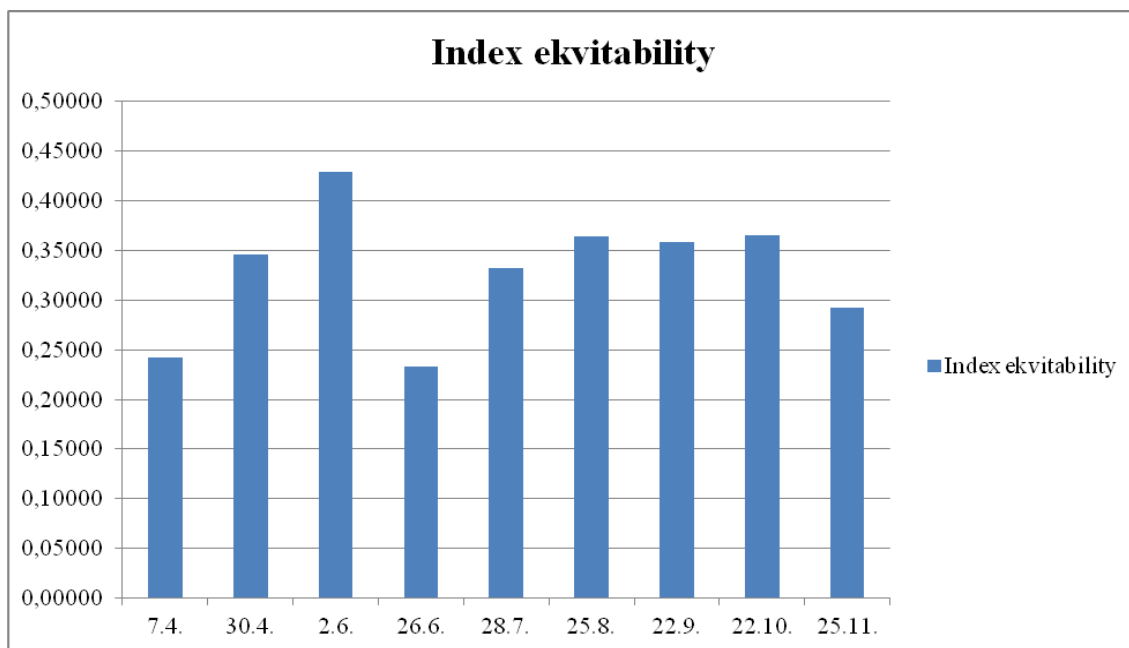
## 5.6 Diverzita a ekvitabilita bezobratlých

Průběh indexu diverzity je znázorněn v grafu č. 9. Druhá diverzita, byla stanovena pro celý systém. Nejvyššího indexu druhové diverzity dosahuje systém začátkem června ( $H' = 2,183$ ). Zcela nejnižší index druhové diverzity byl zjištěn začátkem dubna ( $H' = 1,096$ ). Dle Kloudové (2008) byla na všech odběrových místech nízká diverzita vodních bezobratlých.

Průběh vývoje indexu ekvitabilita je zobrazen v grafu č. 10. Nejvyšší index ekvitability byl zjištěn začátkem měsíce června ( $E = 0,429$ ). Nejnižší pak na konci měsíce dubna ( $E = 0,242$ ) a června ( $E = 0,233$ ).



Graf 9: Index diverzity



Graf 10: Index ekvitability

## 6 ZÁVĚR

V roce 2015 byl sledován recirkulační systém v Pravíkově. Na začátku sledování byla vhodně zvolena tři odběrová místa ze kterých byly získávány vzorky. Zjišťovaly se fyzikálně chemické vlastnosti vody, taxonomické složení, abundance a diverzita vodních bezobratlých.

