

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Vliv perifytonu na rozvoj bentosu v rybnících

Autor: Marek Urbánek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Bláha, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.

Studijní program a obor: Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2015

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

Marek Urbánek

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu Ing. Martinu Bláhovi, Ph.D., a konzultantce RNDr. Ireně Šetlíkové, Ph.D., za metodické vedení, odbornou pomoc a poskytnuté cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Rovněž děkuji za jejich ochotu, vstřícnost a trpělivost.

Tato práce vznikla za finanční podpory pilotního projektu VÚRH JU č. CZ.1.25/3.4.00/13.00460.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek URBÁNEK**
Osobní číslo: **V12B031P**
Studijní program: **B1601 Ekologie a ochrana prostředí**
Studijní obor: **Ochrana vod**
Název tématu: **Vliv perifytonu na rozvoj bentosu v rybnících**
Zadávající katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

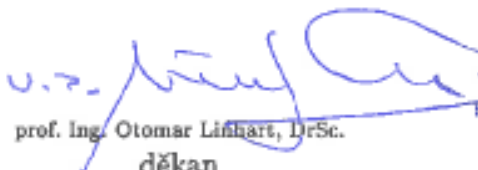
Cílem práce bude vyhodnotit vliv dvou různých substrátů pro rozvoj perifytonu na složení a kvantitu zoobentosu v pokusných rybnících s odchovem plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Perifyton, někdy také nazýván fytobentos, je společenstvo významných primárních producentů porůstající ponořené substráty. Krom toho také slouží jako příhodné útočiště a zároveň potrava pro mnoho ostatních organismů, stojí obvykle na začátcích potravních řetězců. V přehledové části by se měl student zaměřit na charakteristiku společenstva perifytonu, co jej tvoří a jaký vliv má na okolní vodní prostředí, potažmo na společenstvo makrozoobentosu. Předmětem pokusu bude především odběr vzorků makrozoobentosu na pokusných rybnících a jejich vyhodnocení pod binokulární lupou.

Rozsah grafických prací: 5 stran
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- Azim, M. E., Wahab, M. A., Biswas, P. K., Asaeda, T., Fujino, T., Verdegem, M. C. J. 2004. The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. *Aquaculture* 232, 441-453s.
- Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam A. A., Beveridge, M. C. M. (eds). 2005 *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, 352s. ISBN: 0851990967
- Hann, B. J. 1991. Invertebrate grazer-periphyton interactions in a eutrophic marsh pond. *Freshwater biology* 26, 87-96s.
- Milstein, A. 2012. Periphyton-based aquaculture: underwater hard surfaces in ponds promote development of natural food for fish. *Indian Journal of Social and Natural Sciences* 1, 93-99s.
- Orendt, C. & Spies, M. 2012. Chironomini (Diptera, Chironomidae, Chironominae) Key to Central European larvae using mainly macroscopic characters. Second, revised edition - Leipzig, 64s.
- Rozkošný, R., Ježek, J., Knoz, J., Kramář, J., Krampl, F., Kubíček, F., Lellák, J., Minář, J., Pokorný, P., Raušer, J., Sedlák, E., Špačková, V., Štusák, M. J., Zelený, J., Zelinka, M. 1980: Klíč vodních larev hmyzu. Československá akademie věd. Praha, 521s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Bláha, Ph.D.
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
Konzultant bakalářské práce: RNDr. Irena Šetlíková, Ph.D.
Katedra biologických disciplin

Datum zadání bakalářské práce: 14. února 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2015


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRÁNY VOD
ZÁBI 728/II
389 25 Vodňany (2)


doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2014

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1. Obecná charakteristika perifytou.....	10
2.2. Taxonomická a morfologická struktura perifytou.....	10
2.3. Faktory ovlivňující růst a vývoj perifytou.....	11
2.3.1. Vliv substrátu.....	11
2.3.2. Nejdůležitější živiny, teplota vody, vliv osvětlení a rozpuštěného kyslíku...	12
2.3.3. Ovlivnění mikrobiálních řas přítomností bakterií a hub.....	13
2.3.4. Vliv proudění vody a vln.....	13
2.4. Vliv perifytou na okolní prostředí a jeho využití v akvakultuře.....	14
2.5. Obecná charakteristika bentosu.....	16
2.6. Ekologie zoobentosu.....	17
2.6.1. Zoobentos dna stojatých vod.....	17
2.6.2. Fytofilní zoobentos.....	17
2.6.3. Výsledky některých experimentů studujících fytofilní zoobentos.....	19
2.6.4. Zoobentos v rybnících.....	20
2.7. Charakteristika hlavních organismů v zoobentosu stojatých vod.....	20
2.7.1. Hmyz (Insecta).....	20
2.7.1.1. Dvoukřídli (Diptera).....	20
2.7.1.2. Jepice (Ephemeroptera).....	22
2.7.1.3. Vážky (Odonata).....	22
2.7.1.4. Střechatky (Megaloptera).....	22

2.7.1.5. Brouci (Coleoptera).....	22
2.7.1.6. Chrostíci (Trichoptera).....	23
2.7.1.7. Ploštice (Heteroptera).....	23
2.7.2. Kroužkovci (Annelida).....	23
2.7.2.1. Máloštětinatci (Oligochaeta).....	23
2.7.2.2. Pijavice (Hirudinea).....	24
2.7.3. Měkkýši (Mollusca).....	24
2.7.4. Korýši (Crustacea).....	25
3. Materiál a metodika.....	26
3.1. Schéma pokusu.....	26
3.2. Rozdělení pokusu na jednotlivé fáze.....	27
3.2.1. První fáze.....	27
3.2.2. Druhá fáze.....	28
3.3. Odběry vzorků zoobentosu a jejich fixace.....	28
3.3.1. Odběry substrátového zoobentosu.....	28
3.3.2. Odběry dnového zoobentosu.....	30
3.4. Laboratorní zpracování vzorků zoobentosu.....	31
3.5. Zpracování dat.....	31
3.5.1. Souhrnné tabulky.....	31
3.5.2. Statistické vyhodnocení.....	32
4. Výsledky.....	34
4.1. První fáze pokusu.....	34
4.1.1. Substrátový zoobentos.....	34

4.1.2. Dnový zoobentos.....	37
4.1.3. Porovnání substrátového a dnového zoobentosu v první fázi pokusu.....	40
4.2. Druhá fáze pokusu.....	41
4.2.1. Substrátový zoobentos.....	41
4.2.2. Dnový zoobentos.....	44
4.2.3. Porovnání substrátového a dnového zoobentosu ve druhé fázi pokusu.....	48
5. Diskuze.....	49
5.1. První fáze pokusu.....	49
5.1.1. Substrátový zoobentos.....	49
5.1.2. Dnový zoobentos.....	50
5.2. Druhá fáze pokusu.....	52
5.2.1. Substrátový zoobentos.....	52
5.2.2. Dnový zoobentos.....	53
6. Závěr.....	55
7. Seznam použité literatury.....	56
8. Seznam příloh.....	61
9. Přílohy.....	62
10. Abstrakt.....	71
11. Abstract.....	72

1. Úvod

Akvakultura je v současnosti jedním z nejrychleji se rozvíjejících sektorů živočišné výroby (Azim a kol., 2005). V důsledku tohoto masivního rozvoje jsou v akvakultuře celosvětově stále větší nároky na podporu rybí produkce. To vede ke hledání nových způsobů, kterými je v chovných zařízeních možno efektivně zvyšovat produkci ryb anebo jiných hospodářsky významných vodních živočichů, ale které jsou zároveň cenově výhodnější než aplikace doplňkových krmiv. Dále je v akvakultuře kladen stále větší důraz na ekologické hospodaření (Verdegem a kol., 2005).

Velmi vhodným řešením pro splnění těchto kritérií se v současné době zdá být zvyšování produkce přirozené potravy ryb na základě podpory rozvoje perifytonu v rybnících. Perifyton může být využíván jako přímý zdroj potravy pro některé druhy ryb a také jako zdroj potravy pro bentické živočichy. Zoobentos je rovněž konzumován mnohými druhy ryb a jeho zvýšený rozvoj tedy vede ke zvětšení potravní základny pro tyto ryby.

Chov hospodářsky významných vodních živočichů, založený na primární produkci perifytonu, je nejčastěji provozován v asijských zemích, především v Číně, Indii, Indonésii, Bangladéši, Thajsku a Vietnamu, odkud pochází zhruba 90 % celosvětové produkce akvakultury (Azim a kol., 2005).

Tato bakalářská práce je součástí pilotního projektu VÚRH JU č. CZ.1.25/3.4.00/13.00460. Jejím cílem je vyhodnotit vliv dvou různých umělých substrátů pro rozvoj perifytonu na asociovaná společenstva zoobentosu v pokusných rybnících s odchovem plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Práce zahrnuje i vyhodnocení vzorků společenstev zoobentosu, získaných ze dna rybníků.

Společenstva bentických živočichů z obou variant umělých substrátů i ze dna rybníků jsou hodnocena z hlediska početnosti jedinců, množství biomasy a druhové diverzity. Analýzou získaných údajů je zjištěno, zda a jakým způsobem se společenstva jednotlivých biotopů mezi sebou liší.

2. Literární přehled

2.1. Obecná charakteristika perifytonu

Termín perifyton zahrnuje celý komplex vodních organismů přisedlých na ponořených substrátech. Tyto organismy mohou být přisedlé trvale nebo dočasně. V širším smyslu slova patří do společenstva perifytonu řasy a sinice, bakterie, houby, prvoci, přisedlý zooplankton a jiní bezobratlí. Nedílnou součástí perifytálních nárostů je také detritus. Pro toto společenstvo byl dříve často užíván německý výraz „aufwuchs“ (Azim a kol., 2005; van Dam a kol., 2002). V současnosti je ale již používán jen zřídka a je nahrazován termínem „biofilm“ (Kalff, 2002). Jiná definice, užívaná v klasické limnologii, uvádí perifyton jako společenstvo mikroflóry, žijící přisedle na ponořených substrátech (Wetzel, 1983). Tato definice tedy zahrnuje pouze společenstvo řas a sinic, nikoli bakterie, houby, prvoky a větší vodní bezobratlé, kteří sice žijí přichyceni na povrchu ponořených substrátů anebo se po jejich povrchu volně pohybují, ale nejsou do substrátu infiltrováni (Reid a Wood, 1976; Weitzel, 1979). Perifyton je také někdy nazýván mikrofyto Bentosem (Graham a Wilcox, 2000). Dalším používaným termínem je „euperiphyton“. Označuje organismy přichycené k podkladu pomocí stonků, rhizoidů či jiných podobných mechanismů. Termín „pseudoperiphyton“ nebo „metaphyton“ označuje organismy, které jsou mobilní a mohou se v perifytonu volně pohybovat, jinými slovy lézt po podkladu (Weitzel, 1979). Společenstva perifytonu je možno nacházet ve vodních útvarech po celém světě. Žijí v malých rybnících i v oceánech. Vyskytují se rovněž ve vodách všech trofických úrovní, od silně oligotrofních vod až po vody silně eutrofní (Azim a Asaeda, 2005).

2.2. Taxonomická a morfologická struktura perifytonu

Pokud je perifyton brán jako společenstvo mikroflóry, pak je v podstatě modifikovanou formou fytoplanktonu (Reid a Wood, 1976). V širší definici se na perifyton pohlíží jako na kombinaci autotrofních a heterotrofních mikroorganismů (Wetzel, 2005).

Autotrofní složku společenstva tvoří řasy (Algae) a sinice (Cyanobacteria). V perifytonu se vyskytuje mnoho skupin perifytálních řas, nicméně ve vnitrozemských vodách všech zeměpisných šířek jsou ve společenstvech dominantními různé skupiny rozsivek (*Bacillariophyceae*) a zelených řas (Chlorophyta). Hojně zastoupeny jsou také

sinice (Moss, 1988; Kalff, 2002). Největší biomasu mají často rozsivky, ačkoliv v některých případech mohou v perifytonu převládat i zelené řasy nebo sinice (Azim a Asaeda, 2005; Moss, 1988). Na rozdíl od svých planktonních příbuzných mají perifytální řasy různé morfologické adaptace, které jim umožňují přichytit se k povrchu substrátu. Různé skupiny řas jsou pro přisedlý způsob života přizpůsobeny různým způsobem. Mezi běžné morfologické struktury, které umožňují perifytálním organismům přichycení na podklad, patří stonky s lepivými konci nebo lepidivé kapsule, polštářky či vlákna. Některé organismy mohou být rovněž přichyceny pomocí přísavných polštářků nebo rhizoidů (Reid a Wood, 1976).

Heterotrofní složka perifytonu je tvořena bakteriemi, mikroskopickými houbami a také prvky. V bakteriální složce sladkovodních biofilmů dominují betaproteobakterie a alfa proteobakterie. Z prvků jsou zpravidla dominantní bičíkovci (Flagellata), měňavky (Amoebae) a nálevníci (Ciliophora). Ve většině vodních ekosystémů mají společenstva perifytonu autotrofní i heterotrofní část, nicméně nárosty v hlubokých neprosvětlených vodách jsou tvořeny výhradně heterotrofními organismy. Jednotlivé složky v perifytonu se navzájem ovlivňují (Rulík a kol., 2013; Wetzel, 2005). Bakterie a mikroskopické řasy navíc vylučují slizovitou hmotu, která ve větším množství tvoří matici, pomáhající mikroorganismům udržet se na podkladu (Graham a Wilcox, 2000; Rulík a kol., 2013).

2.3. Faktory ovlivňující růst a vývoj perifytonu

Taxonomická diverzita a abundance perifytonu se během vegetační sezóny mění a je podmíněna velkým množstvím faktorů okolního prostředí (Azim a Asaeda, 2005; Kalff, 2002). Vzhledem k velké různorodosti perifytálních organismů nepůsobí environmentální podmínky na všechny složky společenstva stejným způsobem. Mezi faktory, které jsou běžně považovány za limitující či důležité pro vývoj společenstev, patří typ vodního tělesa, typ substrátu, (Weitzel, 1979), světelné podmínky prostředí, predační tlak, dostupnost živin (Kalff, 2002), pH a teplota vody, obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, salinita a fyzikální disturbance (Weitzel, 1979).

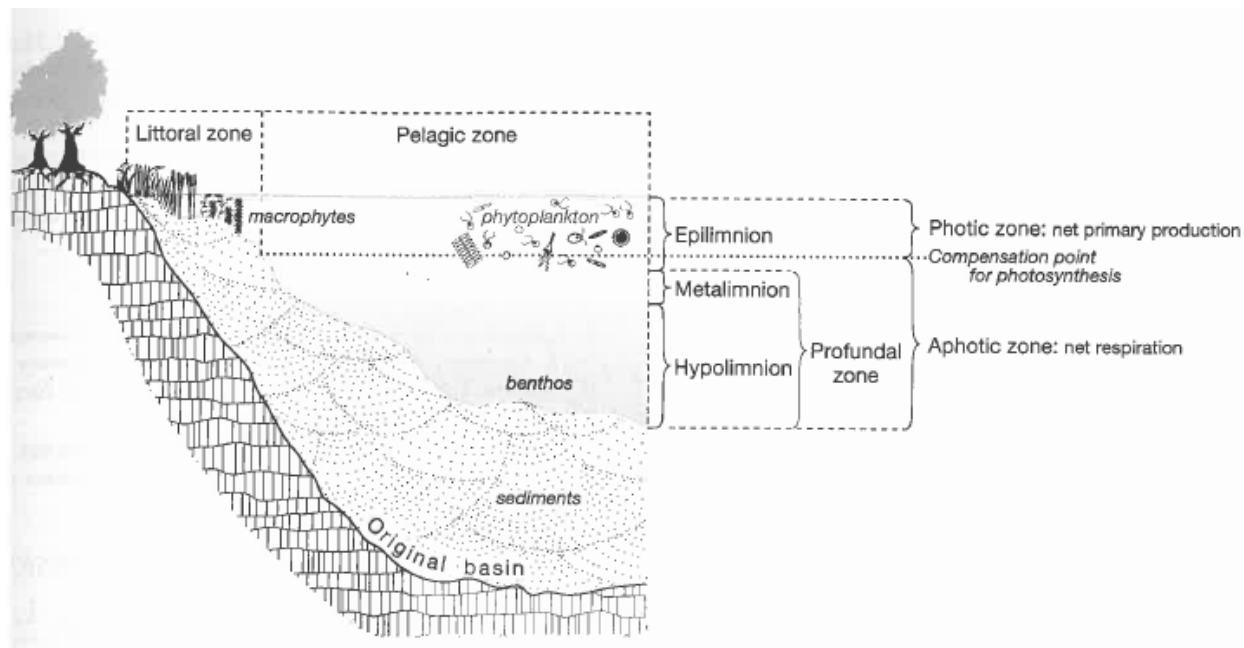
2.3.1. Vliv substrátu

Jako substrát pro rozvoj perifytonu může posloužit prakticky jakýkoli materiál ponořený ve vodě. Perifyton se vytváří například na povrchu kamenů, na dřevěných či železných konstrukcích nebo na povrchu vyšších vodních rostlin atp. (Fott, 1956;

Hartman a kol., 1998). Podle typu substrátu, na kterém roste, může být společenstvo perifytonu označováno různými synonymy. Nárůst na povrchu bahnitých sedimentů jsou označovány jako epipelon, na dřevě jako epixylon, na kamenech jako epilithon a na písku jako epipsammon. Nárůst na povrchu vyšších vodních rostlin jsou označovány jako epiphyton (Azim a kol., 2005). Kalff (2002) uvádí, že epilithon a epiphyton získává v naprosté většině případů živiny z okolní vody a v případě jejich dostatečného množství a za příznivých světelných podmínek vykazuje velké zvýšení produkce. Moss (1988) však uvádí, že epiphyton získává živiny i z organických sloučenin, které jsou vylučovány makrofyty, na nichž se epiphytální nárůsty nacházejí. Sloučeniny jsou snadno využitelné pro některé řasy a pro bakterie a přispívají tak ke stimulaci růstu epiphytálních společenstev. Nicméně příjem živin, vylučovaných makrofyty, ovlivňuje rozvoj epiphytonu pouze v málo úživné vodě a ve vodách bohatých na živiny je nepodstatný. Epipelon může získávat živiny difúzí ze sedimentů. Koncentrace živin v sedimentech je obvykle řádově vyšší než ve vodním sloupci a proto epipelon nebývá limitován jejich nedostatkem (Kalff, 2002).