Při sledování fyzikálně chemických vlastností nebyli zjištěné žádné výkyvy a veškeré zjištěné hodnoty byly odpovídající chovu lososovitých druhů ryb. Průměrné nasycení kyslíkem z celého systému bylo  $9,2 \text{ mg.l}^{-1}$ . Teplota vody nepřesáhla  $18,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a neklesla pod  $5,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Výraznější výkyvy nebyly zjištěny ani v případě pH, které bylo mírně kyselé až neutrální. Hodnoty pH byly od  $5,7 - 7,7$ . Zjištěná průměrná konduktivita vody byla  $278 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$  v přítoku a  $280 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$  v odtokové části. Zjištěné hodnoty jsou zcela v pořádku a nevykazují žádné anomálie.

Ze sledování systémů v průběhu celého období bylo zjištěno, že převažovala vodní biota, která se řadila do permanentní fauny. Zcela nejvíce vodní bioty se ukrývalo na stěně v nárostech mechorostů, kde bezobratlí nalézali množství vhodné potravy, ukrýtů a další podmínky k rozvoji. Největší množství ze zachycených bezobratlých tvořil podkmén Crustacea zastoupen pouze druhem *Asellus aquaticus*. Velice významnou skupinu v systému tvořili měkkýši (Mollusca), kteří byli nejvíce zastoupeni druhem



*Lymnaea peregra* a pijavky (Hirudinea). Pijavky byly zastoupeny především druhem *Erpobdella octoculata*. Za zmínku také stojí skupina žahavců (Cnidaria), které zastupoval pouze rod *Hydra* sp. V případě temporální fauny to byly pakomáři (Chironomidae), kteří současně měli i největší taxonomickou rozmanitost, nejvíce početné byly taxony *Cricotopus bicinctus* a *Rheotanytarsus* sp. Za pakomáry pak následovali chrostíci (Trichoptera), jepice (Ephemeroptera), brouci (Coleoptera) a pošvatky (Plecoptera). V systému se objevovali běžní podmínkám odpovídající zástupci vodní bioty.

Počet taxonů se pohyboval od 37 do 48 taxonů. Nejvyšší stupeň diverzity byl sledován ze začátku měsíce června ( $H' = 2,183$ ) současně zde byl i nejvyšší index ekvitability s hodnotou  $E = 0,429$ .

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

ADAMUS, A., 2008: Recirkulační systémy v chovu ryb – principy a perspektivy. Brno. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Jan Mareš

ANDERSON J. T., SMITH L. M., 2003: Persistence and colonization strategie of playa wetland invertebrates. *Hydrobiologia* 513: 77-86.

BERAN, L. 1998: *Vodní měkkýši ČR*. Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 17, Vlašim, 113 s.

BLANCHETON, J.P., PIEDRAHITA, R., EDING, E.H., ROQUE D'ORBCASTEL, E., LEMARIE, G., BERGHEIM, A., FIVELSTAD, S., 2007: *Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems*. In: *Aquaculture Engineering and Environment*, (Chapter 2).

BREGNBALLE, J., 2010: *A guide to recirculation aquaculture*. Eurofish, Copenhagen, Denmark, 66 s.

ELLIS, T., NORTH, B., SCOTT, A.P., BROMAGE, N.R., PORTER, M., GADD, D., 2002: The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61, 493-531

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2010: *The state of World fisheries and aquaculture 2010*. FAO, Rome. 197 s.

HARTMAN, P., PŘIKRYL. I., ŠTĚDRONSKÝ, E., 2005: *Hydrobiologie*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, ISBN 80-7333-046-6.

HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E., 1997: *Hydrochemie*. Skripta AF MZLU Brno, 106 s.

CHOI, J., KOTAY, S. M., GOEL, R., 2010: Various physico-chemical stress factors cause prophage induction in *Nitrosospira multiformis* 25196 - an ammonia oxidizing bacteria, *Water Research* 44, 4550 - 4558

CHO, K. H., KIM, J.-O., KANG, S., PARK, H., KIM, S., KIM, Y. M., 2014: *Achieving enhanced nitrification in communities of nitrifying bacteria in full-scale wastewater*

*treatment plants via optimal temperature and pH, Separation and Purification Technology*, 132, 697 - 703.