2.3.2. Nejdůležitější živiny, teplota vody, vliv osvětlení a rozpuštěného kyslíku

Mikrobiální řasy potřebují ke svému růstu dostatek dusíku a fosforu. Jejich taxonomická struktura je také výrazně ovlivňována dostupností křemíku, který je důležitým prvkem pro tvorbu schránek rozsivek. Jeho dostatek či nedostatek ve vodním ekosystému tedy přímo ovlivňuje abundanci rozsivek. Na rozvoj řas a jejich druhové zastoupení ve společenstvu má vliv také teplota vody. Pro různé druhy jsou optimální různá teplotní rozmezí. Jako fotoautotrofní organismy potřebují perifytální řasy také dostatek světla (Vermaat, 2005). Ve vodních nádržích se z tohoto důvodu vyskytují především v příbřežním (litorálním) pásmu nebo na předmětech v pelagiálu (Obr. 1), které se nacházejí blízko hladiny (Goldsborough a kol., 2005). Jak je již uvedeno v kapitole 2.2., perifyton (biofilm) v hlubokých neprosvětlených vodách je tvořen pouze heterotrofními organismy (Wetzel, 2005). V závislosti na obsahu rozpuštěného kyslíku mohou být tyto živočichové aerobní nebo fakultativně či zcela anaerobní (Vermaat, 2005).



Obr. 1: Schéma horizontálního a vertikálního členění vodní nádrže v období letní stratifikace (převzato z Kalff, 2002).

2.3.3. Ovlivnění mikrobiálních řas přítomností bakterií a hub

Bakterie a mikrobiální houby jsou obecně považovány za významnou složku vodních ekosystémů, jelikož metabolicky transformují detritus a rozpuštěné organické sloučeniny a tvoří tak základ pro strukturu a dynamiku koloběhu živin a energií ve vodách (Wetzel, 1983). Rozkladem detritu se do vodního sloupce uvolňují anorganické nutriety (především fosfáty a sloučeniny dusíku), které jsou využitelné autotrofními organismy (Milstein, 2012). Ve společenstvech perifytonu, kde jsou přítomné i řasy, konzumují bakterie a houby detritus z jejich odumřelých buněk. Na druhé straně produkují oxid uhličitý. Bakterie vylučují i některé organické mikronutrienty, jako jsou vitamíny a některé enzymy. Tyto sloučeniny mohou následně využít řasy pro svůj vlastní růst (Wetzel, 1983, 2005).

2.3.4. Vliv proudění vody a vln

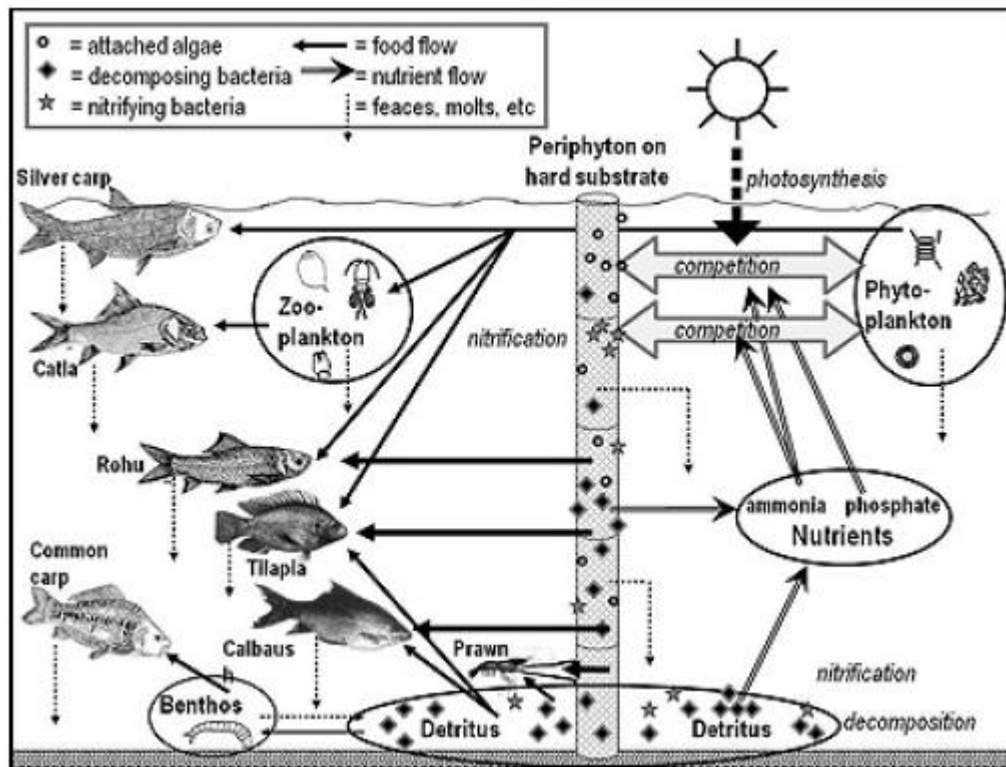
Přísun živin, potřebných pro růst perifytonu může být negativně ovlivňován velkou rychlostí toku vody v potocích a řekách nebo povodňovými průtoky a také velkými vlnami v mělkých stojatých vodách. Tyto podmínky způsobují odnos živin z příslušného habitatu perifytonu a také narušují rovnováhu mezi akumulací a odnosem perifytální biomasy. Slaběji přichycené organismy mohou být v případě vln či rychlých

průtoků odtrhávány od substrátu a to vede k poškození celého společenstva (Graham a Wilcox, 2000). Z tohoto důvodu se společenstva perifytonu často úspěšněji vyvíjejí v různých prasklinách nebo prohlubních a jiných chráněných částech živých i neživých substrátů, než na místech nechráněných před výše zmíněnými vlivy (Burkholder, 1996).

2.4. Vliv perifytonu na okolní prostředí a jeho využití v akvakultuře

Perifyton je velmi důležitou složkou vodních ekosystémů. Je součástí primární produkce a významně přispívá k fotosyntetické fixaci uhlíku. Podílí se také na cirkulaci uhlíku, ostatních živin a energií v akvatických potravních sítích. V mnoha vodních tělesech přispívá perifyton k celkové primární produkci více než fytoplankton a v takovýchto vodách je tedy její hlavní složkou. Převaha primární produkce perifytonu nad produkcí fytoplanktonu bývá především v mělkých vodních nádržích a mělkých vodních tocích (Azim a kol., 2005; Graham a Wilcox, 2000). Dalším přínosem perifytálních řas je, že díky své schopnosti fotosyntézy uvolňují do vodního sloupce kyslík (Milstein, 2012).

Perifyton je také výborným indikátorem změn životního prostředí. Dále je využíván ke zlepšení kvality vody ve vodních nádržích a v technologii čištění odpadních vod (Azim a kol., 2005). Jako součást primární produkce je perifyton nepostradatelným zdrojem potravy pro vyšší trofické úrovně. Je požírán širokým spektrem „pasoucích se“ vodních organismů všech velikostních kategorií. Může být lehce spásán drobnými bezobratlými, rybami a garnáty. Z tohoto důvodu je využíván v akvakultuře jako přímý zdroj potravy pro některé druhy ryb a pro larvy koryšů (Azim a kol., 2005; Graham a Wilcox, 2000), ale především jako základ celé potravní sítě v příslušném vodním tělese (Obr. 2). Produkce perifytonu tak vede k rozvoji větších vodních bezobratlých, kteří mohou následně také sloužit jako potrava pro ryby (Schroeder a kol., 1990).



Obr. 2: Schéma potravní sítě a toku živin v rybničním ekosystému, založeném na primární produkci perifytonu (převzato z Milstein, 2012).

V tradiční rybniční akvakultuře jsou dominantními primárními producenty planktonní řasy (Milstein, 2012). Nicméně podpora rozvoje perifytonu v chovných rybnících je výhodná hned z několika důvodů. Především jde o poměrně levnou a efektivní metodu, která zvyšuje produkci ryb (Azim a kol., 2004). Běžně se pro zvýšení této produkce užívají doplňková krmiva, která jsou přidávána do rybníků. Tato krmiva jsou ale poměrně drahá. Jelikož naprostá většina světové produkce akvakultury pochází z chudých asijských zemí (Čína, Indie, Indonesie, Thajsko, Vietnam), bylo nezbytné najít levnější způsoby pro zvýšení rybí produkce. Možným řešením je podpora rozvoje přirozené potravy ryb. Té lze docílit v důsledku zvýšeného rozvoje perifytonu v chovných zařízeních (Azim a kol., 2004; Milstein, 2012). Další výhodou je, že ryby jsou často schopné požírat perifytální nárosty efektivněji v porovnání s filtrací fytoplanktonu z vodního sloupce (Dempster a kol., 1993).

V důsledku hledání levných technologií, které zvyšují produkci akvakultury, bylo vybudováno mnoho systémů pro chov ryb a korýšů, jejichž základem jsou umělé substráty pro perifyton instalované ve vodních tělesech (van Dam a kol., 2002). Přínos substrátů pro rybí produkci byl potvrzen Azimem a jeho spolupracovníky (Azim a kol.,

2002, 2004), kteří prováděli experimenty v Bangladeši. Přímé porovnání rybníků se substráty a bez substrátů ukázalo, že v rybnících se substráty pro perifyton byla vyšší produkce ryb (o 71 - 186 %) než v rybnících bez substrátů (van Dam a Verdegem, 2005).

Umělé substráty pro rozvoj perifytonu se umisťují vertikálně do vodního sloupce (Azim a kol., 2004; Milstein, 2012). Mohou být vyrobeny z nejrůznějších materiálů v závislosti na tom, jaký materiál je v dané lokalitě dostupný (Milstein, 2012). V Indii, Bangladeši a jiných tropických zemích jsou nejčastěji používané bambusové stonky nebo větve (Azim a kol., 2002). Nicméně bambus občas bývá i v těchto oblastech pro akvakulturu nedostupný. Z tohoto důvodu byly provedeny experimenty i s jinými přírodními materiály, jako například s větvemi stromů, palmovými listy, slámou z rýže nebo jutou, které by mohly bambusové substráty nahradit. Rovněž je možno použít substráty z uměle vyrobených materiálů. Byly testovány desky či trubky z PVC, síťka proti komárům, sklolaminát, zahradní síťovina atd. (Milstein, 2012). Na substrátech z přírodních materiálů (biologicky rozložitelných substrátech) roste perifyton většinou lépe, než na substrátech syntetických. To je způsobeno vyluhováním živin z povrchů rozložitelných přírodních materiálů (van Dam a kol., 2002). Na druhou stranu substráty, které se rozkládají příliš rychle, mohou v příliš velkých denzitách zhoršit kvalitu vody v důsledku odčerpání velkého množství kyslíku (Milstein, 2012).

Pokus provedený Keshavanathem a kol. (2001) prokázal, že perifyton se lépe rozvíjí na substrátech z bambusu než na trubkách z PVC. Nicméně některé nerozložitelné substráty mohou být pro rozvoj perifytonu stejně dobře použitelné jako substráty biologicky rozložitelné (Keshavanath a Gangadhar, 2005). V případě syntetických substrátů je více perifytonu pozorováno na zvrásněných substrátech (síťovina) než na substrátech hladkých, protože na zvrásněných se mohou organismy lépe přichytit (Milstein, 2012).

2.5. Obecná charakteristika bentosu

Bentos je biocenóza stojatých i tekoucích vod vázaná na podklad. Patří do ní mikroorganismy, na dně zakořeněné nebo na jiný podklad upevněné rostliny, a živočichové (Hartman a kol., 1998). Termín bentos vzniknul z řeckého slova „bénthos“, které je označením pro dno (Wetzel, 1983). Bentické organismy mohou žít jak zahrabáni v substrátu (v bahně, v písku nebo jiném podkladu), tak se mohou po povrchu

substrátu pohybovat nebo k němu být přichycené. Za bentické organismy se také považují druhy organismů, které mohou volně plavat v blízkosti dna (Lampert a Sommer, 1997). Definice bentosu se tedy částečně překrývá s pojmem „aufwuchs“ i s definicí perifytonu. V současnosti je na bentos často pohlíženo pouze jako na společenstvo živočichů asociovaných k substrátu (Wetzel, 1983).

Je mnoho pohledů, jak můžeme bentické organismy hodnotit. Nejzákladnější rozdělení je pravděpodobně na fytobentos, tedy společenstvo řas i vyšších rostlin, a zoobentos, tedy organismy různých velikostí a trofických úrovní. Podle velikosti je možno rozlišovat mikrobentos (do velikosti 0,1 mm), mesobentos (0,1 až 2 mm) a makrobentos (nad 2 mm). První dvě kategorie jsou však často slučovány a označovány jako mikrobentos (Hartman a kol., 1998).

2.6. Ekologie zoobentosu

2.6.1. Zoobentos dna stojatých vod

Z hlediska potravního řetězce je zoobentos jedním z prvků sekundární produkce. Na dně stojatých vod, především rybníků, je z 90 až 95 % tvořen larvami pakomárů (Chironomidae) a máloštětinatci z čeledi Tubificidae (Adámek a kol., 2010). Organismy dnového zoobentosu jsou převážně detritovorní a na dně stojatých vod závisí jejich rozvoj z velké části na přísunu potravy z pelagiálu (mrtvý plankton). Z tohoto důvodu je méně oživeno dno hlubokých nádrží, protože část uhynulých planktonních organismů je přímo v pelagiálu mineralizována a na dno tedy dopadne méně potravy než v případě mělkých vod. V mělkých nádržích může být malé oživení dna zoobentosem způsobeno omezením biomasy fytoplanktonu, v důsledku masivního rozvoje velkých perlooček nebo nedostatkem kyslíku ve vodě a také predací ryb (Hartman a kol., 1998).

2.6.2. Fytofilní zoobentos

Jako fytofilní (tj. rostlinofilní) jsou označováni živočichové, kteří ke svému životu vyhledávají rostliny (Jakrllová a Pelikán, 1999). Organismy fytofilního zoobentosu tedy žijí na stoncích a listech vyšších vodních rostlin nebo v jejich těsné blízkosti (Feldman, 2001). Makrofyta slouží bentickým živočichům jako habitat a perifytální nárosty na jejich povrchu jsou pro tyto živočichy důležitým zdrojem potravy (Kalff, 2002).

Největší druhová diverzita zoobentosu je v litorálním pásmu vodních nádrží (Lampert a Sommer, 1997). Toto pásmo je charakterizováno jako příbřežní prosvětlená zóna bentálu (tj. prostředí na dně vodních útvarů) s velmi proměnlivými podmínkami prostředí (Lellák a Kubíček, 1991). Podmínky jsou zde oproti pelagiálu rozmanitější a existence mnoha mikrohabitatů umožňuje druhově bohaté složení zoobentosu (Lampert a Sommer, 1997; Schubert a Lellák, 1973). Na tvorbu mikrohabitatů mají významný vliv právě pokryvy vodních makrofyt, protože ve svém okolí ovlivňují prostupnost světla do vodního sloupce, pH a teplotu vody a obsah rozpuštěného kyslíku (Yanygina, 2013). Různé druhy rostlin působí na své okolí jiným způsobem a asociovaná společenstva zoobentosu tedy zpravidla mají na odlišných rostlinných druzích také odlišný charakter ve vlastním druhovém složení, poměrném zastoupení jednotlivých druhů či v množství biomasy (Walker a kol., 2013). Vodní rostliny navíc slouží bentickým živočichům jako úkryt a poskytují jim tak jistou ochranu před většími predátory a také zmírňují dopady disturbancí v podobě velkých vln (Yanygina, 2013). Z těchto důvodů jsou makrofyta i vhodným substrátem pro vývoj vajíček zoobentických organismů (Walker a kol., 2013). V habitatech s vodními rostlinami je zpravidla větší abundance a druhová bohatost zoobentosu, než v habitatech bez nich, a to jak v případě fauny asociované přímo na rostlinách, tak i v sedimentu na dně mezi makrofyty (Gilinsky, 1984; Orth a kol., 1984).

Ve fytofilním zoobentosu se vyskytují především menší druhy larev pakomárů (Chironomidae), dále larvy chrostíků (Trichoptera), larvy jepic (Ephemeroptera), menší druhy máloštětinatců (Oligochaeta), vodní plži (Gastropoda) a v menších početnostech i jiné skupiny živočichů (Graham a Wilcox, 2000; Kalff 2002). Organismy fytofilního zoobentosu jsou převážně herbivorní a spásají perifyton na povrchu substrátu (Wetzel, 1983). Podle způsobu získávání potravy jsou děleny na několik skupin. Mezi nejhojněji zastoupené skupiny patří seškrabávači, sběrači a drtiči (Graham a Wilcox, 2000). Nicméně mnoho živočichů spásajících perifyton může využívat i jinou potravu (Steinman, 1996), nejčastěji detritus. Nedílnou součástí společenstev zoobentosu jsou i dravé organismy (Yanygina, 2013). Perifyton může být fytofilním zoobentosem konzumován jak na makrofytech, tak i na umělých substrátech, instalovaných ve vodě. (Cattaneo, 1983).