JAMES M. R., WEATHERHEAD M. A., STANGER C., GRAYNOTH E., 1998: *Macroinvertebrate distribution in the littoral zone of lake Coleridge, South Island, New Zealand – effects of habitat stability, wind exposure and macrophytes*. *Marine Freshwater Research* 32: 287–305.

KLOUDOVÁ, J., 2008: *Makrozoobentos Pohořského a Dobečkovského potoka v Novohradských horách*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

KOKEŠ, J., VOJTÍŠKOVÁ, D., 1999: *Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod*. Výzkum pro praxi. VÚV T.G. Masaryka, Praha

KOUŘIL, J., HAMÁČKOVÁ, J., STEJSKAL, V., 2008: *Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb*. Edice Metodik, JU České Budějovice, VÚRH Vodňany, č. 85, 40 s.

KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J., 2014: *Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb*. Certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně, 38 s.

LANG, Š., KOPP, R., BRABEC, T., VÍTEK, T., MAREŠ, J., 2011: *Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb*. V Brně: Mendelova univerzita, ISBN 978-80-7375-597-3.

LANG, Š., KOPP, R., MAREŠ, J., 2015: *Metodika záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb: certifikovaná metodika*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7509-375-2.

LELLÁK, J., KUBÍČEK, F., 1991: *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova Praha, 256 s.

LOSOS, B., 1996: *Klíč k určení larev pakomárovitých (Chironomidae)*. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno, 176 s.

MACMILLAN, R., 1992: *Economic implications of water quality management for a commercial trout farm*. In: BLAKE, J., DONALD, J., MAGETTE, W. (Eds.), National Livestock, Poultry, and Aquaculture Waste Management. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 185–190.

MAREŠ, J., LANG, Š., KOPP, R., BRABEC, T., PFAU R., 2014: *Technologie chovu lososovitých ryb v recirkulačním systému dánského typu: ověřená technologie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-955-1.

MAREŠ, L., ŘEZNÍČKOVÁ, P., MAREŠ, J., 2017: *Metodika eliminace mechovek (Bryozoa) v rybochovných zařízeních*. Certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně

MILNER A. M., 1994: *Colonization and succession of invertebrate communities in a new stream in Glacier Bay National Park, Alaska*. Freshwater Biology 32: 387–400.

MOZES, N., ESHCHAR, M., CONIJESKI, D., FEDIUK, M., ASHKENAZY, A., MILANEZ, F., 2002: *Marine water recirculating systems in Israel-performance, production cost analysis and rationale for desert conditions*. In: RAKESTRAW, T., DOUGLAS, L., FLICK, G. (Eds.), Proceeding of the Fourth International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, VA, USA, July 18–21, 2002, 404–413

NIEDOBOVÁ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, P., 2014: *Odchytové a odběrové metody bezobratlých*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-983-4.

PFAU, R., 2013: *Pětiletý provoz recirkulačního systému firmy Biofish s.r.o. v Pravíkově*. MAREŠ, J., LANG, Š., 2013: *Zkušenosti s chovem ryb v recirkulačním systému dánského typu*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 29-35 s. ISBN 978-80-7375-919-3.

PITTER, P., 2009: *Hydrochemie*. VŠCHT Praha. 592 s.

RESLOVÁ, M., SIMON, O. 2015: *Ploštěnky – opomíjení obyvatelé našich vod*. Živa 5/2015. Academia

ROBOTKOVÁ, M. 2015: *Studijní materiály k terénnímu cvičení ze zoologie – bezobratlí*. Diplomová práce, Masarykova univerzita Brno, 166 s.

SHANNON, C. E. A WEAVER, W., 1963: *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana

SHELDON, A. L., 1969: *Equitability indices: Dependence on the species count*. *Ecology* 50: 466-467

SCHENKOVÁ, J., 2015: *Kde všude žijí máloštětinatí opaskovci?*. *Živa* 5/2015. Academia

SMOCK L. A., 1994: *Movements of invertebrates between stream channels and forested floodplains*. *Journal of the North American Benthological Society* 13: 524–531.