2.6.3. Výsledky některých experimentů studujících fytofilní zoobentos

Pro rozvoj fytofilního zoobentosu je mimo jiné důležitá morfologická členitost substrátů. Substrát morfologicky členitý nabízí větší plochu pro rozvoj perifytonu a pro kolonizaci bentickými živočichy. Navíc zachytí větší množství detritu než substrát nečlenitý a poskytuje tak zoobentosu více potravy. Také poskytuje mnoho úkrytů na ochranu před predátory (Cyr a Downing, 1988). V experimentu provedeném na jezeře při řece St. Lawrence v Kanadě byla na zcela ponořených (submerzních) rostlinách zjištěna větší biomasa a druhová diverzita zoobentosu než na nečlenitých stoncích ne zcela ponořených (emerzních) rostlin. Na submerzní vegetaci dosahovali bentičtí živočichové také větších velikostí (Tessier a kol., 2007).

Jiný pokus, provedený na ruském jezeře Teletskoye, porovnává dva typy společenstev fytofilního zoobentosu ve dvou měsících vegetační sezóny. Při experimentu byl odebírán zoobentos z povrchu vodních rostlin a z dnového sedimentu mezi nimi v různých částech litorální zóny jezera. Vzorkování proběhlo v květnu a v srpnu. Druhová diverzita byla v obou vzorkovaných společenstvech nižší v květnu než v srpnu. V porovnání mezi sebou pak byla větší druhová bohatost zoobentosu ve společenstvech na vodních rostlinách. Naopak biomasa zoobentosu byla větší v dnovém sedimentu. V květnu byly mezi společenstvy rozdíly v množství biomasy výraznější než v srpnu. To bylo způsobeno na jaře méně rozvinutými pokrivy makrofyt (Yanygina, 2013). Fytofilní bentická společenstva ale mohou být negativně ovlivněna i příliš velkým rozvojem makrofyt, jejichž husté porosty nepropouštějí do vodního sloupce dostatek světla. Na stoncích a listech tedy naroste méně perifytonu a to vede k omezení rozvoje zoobentosu. Fytofilní zoobentos je tedy ovlivňován i růstovou dynamikou jednotlivých druhů makrofyt (Colon-Gaud a kol., 2004).

Výsledky dalšího pokusu ukazují, že v některých případech může být v dnovém zoobentosu větší druhová diverzita, než v bentosu fytofilním. Experiment byl proveden na malém eutrofním rybníku v severozápadní Anglii. Z rybníka byly jednorázově odebrány vzorky zoobentosu z pěti různých druhů makrofyt, z dnového substrátu a z volné vody. Každá varianta vzorku měla deset opakování. Odběry byly provedeny v červenci. Podle výsledků byl na submerzních makrofytech nalezen největší počet jedinců zoobentosu, nicméně jeho největší druhová diverzita byla v dnovém substrátu. Tato studie je tedy v rozporu s výsledky mnoha jiných experimentů, podle nichž je

zoobentos druhově nejbohatší na makrofytech. V zoobentosu byly celkově velmi hojní draví živočichové (Walker a kol., 2013).

2.6.4. Zoobentos v rybnících

Zoobentos v rybnících tvoří významnou složku potravy pro ryby (Adámek a kol., 2010). Jak je již uvedeno v kapitole 2.6.2, jeho největší druhová diverzita se vyskytuje v litorálním pásmu vodních nádrží (Lampert a Sommer, 1997). Většina našich rybníků má průměrnou hloubku menší než 1,5 m a maximální menší než 3 až 5 m. Z tohoto důvodu se u nich v létě nevytváří dlouhodobá stratifikace a do celé vodní vrstvy jsou neustále dodávány živiny ze dna, což umožňuje jejich intenzivní koloběh. Tyto rybníky pak celé mají charakter podobný litorálu jezer. Klasický profundál se u nich nevytváří a mohou být po celé své ploše osídleny jezerní litorální vegetací (Hartman a kol., 1998; Schubert a Lellák, 1973).

Společenstva zoobentosu, vystavená predáčnickému tlaku ryb, jsou tvořena druhy, které buď nejsou u příslušných druhů ryb jako potrava preferovány, nebo jsou schopné tomuto tlaku odolávat. Méně ohrožená jsou například společenstva zoobentosu na dně rybníků, v nichž je nasazen rybí plůdek, než v rybnících s většími rybami, protože plůdek se, na rozdíl od větších ryb, není schopen dostat do hlubších vrstev bahna, kam bentičtí živočichové v případě nebezpečí unikají (Adámek a kol., 2010). Na množství a složení rybníčního zoobentosu má také vliv vypouštění rybníků a jejich zimování či letnění (Hartman a kol., 1998).

2.7. Charakteristika hlavních organismů v zoobentosu stojatých vod

Zoobentos stojatých vod je tvořen především larvami hmyzu a máloštětinatci. Velmi významní jsou také měkkýši a korýši (Hartmann a kol., 1998). V této přehledové části jsou organismy řazeny podle jejich významu v zoobentosu z hlediska jejich početnosti a biomasy, nikoliv podle taxonomické příslušnosti.

2.7.1. Hmyz (Insecta)

2.7.1.1. Dvoukřídlí (Diptera)

Z larev hmyzu je ve vodách nejpočetněji zastoupena čeleď pakomárovití (Chironomidae). Pakomáři jsou rozšířeni po celém světě ve všech zoogeografických oblastech (Rozkošný, 1980). Odhaduje se, že do této čeledi patří více než 20 % druhů,

kteří tvoří evropskou sladkovodní makrofaunu zoobentosu. Většina druhů žije v klasických tekoucích nebo stojatých vodách. Některé druhy ale žijí i v extrémních biotopech jako jsou saliny, dna hlubokých jezer nebo v tenkém vodním filmu na povrchu horských ledovců. Larvy některých druhů pakomárů je možné nalézt i v mořích, jiné druhy je naopak možno považovat za úplně terestrické (Bitušík, 2000). Většina druhů se živí detritem nebo rostlinami. Některé skupiny jsou ale také dravé nebo parazitické (Schubert a Lellák, 1973). Larvy žijící ve vodních ekosystémech mají značný význam. Podílejí se na samočisticích procesech ve vodním prostředí a na mineralizaci organických látek (Rozkošný, 1980). Díky svému velkému rozšíření byly larvy pakomárů zařazeny téměř do všech programů biologického monitorování kvality vod (Bitušík, 2000). Tvoří také významnou složku potravy některých vodních živočichů. Z hospodářského hlediska jsou nejdůležitějšími konzumenty larev pakomárů hospodářsky významné druhy ryb (Rozkošný, 1980). Z tohoto důvodu se v minulosti ve střední Evropě zvyšovala produkce chovaných kaprů na základě zvyšování produkce larev pakomárů, jako základu jejich potravy (Bitušík, 2000). Množství larev pakomárů ve vodách v průběhu roku silně kolísá v důsledku jarního výletu imág a následného naklazení velkého množství vajíček (Hartman a kol., 1998). V dnovém sedimentu jsou nejhojnější velké larvy pakomárů skupiny *Chironomus plumosus* (Adámek a kol., 2010). Tato skupina patří spolu s dalšími do podčeledi Chironominae, která ve střední Evropě tvoří nejdůležitější část fauny pakomárů. Mnohé druhy této podčeledi jsou v larválním stádiu charakteristické svým krvavě červeným zbarvením (Orendt a Spies, 2012). To je způsobeno přítomností hemoglobinu v jejich tělních tekutinách. Ten umožňuje larvám přežít i v místech s nízkou koncentrací rozpuštěného kyslíku (Bouchard, 2004). Ve fytofilmním zoobentosu se hojně vyskytují menší larvy jiných druhů pakomárů. Nejčastěji z rodů *Endochironomus* či *Polypedilum* (Moller Pillot, 2009).

Larvám pakomárů jsou velmi podobné larvy pakomárců (Ceratopogonidae). Žijí především ve stojatých a pomalu tekoucích vodách, kde jako útočiště vyhledávají jemný sediment. Vyskytují se ale také na perifytálních nárostech. Živí se detritem a mikroorganismy (Bouchard, 2004; Rozkošný, 1980).

Larvy z čeledi ovádovitých (Tabanidae) se vyskytují při březích potoků a řek a také v příbřežních zónách rybníků v bahně nebo mezi kořeny rostlin. Některé druhy se vyskytují i na rašeliništích nebo jsou terestrické (Rozkošný, 1980).

Při zarostlých březích rybníků se vyskytují larvy bráněnek (Stratiomyidae). Nejčastěji žijí v naplaveném rostlinném materiálu. Larvy některých rodů je ale možno nalézt i v blízkosti hladiny na vodních rostlinách. Bráněnky se většinou živí detritem nebo perifytálními nárosty (Rozkošný, 1980).

2.7.1.2. Jepice (Ephemeroptera)

Larvy jepic žijí ve všech typech stojatých i tekoucích vod. Velmi hojně bývají především v čistých vodách a mnohé druhy mají specifické nároky na své životní prostředí. Z tohoto důvodu jsou larvy jepic vhodné organismy pro biologické hodnocení čistoty vod (Rozkošný, 1980). Jako potravu využívají detritus anebo seškrabují řasové nárosty (Sedlák, 2006). Vyskytují se tedy zejména ve fytofilním zoobentosu. Z běžných zástupců stojatých vod je možno uvést druh jepice dvoukřídlá (*Cloeon dipterum*), která se hojně vyskytuje mezi rostlinstvem v příbřežních zónách. Naopak larvy rodu *Caenis* se vyskytují na měkkém bahnitém dně vodních nádrží (Hartman a kol., 1998).

2.7.1.3. Vážky (Odonata)

Larvy vážek jsou dravé. Živí se většinou korýši a larvami hmyzu nebo jinými vodními živočichy, které jsou schopny ulovit. Velké larvy některých druhů mohou působit škody na rybím plůdku. Většina druhů žije volně mezi vodními rostlinami stojatých vod nebo klidných úseků řek (Rozkošný, 1980; Hartman a kol., 1998). Vývoj larev může trvat 1 až 5 let (Sedlák, 2006).

2.7.1.4. Střechatky (Megaloptera)

Larvy střechatek jsou rovněž dravé. Vyskytují se zejména na bahnitém dnovém sedimentu. Živí se převážně pakomáry a larvami jepic či jiného vodního hmyzu. Řád je u nás zastoupen pouze třemi druhy. Larvy jednoho z nich ale zatím nejsou známy. Ze dvou zbývajících druhů žije jeden v tekoucích (*Sialis fuliginosa*) a druhý ve stojatých (*Sialis lutaria*) vodách (Rozkošný, 1980).

2.7.1.5. Brouci (Coleoptera)

Životu ve vodě se přizpůsobily i některé čeledi brouků. Tento řád se dělí na čtyři podřády, přičemž nejvýznamnější jsou masožraví (Adephaga) a všežraví (Polyphaga). Masožraví vodní brouci jsou životu ve vodě dobře přizpůsobeni. Nejlépe tomu tak je u čeledi potápníkovití (Dytiscidae), která je druhově nejrozsáhlejší čeledí vodních brouků.

Větší druhy potápníkovitých mohou kromě různého vodního hmyzu požírat i larvální stádia ryb a obojživelníků. Draví jsou dospělci i larvy (Hartman a kol., 1998; Smrž, 2013). Druhou nejvýznamnější čeledí vodních brouků jsou vodomilovití (Hydrophilidae), patřící do podřádu všežraví. Larvy vodomilovitých jsou, stejně jako larvy potápníkovitých dravé. Většina larev vodních brouků se vyvíjí mezi vodním rostlinstvem. Vyskytují se převážně ve stojatých nebo jen mírně tekoucích vodách (Hartman a kol., 1998; Rozkošný, 1980).

2.7.1.6. Chrostíci (Trichoptera)

Larvy chrostíků obývají tekoucí i stojaté vody. Upřednostňují ale vodu čistou nebo jen málo znečištěnou (Rozkošný, 1980). Jsou také náročné na obsah rozpuštěného kyslíku. Různé druhy se živí různými způsoby. Mezi jejich potravu patří rostliny a detritus, některé druhy jsou dravé nebo všežravé. Mnoho druhů se vyskytuje ve fytofilním zoobentosu (Hartman a kol., 1998). Larvy se dělí na dva typy. Larvy eruciformního typu si většinou staví kolem těla schránky z okolního materiálu (zbytky rostlin, písek atd.). Larvy kampoedeoidního typu si schránky nestaví. Chrostíci jsou také významnou složkou potravy ryb, protože často tvoří velmi početné populace (Smrž, 2013). Dále se významně podílejí na destrukci organické hmoty v daném biotopu a podle výskytu různých druhů slouží také jako indikátor čistoty vody (Rozkošný, 1980).

2.7.1.7. Ploštice (Heteroptera)

Ve vodním prostředí se vyskytuje několik čeledí ploštic, z nichž se většina živí dravě. Některé ploštice žijí na povrchové blance vodní hladiny, kde loví drobné živočichy, kteří na hladinu spadnou. Jiné druhy ploštic žijí pod hladinou na dně nebo ve vodním sloupci. I zde jde především o predátory, nicméně některé druhy jsou schopny konzumovat i jinou než živočišnou potravu. Například většina zástupců čeledi klešťanky (Corixidae) se často živí perfytními řasami a obecně jinak než lovem (Smrž, 2013).

2.7.2. Kroužkovci (Annelida)

2.7.2.1. Máloštětinatci (Oligochaeta)

Vedle larev hmyzu jsou v zoobentosu velmi početně zastoupeni máloštětinatci. Ve stojatých vodách žijí většinou v bahnitém dnovém sedimentu, kde mohou tvořit velmi

velké procento všech bentických živočichů (Adámek a kol., 2010; Schubert a Lellák, 1973). Na vodních rostlinách se převážně vyskytují pouze druhy z čeledi Naididae. Živí se zde perifytálními nárosty. V sedimentu na dně vodních nádrží se nejhojněji vyskytují nitěnkovití (Tubificidae). Tito živočichové získávají z bahna potravu v podobě detritu a bakterií. Výskyt některých druhů je často masový, zvláště ve vodách znečištěných organickými látkami. V rybnících tvoří významnou složku potravy ryb (Hartman a kol., 1998).

Holoarktická oblast je místem celosvětově největšího rozšíření nitěnek a žížalic (Lumbriculidae). Žije zde i zhruba polovina všech druhů z čeledi Naididae (Timm, 1980). Zejména nitěnky jsou významnými organismy pro vyhodnocování biologické produktivity a čistoty sladkých vod. Pomocí zjištění relativní abundance nitěnek a žížalic lze stanovit úživnost a míru ekologického zatížení daného vodního útvaru. Zvláště druhy *Tubifex tubifex* a *Limnodrilus hoffmeisteri* dominují ve znečištěných vodách, kde se aktivně podílejí na odstraňování nadbytečného organického materiálu ze sedimentů. *Tubifex tubifex* je také velmi odolný vůči nedostatku rozpuštěného kyslíku (Poddubnaya, 1980; Milbrink, 1980). Žížalice se někdy vyskytují společně s nitěnkami. Preferují spíše chladnější vody (Hartman a kol., 1998; Timm, 1980).

2.7.2.2. Pijavice (Hirudinea)

Pijavice jsou hojné ve stojatých a mírně tekoucích vodách. Žijí mezi vodním rostlinstvem, pod kameny nebo na jiných místech. Některé druhy se živí dravě a požírají jiné vodní bezobratlé. Jiné jsou dočasní parazité, kteří sají krev obratlovců (Hrabě a kol., 1954). Obecně rozšířeným parazitickým druhem je chobotnatka rybí (*Piscicola geometra*), která žije v tekoucích i stojatých vodách a napadá různé druhy ryb. Z dravých pijavic bývá velmi hojná například hltanovka bahenní (*Erpobdella octoculata*) a některé další druhy (Chejsin, 1955).

2.7.3. Měkkýši (Mollusca)

Významnou a hojnou složkou bentické fauny jsou měkkýši. Při dobrých podmínkách mohou vytvořit i velmi velkou biomasu (Hartman a kol., 1998). Ve sladkých vodách se vyskytují druhy předožábřích plžů (Prosobranchiata), kterých je ale méně v poměru k plžům plicnatým (Pulmonata) a mlžům (Bivalvia). Měkkýši obývají zpravidla mělké vody (mlži do 1,5 m, plicnatí plži do 4 m) a ve větších hloubkách se jejich rozsáhlejší

populace vyskytují jen zřídka. Mlže je nejčastěji možno najít na dně vodních toků a nádrží, kde žijí zahrabáni v sedimentu. Jako potrava jim slouží drobný plankton a jemný detrit. Mohou také příznivě ovlivňovat kvalitu vody, protože potravu z vody filtrují. Mnoho druhů je náchylných na znečištění svého životního prostředí. Sladkovodní plži stojatých vod se vyskytují zejména v litorálu na vodní vegetaci, často v blízkosti vodní hladiny. V tocích žijí na ponořených předmětech, jako jsou kameny nebo na jiném tvrdém podkladu. Jen málo druhů, především předožábrych plžů, žije v bahnitém sedimentu. Obecně sladkovodní plži preferují spíše menší vodní nádrže s bohatou vodní vegetací a malé toky. Jejich početnost zde bývá větší než ve velkých řekách či jezerech. Velká druhová diverzita bývá také ve vodách s větší koncentrací rozpuštěného vápníku. Potravou většiny vodních plžů jsou perifytální nárosty a živé či odumřelé rostlinné tkáně. Plži živící se nárosty mají k tomuto způsobu obživy uzpůsobené ústní ústrojí a trávicí soustavu. Několik druhů předožábrych plžů se živí detritem nebo filtrují potravu z vody (Beran, 1998; Pflieger, 1988). Populace měkkýšů ve vodních nádržích jsou ovlivněny jejich úživností. Společenstva málo úživných nádrží jsou často tvořena pouze několika málo druhy (*Lymnaea pelagra*, *L. auricularia*, *Musculium lacustre* atd.). Se vzrůstající úživností se postupně také zvyšuje druhová diverzita měkkýšů. Se stále větším množstvím živin v nádržích silně eutrofních až hypertrofiích se potom druhová diverzita opět snižuje, nicméně druhy žijící v těchto vodách často tvoří velice silné populace. Patří mezi ně například *Acroloxus lacustris*, *Lymnaea auricularis*, *L. stagnalis*, *Physella* cf. *acuta*, *Gyraulus albus* a další. V případě rybníků je také důležitá periodicitu vypouštění a doba, po kterou je rybník bez vody ponecháván. Na tento faktor jsou citliví především mlži (Beran, 2002).

2.7.4. Korýši (Crustacea)

Nejběžnějším zástupcem bentických korýšů ve sladkých, často i silně znečištěných vodách, je beruška vodní (*Asellus aquaticus*) z řádu stejnonožců (Isopoda). Vyskytuje se mezi vodními rostlinami nebo na dně ve vrstvě detritu, kterým se také živí, společně s rozkládajícími se zbytky rostlin (Chejsin, 1955; Sedlák, 2006).

3. Materiál a metodika

3.1. Schéma pokusu

Odběry makrozoobentosu byly prováděny ve 12 malých rybnících na pokusnictví Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech (49°09' s. š., 14°09' v. d., nadmořská výška 393 m n. m.). Rybníky měly rozměry 46 x 38 m (výměra cca 0,2 ha). Průměrná hloubka u výpusti byla 1,2 m.

Odběry byly součástí rozsáhlejšího pokusu, který měl vyhodnotit vliv instalace umělých substrátů pro perifyton na rozvoj přirozené potravy a na produkci candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Při tomto pokusu byly použity tři varianty ošetření rybníků. Každá měla celkem čtyři opakování (Obr. 3). První variantou byla instalace substrátů v podobě rohoží z vřesovce (rybníky č. 37, 40, 43, 46). Druhou variantou byla instalace substrátů v podobě pásů z geotextilie (rybníky č. 38, 41, 44, 47). Poslední, kontrolní varianta byla ponechána bez substrátů (rybníky č. 36, 39, 42, 45).



Obr. 3: Uspořádání variant ošetření rybníků pro experiment na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (mapa: www.google.cz/maps). Fialovou barvou jsou označeny kontrolní rybníky bez substrátů, červenou barvou rybníky s instalovaným vřesovcem a žlutě rybníky s geotextilií.

Substráty byly do rybníků nainstalovány na začátku dubna 2014 (1. 4. až 11. 4. 2014). Byly umístěny vertikálně do vodního sloupce ve dvou souběžných podélných pásech o délce 25 m a výšce 1,5 m (Obr. 4). Do všech rybníků se substráty bylo pro účely odběrů nainstalováno ještě 8 pruhů substrátu o rozměrech 0,1 x 1,5 m. Každý pruh byl dráty přivázán na železnou (kari) síť, která byla upevněna na dřevěnou násadu zakotvenou ve dně rybníka. Pruhy byly umístěny zhruba uprostřed rybníků, mezi substrátovými pásy. Všechny rybníky byly 12. 4. až 13. 4. 2014 napuštěny vodou s cílem podpořit vývoj přirozené potravy candáta obecného ještě před vlastním nasazením larev.



Obr. 4: Nainstalovaný substrát z vřesovce v rybníce na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (foto: Bláha, 2014).

3.2. Rozdělení pokusu na jednotlivé fáze

3.2.1. První fáze

Pokus měl dvě fáze. Cílem první bylo otestovat vliv výše uvedených substrátů na výskyt perifytou a jiných potravních organismů v rybnících při odchovu larev candáta obecného do kategorie rychleného plůdku. Larvy byly do všech rybníků nasazeny na konci dubna (23. 4. 2014) o počáteční hustotě obsádky $374\ 000\ \text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tj. 65 000 ks larev do každého rybníka). Průměrná délka larev byla $5,194 \pm 0,225\ \text{mm}$, průměrná hmotnost $0,752 \pm 0,361\ \mu\text{g}$. V této fázi byly v rybnících provedeny celkem tři odběry

dnového a substrátového (fytofilního) zoobentosu a to v termínech 22. 4., 12. 5. a 2. 6. 2014. Odběry byly tedy realizovány v třítydenních intervalech. Po ukončení první fáze pokusu byly na začátku června (3. 6. až 9. 6. 2014) rybníky vypuštěny a plůdek candáta byl vyloven. Rybníky byly ponechány bez vody jeden den.

3.2.2. Druhá fáze

Cílem druhé fáze pokusu bylo otestovat vliv substrátu v podobě rohoží z vřesovce na podporu růstu juvenilních ryb candáta obecného v důsledku podpory rozvoje perifytonu a jiných potravních organismů v porovnání s odchovem candáta společně s nasazenou krmnou rybou (larvy kapra obecného - *Cyprinus carpio* a amura bílého - *Ctenopharyngodon idella*). Tyto varianty byly dále porovnány s variantou kontrolní bez podpory růstu candátů. Z důvodu negativních zkušeností s použitou geotextílií v první fázi pokusu byl tento substrát pro druhou fázi z příslušných rybníků odstraněn a tyto rybníky sloužily dále jako kontrolní varianta. Do rybníků, které sloužily jako kontrolní varianta v první fázi pokusu, byla nasazena krmná ryba. Rybníky se substráty v podobě rohoží z vřesovce zůstaly v nezměněném stavu. V první polovině června (12. 6.) bylo do všech rybníků vysazeno 2000 ks juvenilního candáta obecného v podobě rychleného plůdku. Průměrná délka juvenilních ryb byla $40,2 \pm 1,3$ mm, průměrná hmotnost $0,59 \pm 0,13$ g. V této fázi pokusu bylo na rybnících provedeno pět odběrů dnového a substrátového zoobentosu v termínech 16. 6., 7. 7., 28. 7., 14. 8. a 8. 9. 2014. Odběry byly opět realizovány v třítydenních intervalech.

3.3. Odběry vzorků zoobentosu a jejich fixace

3.3.1. Odběry substrátového zoobentosu

Při každém z osmi odběrů byl vzorkován substrátový zoobentos. Byl odebrán v rybnících se substráty pro perifyton z odběrových pruhů (Obr. 5). Při každém odběru byl v každém příslušném rybníce odebrán jeden pruh. V prvních třech odběrech byl zoobentos ovzorkován jak ve variantě s rohožemi z vřesovce, tak ve variantě s geotextílií. Po třetím odběru byla geotextilie z pokusu vyřazena a substrátový zoobentos byl dále vzorkován pouze v rybnících s rohožemi z vřesovce.



Obr. 5: Pruhy substrátu (vřesovec) na odběry substrátového zoobentosu, připravené k umístění do rybníků na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (foto: Bláha, 2014).

Pruhy substrátu byly odebírány pomocí plastové roury o průměru 16 cm. Roura byla vždy nasazena na násadu s navázaným pruhem a ze spodní strany uzavřena víkem, které bylo na každou násadu již předem nainstalováno. To zabraňovalo, aby byly organismy vyplaveny ze substrátu při přenosu pruhu ke břehu rybníka. Po vytažení na břeh byl pruh postaven na fotografickou misku a roura byla opatrně uvolněna, tak aby se voda v ní obsažená vylila na misku (Obr. 6). Ze substrátu byl následně odstrižen podélný proužek o šířce cca 3 cm a délce ponořené části substrátu. Tento proužek sloužil k ovzorkování perifýtonu, které prováděla má kolegyně Gabriela Chadtová (ZF). Zbytek substrátu byl od železné sítě odváznán a umístěn do fotografické misky. Zde byl několikrát důkladně promyt vodou. Po každém promytí byla voda přelita přes síto (500 μm) a zachycený materiál byl přemístěn do vzorkovací lahve o objemu 250 ml. K tomuto vzorku byl přidán také materiál zachycený na 500 μm sítu při zpracování vzorků perifýtonu. Do lahve byla následně přidána voda a lahev byla uzavřena. Všechny láhve se vzorky byly důkladně popsány a uloženy do chladničky. Zbytek vlhkých substrátů byl do následujícího dne ponechán v laboratoři na fotografických miskách, aby je opustily organismy, které nebyly odstraněny při promývání.



Obr. 6: Odběr substrátového zoobentosu z pruhu substrátu na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech (foto: Šetlíková, 2014).

Následující den byly organismy z misek odebrány a fixovány v malých lahvičkách technickým etanolem (80 %). Rovněž byly zpracovány vzorky uložené v chladničce. Ze vzorkovací lahve byl obsah postupně, po malých částech, umisťován na menší fotografickou misku. Každá část vzorku byla zalita vodou a pomocí pinzety z ní byly vybrány organismy. Ty byly rovněž umisťovány do příslušných lahviček s technickým etanolem. Fixované vzorky byly důkladně popsány a před dalším zpracováním uloženy.

3.3.2. Odběry dnového zoobentosu

Dnový zoobentos byl vzorkován při všech odběrech ze všech rybníků. Sediment byl ze dna odebírán bentickým drapákem Eckman-Birge o odběrové ploše 225 cm² (15 x 15 cm). V každém rybníku byl drapák použit dvakrát. Po odebrání byl vzorek umístěn na kovové síto (500 μm), na kterém byl následně promýván ve vodě za účelem odstranění jemného sedimentu. Zbýlý sediment a bentické organismy byly přemístěny do vzorkovací lahve o objemu 250 ml. Do lahve byla následně přidána voda a lahev byla uzavřena. Všechny lahve byly důkladně popsány a umístěny do chladničky.

V následujících dnech byly vzorky zpracovány stejným způsobem jako vzorky substrátového zoobentosu. Ze vzorkovací lahve byl obsah postupně, po malých částech,

umístován na menší fotografickou misku. Každá část vzorku byla zalita vodou a pomocí pinzety z ní byly vybrány organismy. Tyto byly fixovány technickým etanolem (80 %) v připravených malých lahvičkách. Fixované vzorky byly důkladně popsány a před dalším zpracováním uloženy.

3.4. Laboratorní zpracování vzorků zoobentosu

Vzorky byly zpracovány v Laboratoři fyziologie rostlin na Katedře biologických disciplín ZF JU v Českých Budějovicích. Organismy substrátového i dnového zoobentosu byly determinovány, pokud možno, alespoň do rodů a byla stanovena jejich početnost a hmotnost mokré biomasy. Organismy ze vzorku byly nejprve umístěny na velkou Petriho misku. Následně byly rozděleny na menší misky podle jejich příslušnosti k vyšším taxonomickým skupinám. Determinace do rodů či druhů byla provedena pod binokulární lupou Arsenal SZS 1002 ZOOM s pomocí určovacích klíčů: Beran, 1998; Chejsin, 1955; Orendt a Spies, 2012; Rozkošný, 1980. V několika případech bylo nutné použít mikroskop. U determinovaných živočichů byla zjištěna jejich početnost a hmotnost mokré biomasy. Vážení probíhalo na analytických vahách KERN ABJ 220-4NM s přesností na dvě desetinná místa. Před umístěním na váhu musely být organismy osušeny na filtračním papíře. Po zpracování byl vzorek umístěn zpět do lahvičky s technickým etanolem a uložen. Početnosti a hmotnosti determinovaných organismů ve vzorcích byly zaznamenány do tabulek v programu Microsoft Office Excel.

3.5. Zpracování dat

3.5.1. Souhrnné tabulky

Ze získaných údajů byly v programu Microsoft Office Excel vytvořeny tabulky, udávající průměrné hodnoty ($\bar{x} \pm S. D.$) početnosti jedinců (ind.m^{-2}) a hmotnosti biomasy (g.m^{-2}) pro každý taxon, nalezený v zoobentosu a pro vyšší taxonomické skupiny (např.: Chironomidae, Mollusca, Ephemeroptera atd.). Taxony byly v tabulkách řazeny dle zoologické systematiky. Průměrné hodnoty byly stanoveny u každé varianty ošetření rybníků. Údaje o početnosti jedinců byly zaokrouhleny na celé číslo. Údaje o biomase byly zaokrouhleny na tři desetinná místa. Tabulky byly vyhotoveny zvlášť pro obě fáze experimentu a v těchto fázích zvlášť pro substrátový a dnový zoobentos. Dále byly pro substrátový a dnový zoobentos v jednotlivých fázích experimentu vypočteny celkové průměrné hodnoty ($\bar{x} \pm S. D.$) početnosti jedinců (ind.m^{-2}), hmotnosti biomasy

(g.m⁻²) a druhové diverzity (hodnota Shannon - Weaverova indexu (H')) pro každou variantu ošetření rybníků. Zaokrouhlování hodnot početnosti jedinců a hmotnosti biomasy bylo stejné, jako v předchozím případě. Hodnoty indexu diverzity byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa. Údaje byly následně mezi sebou porovnány.

3.5.2. Statistické vyhodnocení

Statistická analýza byla provedena pro početnost jedinců, biomasu a druhovou diverzitu zoobentosu. Každé z těchto vyhodnocení bylo provedeno zvlášť pro substrátový a dnový zoobentos a zvlášť pro první a druhou fázi experimentu.

Jako základ pro statistické vyhodnocení byly v programu Microsoft Office Excel vytvořeny tabulky s výčtem všech vzorkovaných rybníků v jednotlivých datech odběrů s přiřazením příslušné varianty ošetření. Ke každému rybníku byla dle údajů, získaných z odběrů stanovena početnost jedinců zoobentosu (ind.m⁻²), jejich biomasa (g.m⁻²) a Shannon - Weaverův index diverzity (H'). Údaje byly následně vkládány do programu Statistica 12 a analyzovány. Po vložení do programu bylo nutné zjistit, zda mají data normální rozdělení. Toto bylo zjištěno Kolmogorov - Smirnov testem. Negativní výsledek byl zjištěn pro data o početnosti jedinců a biomase dnového zoobentosu v obou fázích experimentu. Pro transformaci dat byl použit přirozený logaritmus (LN) a po této úpravě již data normalitu vykazovala.

Odlišnosti mezi jednotlivými variantami ošetření rybníků (dále jen varianta) v průběhu první a druhé fáze experimentu byly vyhodnoceny hierarchickou ANOVA. Za faktory s pevným efektem byly považovány varianta a datum. Jako náhodný faktor byl uveden rybník, který je zároveň podřízen variantě. Za statisticky průkazný byl vliv varianty považován, pokud interakce mezi datem odběru a variantou měla hodnotu $p < 0,05$, respektive pokud test mnohonásobného porovnání (Tukeyův HSD test) mezi všemi variantami v jednom datu odběru vyšel s hodnotou $p < 0,05$. Dle statistické průkaznosti či neprůkaznosti vlivu varianty na rozvoj zoobentosu byly v tabulkách nad průměrnými hodnotami početnosti jedinců, hmotnosti biomasy a druhové diverzity (H') pro jednotlivé varianty uvedeny horní indexy (a, b, c). Pro jednotlivá vyhodnocení dat (početnost jedinců, biomasa a H') byly vytvořeny grafy.

Z důvodu přítomnosti jediné testované varianty pro substrátový zoobentos ve druhé fázi pokusu byly testovány pouze faktory „datum“ a „rybník“. Jinými slovy byly

v časovém průběhu druhé fáze experimentu, v hodnocených veličinách, zjišťovány pouze odlišnosti mezi rybníky.