SMOCK L. A., 1999: *Riverine floodplain forests of the southeast United States*, 137–164 s. In: BATZER D. P., RADER R. B., WISSINGER S. A. (eds): *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: ecology and management*. John Wiley and Sons, New York.

SPURNÝ, P., MAREŠ J., KOPP R., ŘEZNÍČKOVÁ P., 2015: *Hydrobiologie a rybářství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7509-345-5.

SUMMERFELT, S.T., DAVIDSON, J.W., WALDROP, T.B., TSUKUDA, S.M., BEBAK-WILLIAMS, J., 2004: A partial-reuse system for coldwater aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 31, 157-181.

SYCHRA, J., SCHENKOVÁ, J., 2009: *Pijavice České republiky na počátku 21. století*. *Živa* 6/2009. Academia

SVOBODOVÁ, Z. (ed.) 1987: *Toxikologie vodních živočichů*. MTZ Olomouc, 232 ss.

ŠÁLEK M., RŮŽIČKA J., MANDÁK B., 2005: *Ekologie*. Lesnická práce, Praha. 121 s.

TIMMONS, M.B., EBELING, J.M., WHEATON, F.W., SUMMERFELT, S.T., VINCI, B.J., 2002: *Recirculating Aquaculture System*. 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, USA, 800 s.

TRONSTAD L. M., TRONSTAD B. P., BENKE A. C., 2007: *Aerial colonization and growth: rapid invertebrate responses to temporary aquatic habitats in a river floodplain*. *Journal of the North American Benthological Society* 26(3): 460-471.

VACHTA, R., NUSL, P., SMÉKAL, D., LEPIČ, P., BUŘIČ, M., 2015: *Recirkulační systémy*. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany

VÍTEK, T., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J., 2011: *Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu: certifikovaná metodika*. V Brně: Mendelova univerzita, ISBN 978-80-7375-571-3.

## **8 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Pohled na filtrační část recirkulačního zařízení Pravíkov (foto: L. Mareš), str. 16

Obr. 2: Pohled na chovné žlaby recirkulačního zařízení Pravíkov, (foto: L. Mareš), str. 17

Obr. 3: Zobrazení odběrových míst v systému (Vítek a kol., 2011), str. 23

Obr. 4: Odběrové místo – přítok (foto: L. Mareš), str. 24

Obr. 5: Odběrové místo – stěna (foto: L. Mareš), str. 24

Obr. 6: Odběrové místo – odtok (foto: L. Mareš), str. 25

Obr. 7: Odběrová síťka opatřená kovovým břitem (foto: L. Mareš), str. 26

Obr. 8: Odběr vzorků ze dna odtokového kanálu (foto: L. Mareš), str. 26

## **9 SEZNAM TABULEK**

Tab 1: Stupnice diverzity dle Kloudové (2008), str. 28

Tab 2: Minimální, maximální a průměrné hodnoty abiotických faktorů vody ve sledovaném systému v průběhu vzorkování, str. 28

Tab 3: Přehled taxonů zaznamenaných na jednotlivých odběrových místech v recirkulačním systému v Pravíkově, str. 37



## **10 SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Počet taxonů a abundance – stěna, str. 30

Graf 2: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – stěna, str. 31

Graf 3: Počet taxonů a abundance – přítok, str. 32

Graf 4: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – přítok, str. 33

Graf 5: Taxonomické zastoupení a abundance – odtok, str. 34

Graf 6: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – odtok, str. 35

Graf 7: Počet taxonů a abundance – celková, str. 36

Graf 8: Procentuální zastoupení vodních bezobratlých – celkem, str. 37

Graf 9: Index diverzity, str. 39

Graf 10: Index ekvitability, str. 40