4. Výsledky

4.1. První fáze pokusu

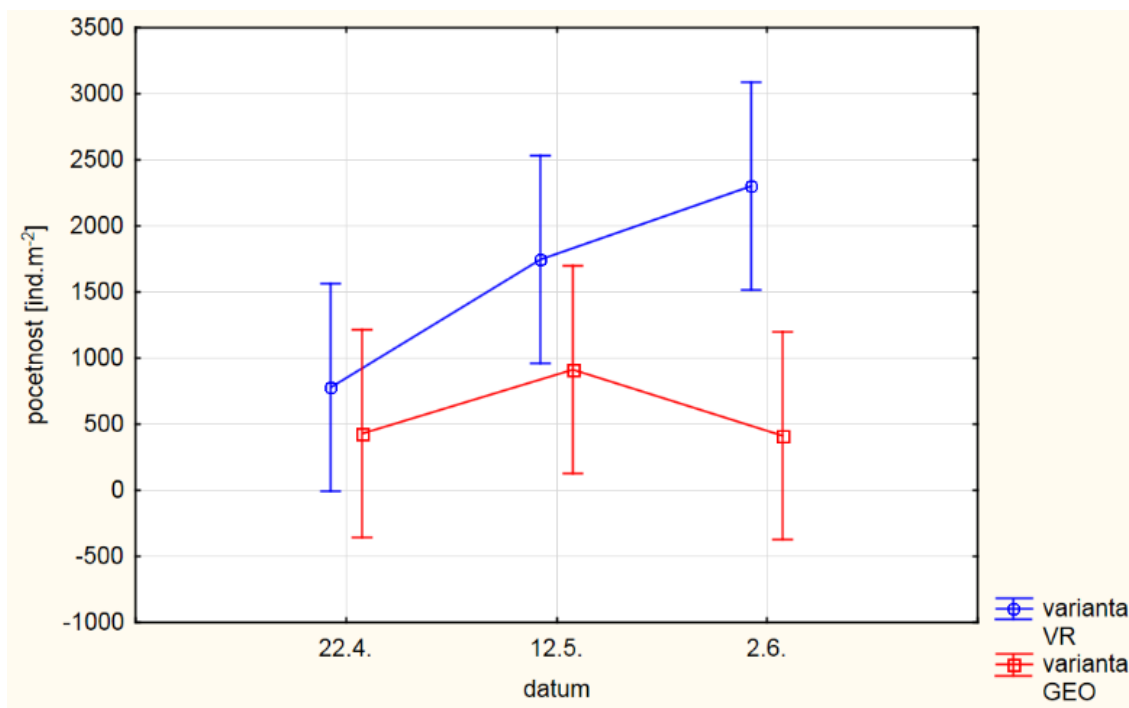
4.1.1. Substrátový zoobentos

V substrátovém zoobentosu byly zaznamenány rozdíly mezi testovanými variantami jednak v abundanci bentických živočichů, ale také v množství jejich biomasy. Ve variantě se substrátem z vřesovce byla zjištěna větší průměrná početnost jedinců než ve variantě s pásy geotextílie (Tab. 1). Rovněž průměrné množství biomasy bylo ve variantě s vřesovcem větší než ve variantě s geotextílií (Tab. 1).

Tab. 1: Průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy, stanovené pro substrátový zoobentos v testovaných variantách v první fázi experimentu.

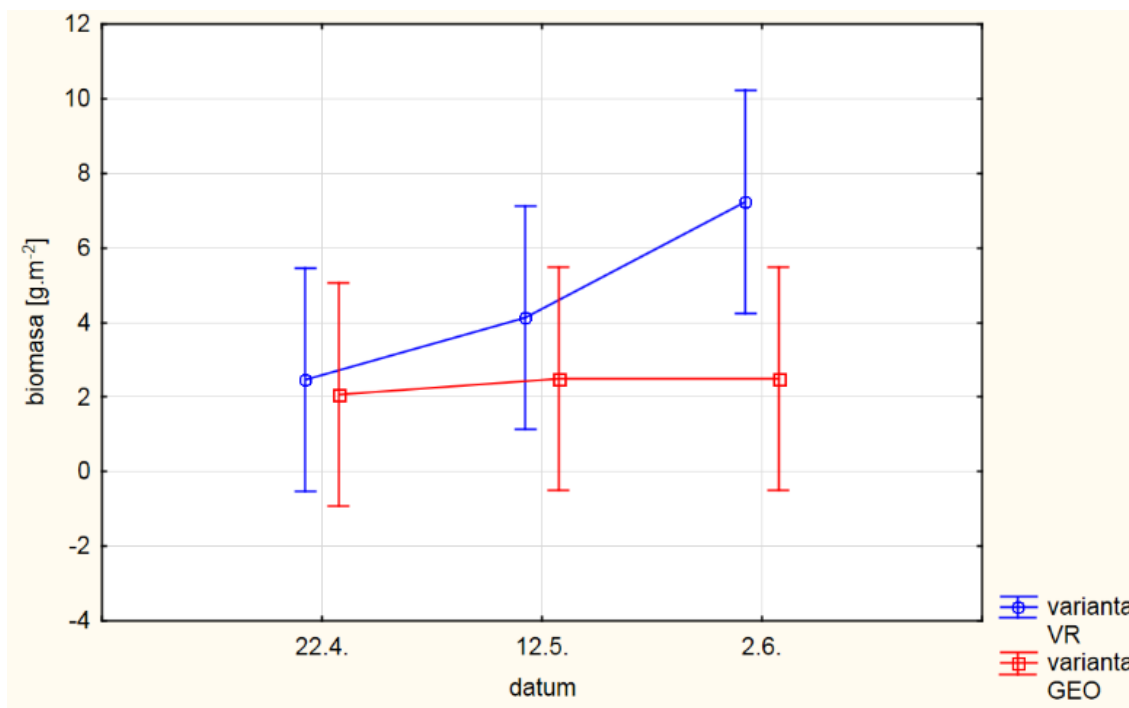
	Vřesovec ($\bar{x} \pm \text{S.D.}$)	Geotextilie ($\bar{x} \pm \text{S.D.}$)
Početnost [ind.m ⁻²]	1609 \pm 1056 ^a	587 \pm 459 ^b
Biomasa [g.m ⁻²]	4,618 \pm 3,666 ^a	2,352 \pm 2,022 ^a

Početnost bentických živočichů se v obou testovaných variantách značně měnila v čase (Graf 1). Na počátku experimentu byla v obou variantách nízká. Ve variantě s vřesovcem (VR) početnost dále narůstala v průběhu celého experimentu. Naopak ve variantě s geotextílií (GEO) byl nárůst početnosti bentických živočichů zaznamenán pouze mezi prvním a druhým odběrem (22. 4. 2014 a 12. 5. 2014) a mezi druhým a třetím odběrem (12. 5. 2014 a 2. 6. 2014) početnost klesala. Celkově se početnosti jedinců v zoobentosu mezi testovanými variantami statisticky průkazně lišily ($F(1, 6) = 12,897$, $p = 0,011$), a to zejména na konci experimentu (Graf 1).



Graf 1: Vývoj početnosti jedinců v substrátovém zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Biomasa substrátového zoobentosu zaznamenala v průběhu experimentu výrazné změny pouze ve variantě s vřesovcem (Graf 2). V této variantě (VR) biomasa postupně narůstala, podobně jako abundance. Prudší nárůst byl zaznamenán mezi druhým a třetím odběrem (12. 5. 2014 a 2. 6. 2014), než mezi odběrem prvním a druhým (22. 4. 2014 a 12. 5. 2014). Ve variantě s geotextílií (GEO) se biomasa zoobentosu v průběhu experimentu nijak výrazně neměnila (Graf 2). Odlišnost v množství biomasy substrátového zoobentosu mezi testovanými variantami nebyla statisticky prokázána ($F(4, 12) = 1,576, p = 0,243$).



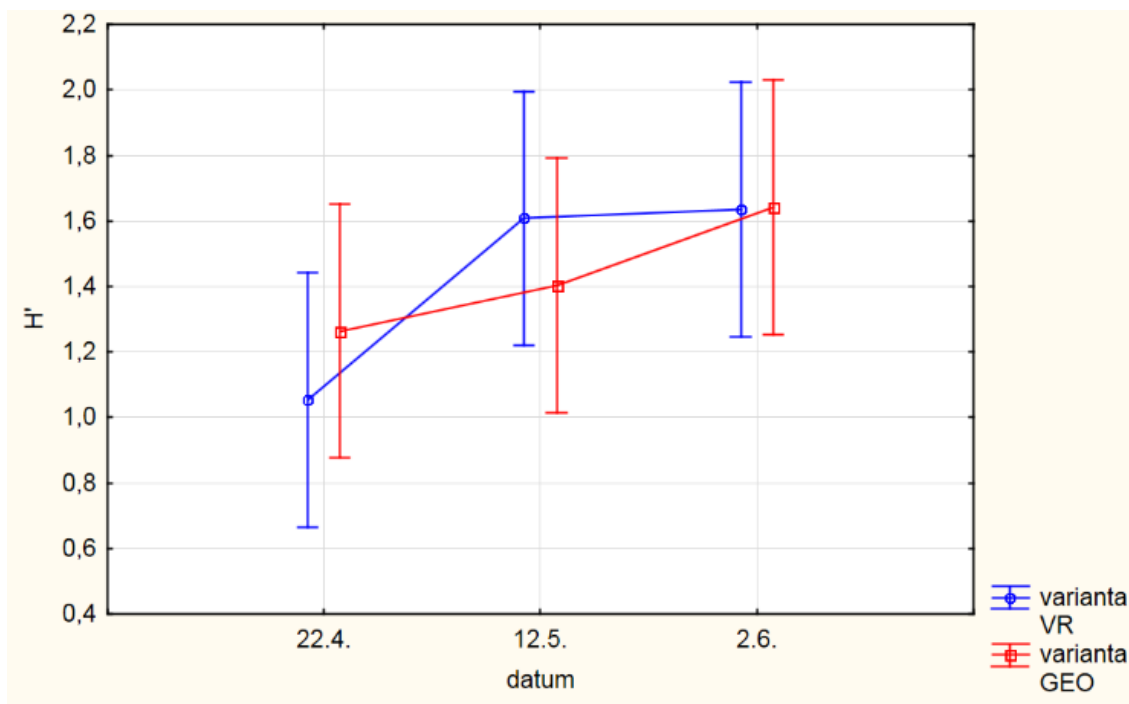
Graf 2: Vývoj biomasy substrátového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Průměrná druhová diverzita byla dle hodnot Shannon - Weaverova indexu u varianty s vřesovcem i u varianty s geotextílií velice podobná (Tab. 2).

Tab. 2: Průměrné hodnoty druhové diverzity, stanovené pro substrátový zoobentos v testovaných variantách v první fázi experimentu.

	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)	Geotextilie ($\bar{x} \pm S.D.$)
H'	1,43 ± 0,35 ^a	1,44 ± 0,49 ^a

Druhová diverzita zoobentosu ve variantě s vřesovcem (VR) zaznamenala prudký nárůst mezi prvním a druhým odběrem (22. 4. 2014 a 12. 5. 2014), nicméně mezi druhým a třetím odběrem (12. 5. 2014 a 2. 6. 2014) se již měnila jen velice málo (Graf 3). Ve variantě s geotextílií (GEO) druhová diverzita zoobentosu narůstala postupně v průběhu celého experimentu a na jeho konci se vyrovnala druhové diverzitě zoobentosu na vřesovci (Graf 3). Odlišnost v druhové diverzitě substrátového zoobentosu mezi testovanými variantami nebyla statisticky prokázána ($F(4, 12) = 2,272, p = 0,122$).



Graf 3: Vývoj druhové diverzity substrátového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Tabulka 3 s výčtem taxonů nalezených v substrátovém zoobentosu je uvedena v Příloze 1. Dominantní skupiny představovaly larvy pakomárů (Chironomidae) a měkkýši (Mollusca). Larvy pakomárů byly zastoupeny především rody *Glyptotendipes*, *Endochironomus*, *Polypedilum* a larvami z podčeledi Orthocladinae. Zastoupeny byly i larvy jiných skupin vodního hmyzu, například brouci (Coleoptera), jepice (Ephemeroptera) a další. Z měkkýšů dominovaly druhy *Lymnaea auricularia* a *Physella acuta*. Značný podíl z celkového množství biomasy zoobentosu tvořily pijavice (Hirudinea) a to především ve variantě s geotextílií. Dominantními druhy pijavic byly *Helobdella stagnalis* a *Erpobdella octoculata*.

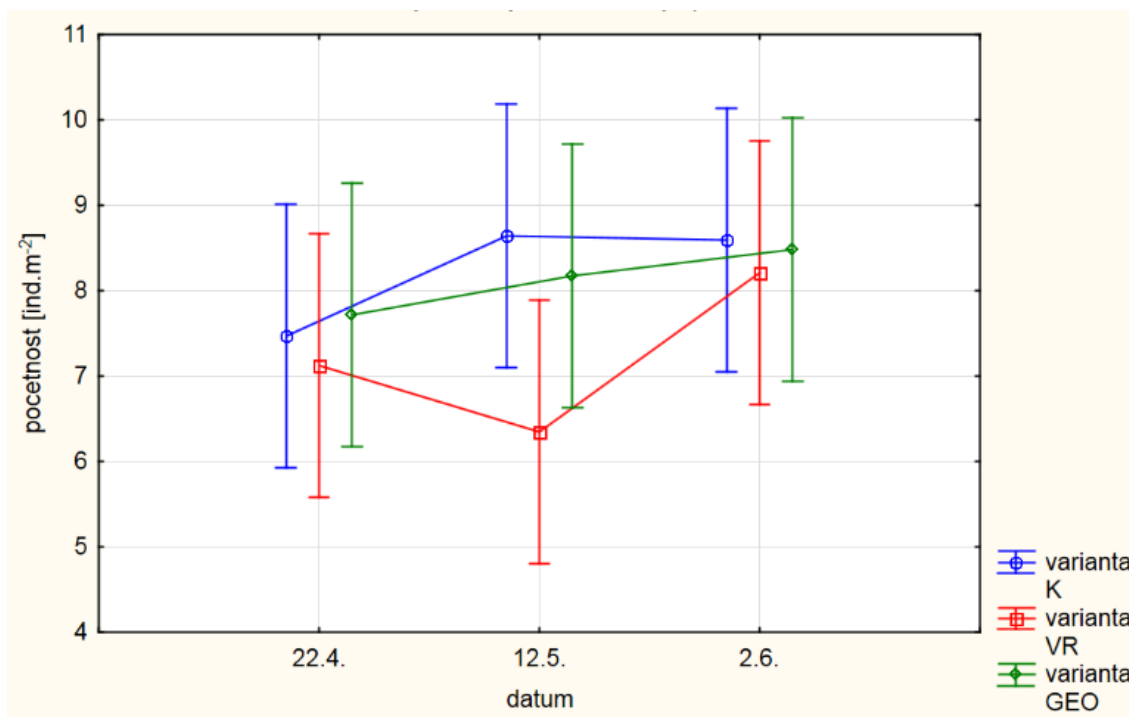
4.1.2. Dnový zoobentos

Průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy dnového zoobentosu byly odlišné ve všech variantách ošetření rybníků (Tab. 4).

Tab. 4 Průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy, zjištěné pro dnový zoobentos v testovaných variantách v první fázi experimentu.

	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)	Geotextilie ($\bar{x} \pm S.D.$)	Kontrola ($\bar{x} \pm S.D.$)
Početnost [ind.m ⁻²]	3563 ± 3638 ^a	5001 ± 4882 ^a	5996 ± 4838 ^a
Biomasa [g.m ⁻²]	21,541 ± 25,664 ^a	35,194 ± 39,481 ^a	40,543 ± 42,911 ^a

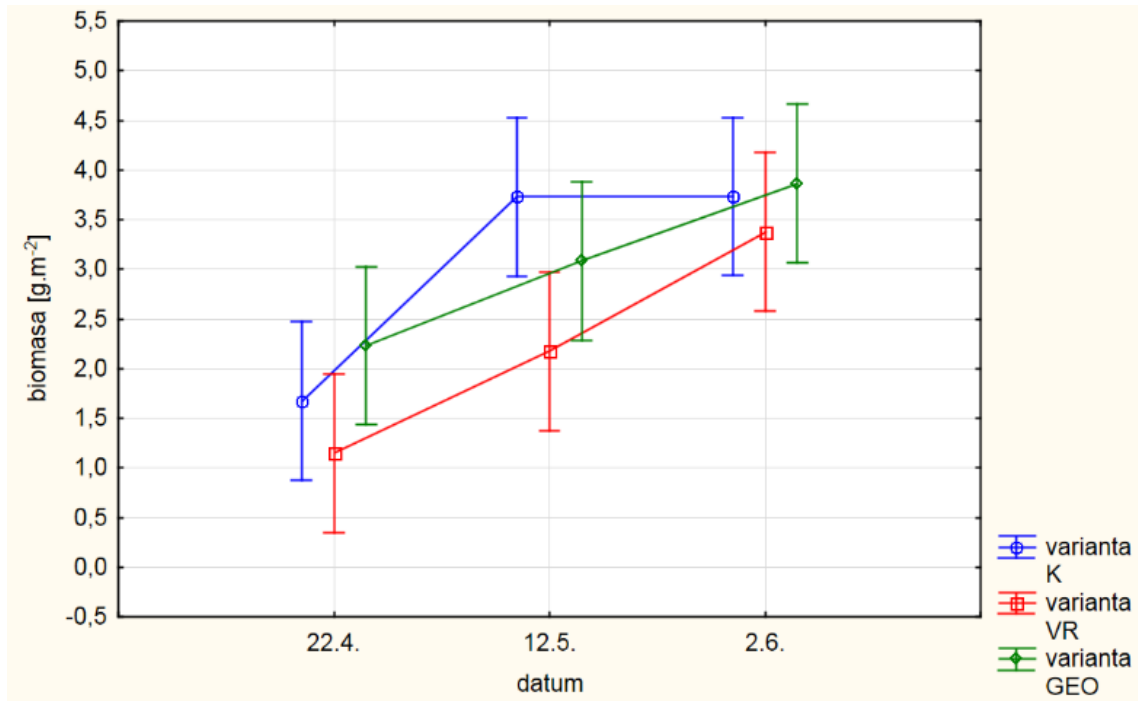
Početnost jedinců dnového zoobentosu se v průběhu experimentu měnila (Graf 4). Dle statistického vyhodnocení, ale nebyla shledána žádná průkazná odlišnost mezi variantami ($F(6, 18) = 0,905, p = 0,513$). Z grafu 4 je patrné, že ve variantě s geotextilií (GEO) se početnost jedinců zoobentosu v průběhu experimentu zvyšovala, zatímco v kontrolní variantě (K) se zvyšovala pouze mezi prvním a druhým odběrem (22. 4. 2014 a 12. 5. 2014). Ve variantě s vřesovcem (VR) početnost jedinců zoobentosu v průběhu experimentu silně kolísala.



Graf 4: Vývoj početnosti jedinců ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Biomasa dnového zoobentosu se v průběhu celého experimentu postupně zvyšovala (Graf 5) ve variantě s vřesovcem (VR) a také ve variantě s geotextilií (GEO). Ve variantě kontrolní (K) se biomasa zoobentosu zvyšovala pouze mezi prvním a druhým odběrem (22. 4. 2014 a 12. 5. 2014) a dále v ní již výraznější změny nenastaly (Graf 5).

Odlišnost v množství biomasy dnového zoobentosu byla statisticky prokázána mezi jednotlivými rybníky a v interakci datum*varianta ($F(6, 18) = 7,701, p = 0,00033$). V této interakci jsou však signifikantní rozdíly pouze v sezónním průběhu (např.: varianta K mezi 22. 4. 2014 a 12. 5. 2014). Vliv varianty na rozvoj zoobentosu tedy statisticky prokázán nebyl.



Graf 5: Vývoj biomasy dnového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

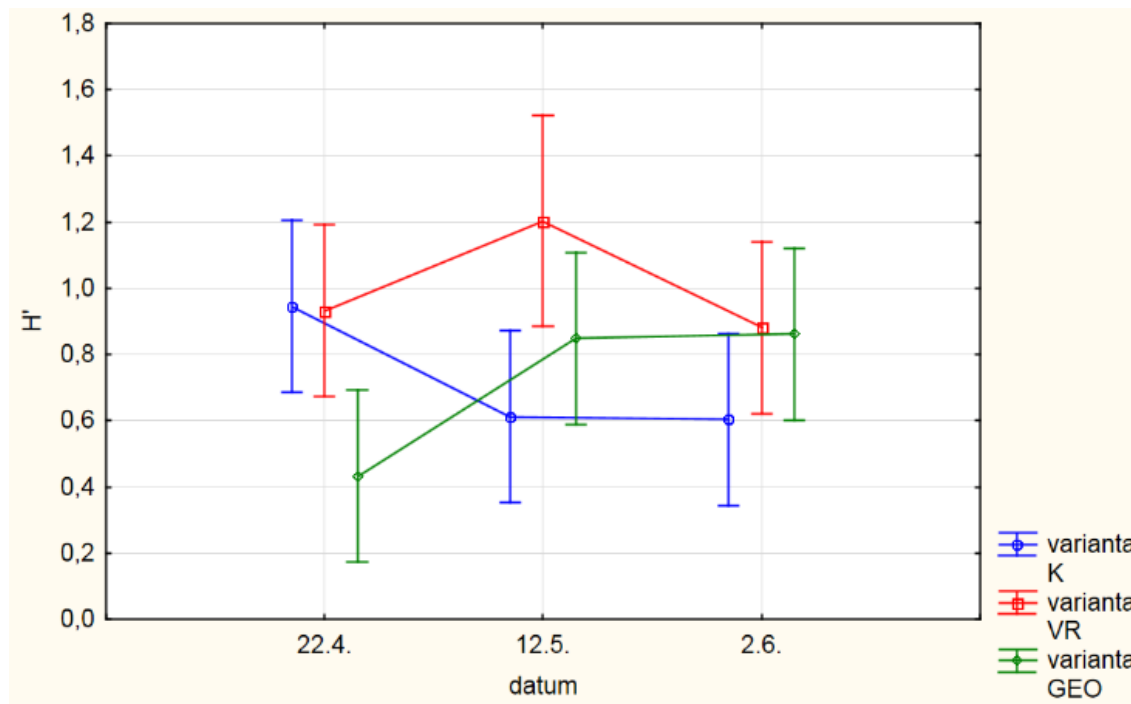
Průměrné hodnoty indexu druhové diverzity (H') byly srovnatelné ve variantě s geotextílií a ve variantě kontrolní. Ve variantě s rohožemi z vřesovce se druhová diverzita lišila, nikoliv však signifikantně (Tab. 5).

Tab. 5: Průměrné hodnoty druhové diverzity dnového zoobentosu v testovaných variantách v první fázi experimentu.

	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)	Geotextilie ($\bar{x} \pm S.D.$)	Kontrola ($\bar{x} \pm S.D.$)
H'	$0,95 \pm 0,41^a$	$0,71 \pm 0,47^a$	$0,72 \pm 0,54^a$

V průběhu experimentu vykazovala druhová diverzita dnového zoobentosu značnou rozkolísanost ve všech testovaných variantách (Graf 6). Odlišnost byla statisticky

prokázána pouze mezi jednotlivými rybníky, nikoli mezi variantami ($F(6, 17) = 2,640$, $p = 0,054$).



Graf 6: Vývoj druhové diverzity dnového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu první fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Tabulka 6 s výčtem taxonů, které byly nalezeny ve dnovém zoobentosu, je uvedena v Příloze 2. Dominantními skupinami byly ve všech analyzovaných rybnících máloštětinatci (Oligochaeta) a larvy pakomárů (Chironomidae). Mezi máloštětinatci dominovali především zástupci čeledi nitěnkovití (Tubificidae). Méně hojně zastoupeny byly žížalice (Lumbriculidae). Z larev pakomárů dominovali zástupci skupiny *Chironomus plumosus*. Hojně byl rovněž zastoupený rod *Procladius*. Z jiných skupin vodního hmyzu se často vyskytovaly larvy pakomárců (Ceratopogonidae). Měkkýši se v této fázi experimentu vyskytovali v nízkých počtech.

4.1.3. Porovnání substrátového a dnového zoobentosu v první fázi pokusu

Mezi substrátovým a dnovým zoobentosem byly v první fázi experimentu značné rozdíly v početnosti jedinců, biomase i druhové diverzitě. Oba typy zoobentosu se také lišily z hlediska druhů, které v nich dominovaly.

Průměrná početnost jedinců i biomasa byla u všech variant ošetření rybníků větší ve dnovém zoobentosu (Tab. 4), než v zoobentosu substrátovém (Tab. 1). Druhová diverzita byla naopak větší v substrátovém zoobentosu (Tab. 2), než v zoobentosu dnovém (Tab. 5).

V substrátovém zoobentosu byly dominantní menší druhy pakomárů a měkkýši. Máloštětinatci se vyskytovali jen zřídka. V dnovém zoobentosu naproti tomu máloštětinatci dominovali. Z larev pakomárů byly dominantní velké larvy skupiny *Chironomus plumosus*. Měkkýši se vyskytovali mnohem méně.

4.2. Druhá fáze pokusu

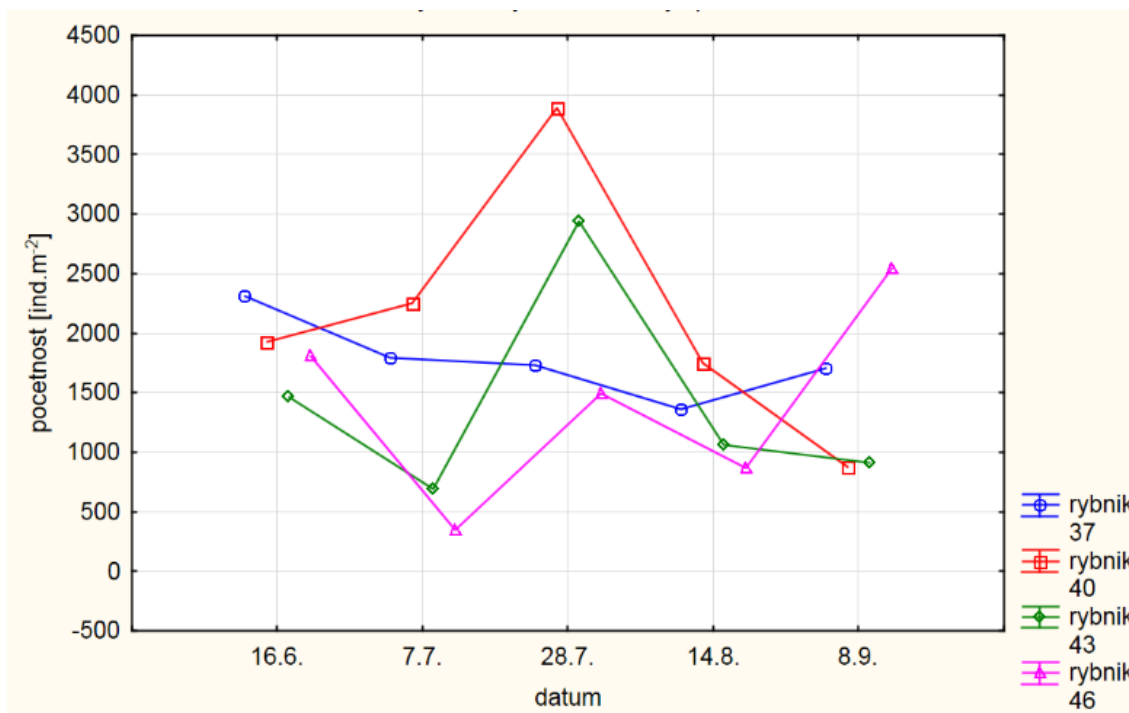
4.2.1. Substrátový zoobentos

V substrátovém zoobentosu byly v této fázi experimentu stanoveny průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy v jediné zbývající testované variantě s rohožemi z vřesovce (Tab. 7).

Tab. 7: Průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy v substrátovém zoobentosu ve druhé fázi experimentu.

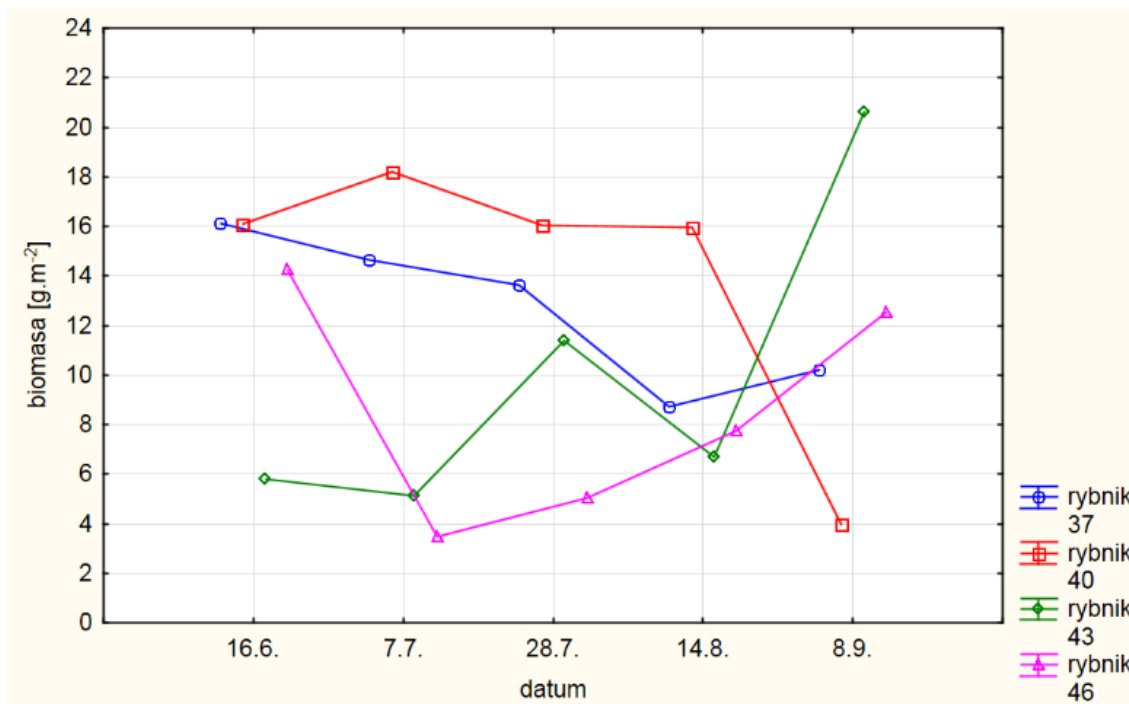
	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)
Početnost [ind.m ⁻²]	1688 ± 836
Biomasa [g.m ⁻²]	11,315 ± 5,209

Vývoj početnosti jedinců zoobentosu v rámci celého experimentu v jednotlivých rybnících (Graf 7), vykazuje značné rozdíly mezi jednotlivými odběry. V rybnících 40 a 43 byla největší početnost jedinců zoobentosu na konci července (odběr 28. 7. 2014). V rybníku 46 byla tato početnost nejvyšší v závěru experimentu v první polovině září (odběr 8. 9. 2014). V rybníku 37 byla početnost jedinců zoobentosu naopak nejvyšší na začátku experimentu v prvním odběru (16. 6. 2014). Odlišnost mezi rybníky není statisticky průkazná.



Graf 7: Vývoj početnosti jedinců v substrátovém zoobentosu v jednotlivých rybnících v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

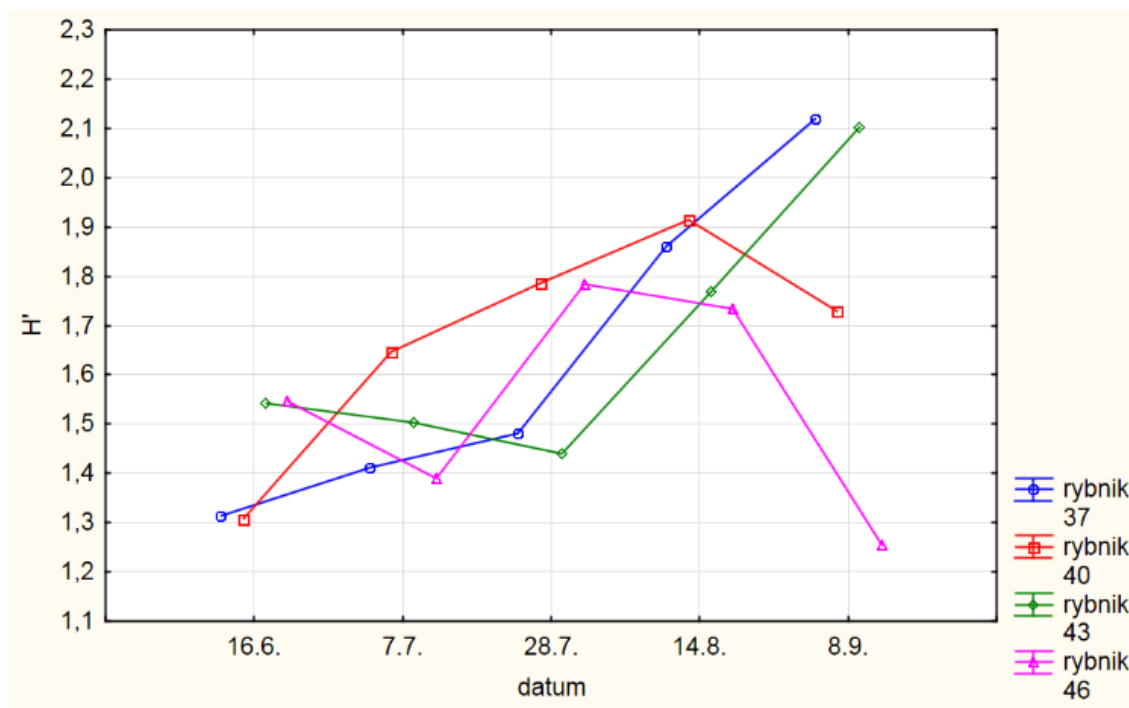
Podobně jako v početnosti jedinců, projevuje zoobentos z testovaných rybníků značnou rozkolísanost také v množství biomasy (Graf 8). Rybníky 37 a 46 vykazovaly největší biomasu substrátového zoobentosu na počátku experimentu k prvnímu odběru (16. 6. 2014). Tato biomasa dále klesala a poté opětovně narůstala. V rybníku 40 byla největší biomasa zoobentosu v první polovině července (odběr 7. 7. 2014). V závěru experimentu, v první polovině září, zde množství biomasy výrazně pokleslo. Naopak v rybníce 43 byla biomasa substrátového zoobentosu v závěru experimentu (odběr 8. 9. 2014) největší. Dle statistického vyhodnocení není odlišnost mezi rybníky statisticky průkazná.



Graf 8: Vývoj biomasy substrátového zoobentosu v jednotlivých rybnících v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Průměrná druhová diverzita ($\bar{x} \pm S.D.$), vyjádřená hodnotou Shannon - Weaverova indexu (H') je pro jedinou variantu, testovanou ve druhé fázi experimentu stanovena $H' = 1,63 \pm 0,25$.

V rybníce 37 druhová diverzita substrátového zoobentosu narůstala po celou dobu experimentu (Graf 9). V rybníce 43 je tento nárůst patrný až od konce července (odběr 28. 7. 2014). V rybníce 40 narůstala druhová diverzita substrátového zoobentosu až do poloviny srpna (odběr 14. 8. 2014) a poté zaznamenala pokles. V rybníce 46 byla druhová diverzita zoobentosu v průběhu celého experimentu značně rozkolísaná. Odlišnost v druhové diverzitě substrátového zoobentosu mezi jednotlivými rybníky nebyla dle statistické analýzy prokázána.



Graf 9: Vývoj druhové diverzity substrátového zoobentosu v jednotlivých rybnících v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Tabulka 8 s výčtem taxonů, které byly nalezeny v substrátovém zoobentosu, je uvedena v Příloze 3. Dominantní skupinou byli v této fázi experimentu měkkýši, kteří byli zastoupeni především druhy *Physella acuta* a *Bythinia tentaculata* a rodem *Gyraulus*. Hojně se také vyskytoval druh *Lymnaea auricularia*. Další dominantní skupinou byly larvy pakomárů (Chironomidae), zastoupené zejména rody *Glyptotendipes* a *Endochironomus*. Dále se hojněji vyskytovaly rody *Polypedilum* a *Ablabesmyia*. Z dalších skupin dvoukřídlého hmyzu byla početně zastoupena čeleď pakomárcovití (Ceratopogonidae). Dominantním řádem hmyzu byly také jepice (Ephemeroptera). V porovnání s první fází experimentu byly hojněji zastoupeny i chrostíci (Trichoptera) a vážky (Odonata). Z jepic se vyskytoval pouze rod *Caenis* a druh *Cloeon dipterum*. Častými druhy chrostíků byly *Oecetis furva* či *Oecetis lacustris*. Poslední dominantní skupinou byly pijavice, zastoupené druhy *Helobdella stagnalis* a *Erpobdella octoculata*.

4.2.2. Dnový zoobentos

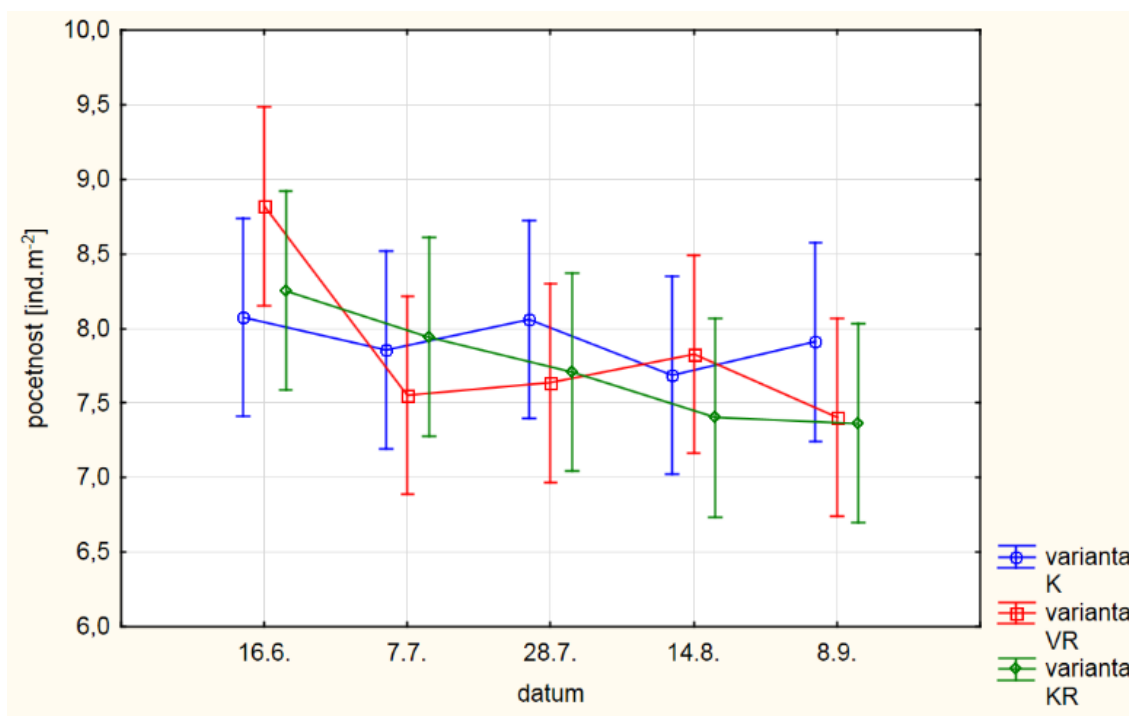
Dnový zoobentos v jednotlivých variantách ošetření rybníků byl odlišný v průměrné početnosti jedinců (Tab. 9). Průměrná biomasa dnového zoobentosu se téměř nelišila ve

variantě s vřesovcem a ve variantě s krmnou rybou. V kontrolní variantě byla tato hodnota větší (Tab. 9).

Tab. 9: Průměrné hodnoty početnosti jedinců a biomasy dnového zoobentosu pro testované varianty ve druhé fázi experimentu.

	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)	Krmná ryba ($\bar{x} \pm S.D.$)	Kontrola ($\bar{x} \pm S.D.$)
Početnost [ind.m ⁻²]	4069 ± 5422 ^a	3220 ± 2671 ^a	4309 ± 4146 ^a
Biomasa [g.m ⁻²]	31,233 ± 34,122 ^a	31,967 ± 28,673 ^a	43,878 ± 27,389 ^a

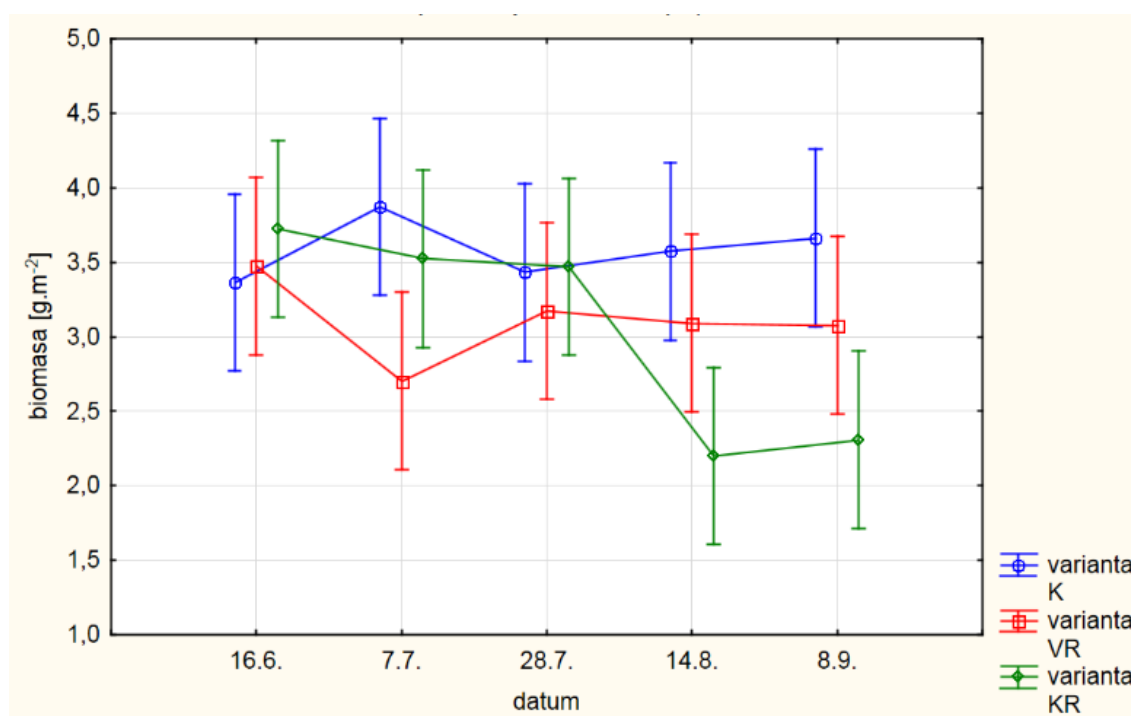
Dle statistické analýzy se mezi sebou v početnosti jedinců zoobentosu průkazně lišily pouze jednotlivé rybníky. Mezi variantami odlišnost prokázána nebyla ($F(12, 36) = 1,5014, p = 0,16897$). Početnost jedinců dnového zoobentosu ve variantě s vřesovcem (VR) a ve variantě kontrolní (K) v průběhu experimentu střídavě klesala a stoupala (Graf 10). Ve variantě s krmnou rybou (KR) postupně klesala.



Graf 10: Vývoj početnosti jedinců ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Biomasa dnového zoobentosu ve variantě s vřesovcem (VR) a v kontrolní variantě (K) kolísala během prvních tří odběrů (16. 6., 7. 7., 28. 7. 2014), ale v dalším průběhu experimentu se již měnila jen málo (Graf 11). Biomasa zoobentosu ve variantě

s krmnou rybou (KR) v celém průběhu experimentu postupně klesala až do poloviny srpna (odběr 14. 8. 2014), přičemž pokles byl od konce července (odběr 28. 7. 2014) mnohem výraznější než předtím. Do první poloviny září (odběr 8. 9. 2014) se již v této variantě biomasa zoobentosu změnila jen mírně (Graf 11). Odlišnost v množství biomasy dnového zoobentosu byla statisticky prokázána mezi jednotlivými rybníky a v interakci datum*varianta ($F(12, 36) = 2,5078, p = 0,01647$). V této interakci byly ale průkazné rozdíly pouze v sezónním průběhu (např.: varianta KR 16. 6. 2014 a 14. 8. 2014). Odlišnost mezi jednotlivými variantami se tedy statisticky prokázat nepodařilo.



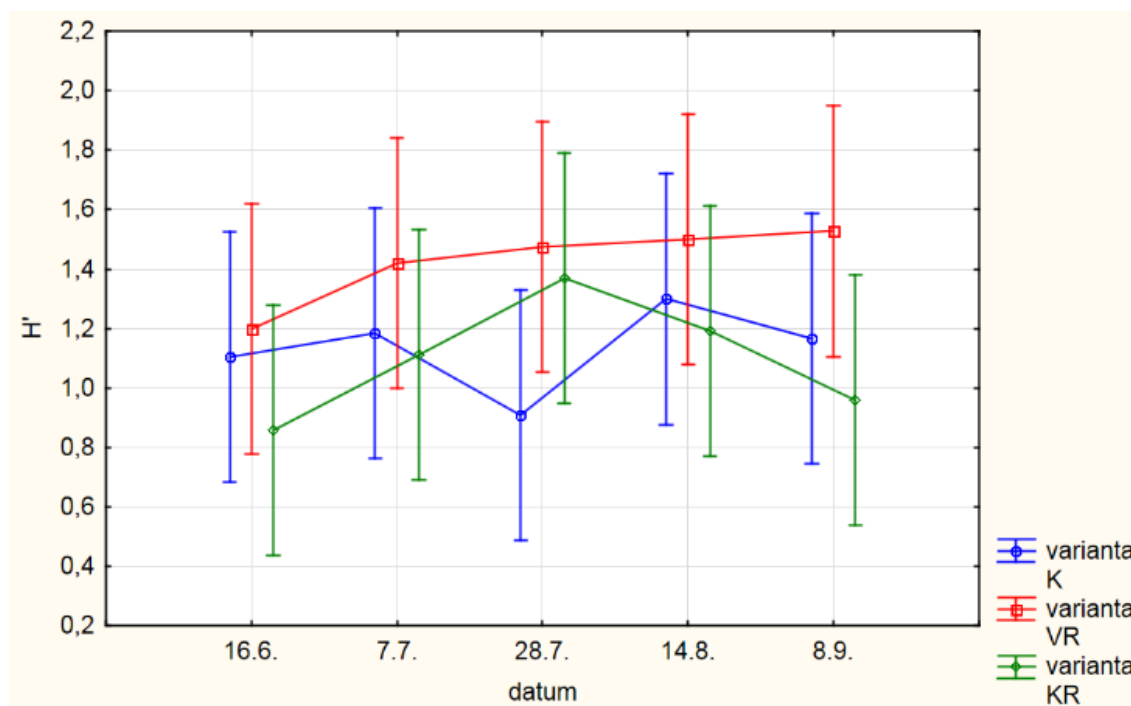
Graf 11: Vývoj biomasy dnového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Průměrná druhová diverzita, vyjádřená hodnotou Shannon - Weaverova indexu (H'), je ve všech variantách ošetření rybníků rozdílná (Tab. 10).

Tab. 10: Průměrné hodnoty druhové diverzity dnového zoobentosu pro testované varianty ve druhé fázi experimentu.

	Vřesovec ($\bar{x} \pm S.D.$)	Krmná ryba ($\bar{x} \pm S.D.$)	Kontrola ($\bar{x} \pm S.D.$)
H'	$1,42 \pm 0,48^a$	$1,1 \pm 0,4^a$	$1,13 \pm 0,51^a$

Druhová diverzita dnového zoobentosu ve variantě s vřesovcem (VR) po celou dobu experimentu mírně narůstala (Graf 12). Ve variantě s krmnou rybou (KR) výrazněji narůstala do konce července (odběr 28. 7. 2014) a dále pak v podobném trendu klesala. Druhová diverzita v kontrolní variantě (K) během celého experimentu kolísala (Graf 12). Statisticky průkazná odlišnost byla zjištěna pouze mezi jednotlivými rybníky, nikoli mezi testovanými variantami ($F(12, 36) = 0,60330$, $p = 0,82487$).



Graf 12: Vývoj druhové diverzity dnového zoobentosu v testovaných variantách v průběhu druhé fáze experimentu a jejich vzájemné porovnání.

Tabulka 11 s výčtem taxonů, které byly nalezeny ve dnovém zoobentosu, je uvedena v Příloze 4. V zoobentosu dominovali, podobně jako v první fázi experimentu, máloštětinatci (Oligochaeta) a larvy pakomárů (Chironomidae). Tyto skupiny byly dominantní ve všech třech variantách. Z máloštětinatců byla nejvíce zastoupena čeleď nitěnkovití (Tubificidae). Hojně se vyskytovaly i žížalice (Lumbriculidae). Z larev pakomárů převládala skupina *Chironomus plumosus* a zástupci rodu *Procladius*. Oproti první fázi experimentu se hojněji vyskytovali zástupci rodu *Glyptotendipes*. Z jiných skupin dvoukřídlého hmyzu byla početně zastoupena čeleď pakomárcovití (Ceratopogonidae). Častěji než v první fázi experimentu se rovněž vyskytovaly larvy střechatek (Megaloptera), zastoupené druhem *Sialis lutaria*, a larvy chrostíků

(Trichoptera). Početnou skupinou živočichů byli v bentosu také měkkýši (Mollusca) s nejčastěji nalézányými druhy *Physella acuta*, *Lymnaea auricularia* a rodem *Gyraulus*.

4.2.3. Porovnání substrátového a dnového zoobentosu ve druhé fázi pokusu

Substrátový a dnový zoobentos se ve druhé fázi experimentu lišily v průměrných hodnotách početnosti jedinců, v průměrných hodnotách biomasy i druhové diverzity.

Stejně jako v první fázi experimentu byla průměrná početnost jedinců i biomasa dnového zoobentosu (Tab. 9) ve všech třech variantách ošetření rybníků vyšší než u substrátového zoobentosu ve variantě s vřesovcem (Tab. 7). Druhová diverzita byla naopak větší v substrátovém zoobentosu ($H' = 1,63 \pm 0,25$), než v zoobentosu dnovém (Tab. 10) i když tento rozdíl již nebyl tolik výrazný jako v první fázi experimentu.

Podobně jako v první fázi experimentu, dominovali v substrátovém zoobentosu měkkýši a menší druhy larev pakomárů. V dnovém zoobentosu byly nadále dominantní máloštětinatci a larvy pakomárů skupiny *Chironomus plumosus*. Nicméně mnoho živočichů, kteří se v první fázi experimentu vyskytovali v dnovém zoobentosu jen zřídka (např.: některé menší druhy pakomárů, larvy chrostíků nebo měkkýši), se ve druhé fázi experimentu vyskytovalo hojněji.

5. Diskuze

5.1. První fáze pokusu

5.1.1. Substrátový zoobentos

Dle výsledků experimentu byla zaznamenána signifikantní odlišnost v abundanci substrátového zoobentosu mezi testovanými variantami ošetření rybníků. Na rohožích z vřesovce byla prokazatelně větší početnost jedinců zoobentosu než na pásích z geotextílie. V případě biomasy se odlišnost statisticky prokázat nepodařilo, nicméně z vypočtených průměrných hodnot (Tab. 1) je patrné, že na substrátu z vřesovce byla biomasa zoobentosu větší než na geotextílii.

Pravděpodobným vysvětlením výše zmíněných výsledků je přítomnost větší biomasy perifytonu na rohožích z vřesovce v porovnání s pásy geotextílie. Na vřesovci se tedy v porovnání s geotextílii nacházela větší potravní základna pro zoobentos, který mohl následně zaznamenat výraznější rozvoj. Větší biomasu perifytonu lze nalézt na biologicky rozložitelných substrátech (z přírodních materiálů), než na substrátech syntetických, což je způsobeno především vyluhováním živin z povrchu organických materiálů (van Dam a kol., 2002).

Dle výsledků paralelní diplomové práce Gabriely Chadtové (ZF), bylo na substrátech z vřesovce nalezeno zhruba 10-krát vyšší množství perifytonu v porovnání s geotextílií (Chadtová, 2015 v tisku). To podtrhuje také důležitost morfologické členitosti substrátu pro rozvoj perifytonu. Členitější substrát poskytuje větší plochu pro kolonizaci perifytonem a následně i pro kolonizaci zoobentosem (Cyr a Downing, 1988; Tessier a kol., 2007). U rohoží sestavených z drobných větviček vřesovce byla zjištěna mnohonásobně větší plocha substrátu, než v případě nečlenitých pásů z geotextílie (Chadtová, 2015 v tisku). Lze tedy dojít k závěru, že větší rozvoj přirozené potravy pro zoobentos na rohožích z vřesovce byl způsoben nejen přírodním charakterem substrátu, ale ze značné části i jeho velkou členitostí, která nabízela větší plochu pro rozvoj perifytonu a pro následnou kolonizaci zoobentosem v porovnání s nečlenitou geotextílií. Na zvýšení potravní základny pro zoobentos mohlo mít podíl také výraznější zachytávání plovoucího detritu na členitějším substrátu. Členitý substrát také poskytuje bentičtým živočichům mnoho úkrytů před nepříznivými vlivy okolního prostředí (Cyr a Downing, 1988; Yanygina, 2013). V rohožích z vřesovce tedy byli bentičtí živočichové

pravděpodobně lépe chránění před případnými disturbancemi. I tento faktor mohl přispět k větší abundanci zoobentosu na substrátu z vřesovce oproti substrátu z geotextílie.

Podobné druhové složení zoobentosu z obou variant substrátu potvrzuje pozorování, podle kterého může fytofilní zoobentos přežívat stejně dobře na makrofytech, jako na uměle nainstalovaných substrátech ve vodním sloupci (Cattaneo, 1983). Velmi podobný průměrný index druhové diverzity v obou variantách ošetření rybníků (Tab. 2) naznačuje, že přírodní či syntetický charakter instalovaných substrátů nemá na taxonomické složení asociovaného zoobentosu vliv. Toto tvrzení nicméně nebylo možné potvrdit v dalším průběhu vegetační sezóny, kde byl již testován pouze substrát z vřesovce (druhá fáze pokusu).

V porovnání s některými jinými, podobně orientovanými experimenty (Yanygina, 2013; Feldman, 2001), byla v případě tohoto pokusu zjištěna nižší druhová diverzita substrátového zoobentosu v obou testovaných variantách. Naopak průměrná hmotnost biomasy zoobentosu na substrátu z vřesovce (Tab. 1) byla v tomto experimentu téměř dvakrát vyšší v porovnání s průměrnou hmotností biomasy zoobentosu na makrofytech ($2,6 \pm 0,6 \text{ g.m}^{-2}$), která byla zjištěna z květnového odběru v pokusu Yanyginy (2013), provedeném na ruském jezeře Teletskoye. Průměrná hmotnost biomasy zoobentosu na substrátu z geotextílie (Tab. 1) se od hodnoty, stanovené v jarním odběru z ruského jezera, příliš nelišila. Naopak průměrná hmotnost biomasy fytofilního zoobentosu, stanovená Yanyginou (2013) z odběru, který byl na jezeře proveden v srpnu ($8,1 \pm 1,7 \text{ g.m}^{-2}$), je v porovnání s hodnotami zjištěnými na obou substrátech v této fázi experimentu vyšší.

5.1.2. Dnový zoobentos

Neprůkaznost vlivu variant ošetření rybníků na abundanci, biomasu a druhovou diverzitu dnového zoobentosu může mít několik příčin. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je, že instalace umělých substrátů do vodního sloupce nijak nepostihne zoobentos v dnovém sedimentu. Jiným možným vysvětlením by ale mohl být i samotný charakter experimentu. Jelikož je pokus prováděný v přírodních podmínkách, působí v jeho průběhu na zkoumané objekty množství faktorů. Průkazné odlišnosti se tedy hledají obtížněji, než v případě laboratorních pokusů.

Heterogenitou přírodních podmínek mohou být také vysvětleny signifikantní rozdíly v množství biomasy a druhové diverzitě dnového zoobentosu mezi jednotlivými rybníky. Mělké rybníky mají zpravidla celé charakter podobný litorálu jezer a mohou být po celé ploše dna osídleny makrofyty (Hartman a kol., 1998). Litorální charakter dna vodního útvaru vede k existenci mnoha mikrohabitatů s rozmanitými podmínkami prostředí (Lampert a Sommer, 1997; Schubert a Lellák, 1973). Průměrná hloubka rybníků v tomto experimentu byla u výpusti 1,2 m a při odběrech byly v mnohých z nich nalezeny porosty submerzních makrofyt (*Potamogeton*). Lze tedy předpokládat, že v různých rybnících i v různých částech dna jednoho rybníka panovaly odlišné podmínky prostředí.

Jiným možným vysvětlením signifikantní odlišnosti v množství biomasy a druhové diverzitě zoobentosu mezi jednotlivými rybníky může být způsob vzorkování. Sediment byl ze dna každého rybníka odebírán pouze na dvou místech. Je tedy možné se domnívat, že případné použití většího množství odběrových míst v průběhu jednoho vzorkování mohlo vést ke snížení rozdílů v druhové diverzitě a biomase zoobentosu mezi jednotlivými rybníky. Průkazné rozdíly v množství biomasy zoobentosu v sezónním průběhu ve variantách rybníků poukazují na rychlý přírůstek této biomasy.

Několikanásobně větší průměrná abundance a biomasa dnového zoobentosu (Tab. 4) v porovnání s hodnotami pro zoobentos substrátový (Tab. 1) je s největší pravděpodobností způsobena nízkým nebo téměř žádným predčním tlakem ze strany nasazených ryb. Organismy dnového zoobentosu jsou obecně málo ohroženy rybím plůdkem (Adámek a kol., 2010). Ten se není schopen dostat do hlubších vrstev sedimentu a bentické organismy se mohou do tohoto sedimentu ukrýt. Vzhledem ke skutečnosti, že do rybníků byly nasazeny larvy candáta obecného (*Sander lucioperca*), lze předpokládat, že rozvoj dnového zoobentosu byl jejich predčním tlakem omezen jen velmi málo.

Výsledky experimentu také podporují tvrzení, že druhová diverzita dnového zoobentosu bývá zpravidla menší než druhová diverzita zoobentosu fytofilního (Gilinsky, 1984; Orth a kol., 1984).

V porovnání s pokusem Yanyginy (2013), provedeném na ruském jezeře Teletskoye, byla v tomto experimentu zjištěna nižší průměrná druhová diverzita dnového zoobentosu ve všech testovaných variantách ošetření rybníků (Tab. 5). Yanygina (2013)

uvádí průměrnou hodnotu Shannon - Weaverova indexu diverzity pro dnový zoobentos, odebraný z jezera v květnu, $H' = 1,3$. Při srpnovém odběru byl průměrný index diverzity zoobentosu stanoven $H' = 2,08$. Průměrná hmotnost biomasy dnového zoobentosu byla naopak, v porovnání s pokusem Yanygina (2013), vyšší v tomto experimentu ve všech testovaných variantách (Tab. 4). Yanygina (2013) uvádí průměrnou hmotnost biomasy dnového zoobentosu, odebraného z jezera v květnu, $10,1 \pm 3,2 \text{ g.m}^{-2}$. Při srpnovém odběru byla průměrná hmotnost biomasy zoobentosu $12,8 \pm 4,9 \text{ g.m}^{-2}$.

5.2. Druhá fáze pokusu

5.2.1. Substrátový zoobentos

Neprůkaznost odlišnosti mezi testovanými rybníky ve všech třech hodnocených kritériích substrátového zoobentosu může být vysvětlena homogenitou habitatů poskytnutých rohožemi z vřesovce. Nicméně z příslušných grafů (Graf 7, 8, 9) je patrná velká rozkolísanost údajů v časovém průběhu experimentu. Nabízí se proto stejné vysvětlení jako v případě dnového zoobentosu v první fázi experimentu. Tímto vysvětlením je provedení pokusu v přírodních podmínkách, které jsou velmi variabilní. V rybnících byly v době odběrů rozvinuté porosty submerzních makrofyt (*Potamogeton*). Tyto rostliny mohly vázat část fytofilní bentické fauny, která by jinak kolonizovala instalovaný substrát. Odlišný sezónní vývoj makrofyt v jednotlivých rybnících tedy mohl mít za následek výše zmíněnou rozkolísanost hodnocených údajů v časovém průběhu experimentu.

Výrazný rozdíl byl zaznamenán v průměrném množství biomasy substrátového zoobentosu na vřesovci mezi první (Tab. 1) a druhou (Tab. 7) fází experimentu. Zatímco průměrná početnost jedinců byla v obou fázích experimentu podobná, průměrná biomasa byla ve druhé fázi experimentu několikanásobně větší. Příčinou je větší rozvoj měkkýšů (Mollusca) ve druhé fázi experimentu (Tab. 8). V této fázi pokusu měkkýši dominovali a svou biomasou více než dvakrát předčili larvy pakomárů (Chironomidae), které byly dominantní v první fázi experimentu (Tab. 3).

V porovnání s některými jinými, podobně zaměřenými experimenty (Yanygina, 2013; Feldman, 2001), byla v této fázi pokusu průměrná druhová diverzita zoobentosu nižší či téměř stejná. Průměrná hmotnost biomasy zoobentosu na substrátu z vřesovce (Tab. 7) byla v této fázi experimentu vyšší v porovnání s průměrnou hmotností biomasy

zoobentosu na makrofytech, která byla zjištěna v květnovém ($2,6 \pm 0,6 \text{ g.m}^{-2}$) a srpnovém ($8,1 \pm 1,7 \text{ g.m}^{-2}$) odběru v experimentu, provedeném Yanyginou (2013) na ruském jezeře Teletskoye.

5.2.2. Dnový zoobentos

Neprůkaznost vlivu variant ošetření rybníků na abundanci, biomasu a druhovou diverzitu dnového zoobentosu ve druhé fázi experimentu může být vysvětlena stejným způsobem, jako v případě dnového zoobentosu v první fázi experimentu. Vzhledem k signifikantně průkazným odlišnostem mezi jednotlivými rybníky ve všech třech hodnocených veličinách a značné rozkolísanosti údajů v časovém průběhu pokusu se však zdá být zásadní vliv heterogenity přírodních podmínek či užitého způsobu vzorkování ještě pravděpodobnější, než v první fázi experimentu.

Několikanásobně vyšší průměrné hodnoty abundance a biomasy dnového zoobentosu (Tab. 9) ve srovnání se zoobentosem substrátovým (Tab. 7) jsou pravděpodobně zapříčiněny nízkým predačním tlakem ze strany ryb, neboť jak již bylo konstatováno, rybí plůdek obtížně proniká do hlubších vrstev dnového sedimentu (Adámek a kol., 2010). Stejně jako v první fázi experimentu tedy nemohl vysazený rychlený plůdek candáta obecného pravděpodobně proniknout do dnového sedimentu k ukrytým bentickým živočichům. To stejné patrně platilo i pro vysazenou krmnou rybu. Predační tlak na dnový zoobentos byl tedy velmi malý a to umožnilo značný rozvoj organismů.

Zjištěné průměrné hodnoty druhové diverzity pro dnový a substrátový zoobentos opět podporují tvrzení, že druhová diverzita dnového zoobentosu bývá zpravidla menší než druhová diverzita zoobentosu fytofilního (Gilinsky, 1984; Orth a kol., 1984).

V této fázi experimentu se v dnovém zoobentosu hojněji vyskytovaly i některé druhy organismů, charakteristických spíše pro fytofilní zoobentos (larvy chrostíků, menší druhy pakomárů). Mnohé druhy, žijící ve fytofilním zoobentosu, se mohou vyskytovat nejen na povrchu makrofyt, ale i v dnovém substrátu mezi nimi (Yanygina, 2013). Tyto druhy mohou často ke své obživě využívat, kromě perifytálních nárostů, také detritus (Steinman, 1996). Za relativně vysokou přítomnost fytofilních druhů v dnovém zoobentosu je tedy zřejmě zodpovědný litorální charakter celé plochy dna rybníků a zejména častá přítomnost submerzních makrofyt.

V porovnání s pokusem Yanyginy (2013), provedeném na ruském jezeře Teletskoye, byla průměrná hmotnost biomasy dnového zoobentosu vyšší v této fázi experimentu, ve všech testovaných variantách ošetření rybníků (Tab. 9). Yanygina (2013) uvádí průměrnou hmotnost biomasy dnového zoobentosu, odebraného z jezera v květnu, $10,1 \pm 3,2 \text{ g.m}^{-2}$. Při odběru v srpnu byla průměrná hmotnost biomasy zoobentosu $12,8 \pm 4,9 \text{ g.m}^{-2}$. Průměrná druhová diverzita dnového zoobentosu byla v tomto experimentu vyšší v jedné a nižší ve dvou testovaných variantách (Tab. 10) v porovnání s průměrnou druhovou diverzitou zoobentosu, zjištěnou v pokusu Yanyginy (2013) z květnového odběru ($H' = 1,3$). V porovnání se srpnovým odběrem dnového zoobentosu z litorálu ruského jezera ($H' = 2,08$) byla v tomto experimentu nižší průměrná druhová diverzita zoobentosu ve všech testovaných variantách ošetření rybníků (Tab. 10).

6. Závěr

Účelem této práce bylo vyhodnotit vliv dvou různých umělých substrátů pro podporu růstu perifýtonu na rozvoj zoobentosu v rybnících. Na členitém substrátu z přírodního materiálu (vřesovec) byla zjištěna prokazatelně vyšší abundance zoobentosu, než na nečlenitém syntetickém substrátu (geotextilie). Syntetický substrát navíc nevykazoval pozitivní vliv, co se týče podpory produkce larev rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Ačkoliv byla ve variantě s tímto substrátem zjištěna největší celková délka těla ryb, bylo zde také zaznamenáno jejich nejnižší přežití. Z těchto důvodů nelze užití substrátu z geotextílie či jiných podobných materiálu pro zvýšení produkce chovaných ryb doporučit.

Vliv různých variant ošetření rybníků na abundanci, biomasu a druhovou diverzitu dnového zoobentosu nebyl v první ani ve druhé fázi experimentu prokázán. V porovnání s dnovým zoobentosem vykazoval zoobentos na substrátu z vřesovce v obou fázích experimentu menší průměrné hodnoty abundance a biomasy. Naopak průměrná druhová diverzita byla vždy vyšší v substrátovém zoobentosu.

Analýzou přijaté potravy candátů byla ve druhé fázi experimentu v rybnících se substrátem z vřesovce zjištěna výrazná konzumace fytofilního zoobentosu v pozdních fázích odchovu. V první fázi experimentu převládal v potravě candátů zooplankton. Dle výsledků byla v rybnících s instalovaným substrátem z vřesovce v první fázi experimentu zvýšena produkce rychleného plůdku candáta zhruba o 7 - 21 %. Na základě těchto údajů je tedy možno doporučit další výzkum v oblasti použití přírodních substrátů, který by mohl do budoucna zvýšit a zefektivnit produkci i dalších druhů chovaných ryb.

7. Seznam použité literatury

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., (2010). Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 350 p.
- Azim, M.E., Asaeda, T., (2005). Periphyton Structure, Diversity and Colonization. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), Periphyton: Ecology, Exploitation and Management. CABI Publishing, Wallingford, pp. 15 - 33.
- Azim, M.E., Beveridge, M.C.M., van Dam, A.A., Verdegem, M.C.J., (2005). Periphyton and Aquatic Production: an Introduction. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), Periphyton: Ecology, Exploitation and Management. CABI Publishing, Wallingford, pp. 1 - 13.
- Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Khatoon, H., Wahab, M.A., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., (2002). A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture* 212, 227 - 243.
- Azim, M.E., Wahab, M.A., Biswas, P.K., Asaeda, T., Fujino, T., Verdegem, M.C.J., (2004). The effect of periphyton substrate density on production in freshwater polyculture ponds. *Aquaculture* 232, 441 - 453.
- Beran, L., (1998). Vodní měkkýši ČR: Metodika ČSOP č. 17. 02/09 ZO ČSOP, Vlašim, 113 p.
- Beran, L., (2002). Vodní měkkýši České republiky: rozšíření a jeho změny, stanoviště šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam (Aquatic molluscs of the Czech Republic: distribution, and its ranges, habitats, dispersal, threat and protection, Red List). Sborník přírodovědného klubu v Uh. Hradišti, Supplementum, 258 p.
- Bitušik, P., (2000). Príručka na určovanie lariev pakomárov (Diptera: Chironomidae) Slovenska: Část 1. Buchonomyinae, Diamesinae, Prodiamesinae a Orthocladiinae. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, 133 p.
- Bouchard, R.W., (2004). Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 p.
- Burkholder, J.M., (1996). Interactions of Benthic Algae with Their Substrata. In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L. (Eds.), *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, New York, pp. 253 - 297.

- Cattaneo, A., (1983). Grazing on epiphytes. *Limnology and Oceanography* 28, 124 - 132.
- Colon-Gaud, J-CH., Kelso, W.E., Rutherford, D.A., (2004). Spatial Distribution of Macroinvertebrates Inhabiting *Hydrilla* and *Coontail* Beds in the Atchafalaya Basin, Louisiana. *Journal of Aquatic Plant Management* 42, 85 - 91.
- Cyr, H., Downing, J.A., (1988). The abundance of phytophilous invertebrates on different species of submerged macrophytes. *Freshwater Biology* 20, 365 - 374.
- Dempster, P.W., Beveridge, M.C.M., Baird, D.J., (1993). Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus*: a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. *Journal of Fish Biology* 43, 385 - 392.
- Feldman, R.S., (2001). Taxonomic and size structures of phytophilous macroinvertebrate communities in *Vallisneria* and *Trapa* beds of the Hudson River, New York. *Hydrobiologia* 452, 233 - 245.
- Fott, B., (1956). *Sinice a řasy*. Československá akademie věd, Praha, 373 p.
- Gilinsky, E., (1984). The role of fish predation and spatial heterogeneity in determining benthic community structure. *Ecology* 65, 455 - 468.
- Goldsborough, L.G., McDougal, R.L., North, A.K., Periphyton in Freshwater Lakes and Wetlands. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 71 - 89.
- Graham, L.E., Wilcox, L.W., (2000). *Algae*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 699 p.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědrónský, E., (1998). *Hydrobiologie*. Druhé, přepracované vydání. Informatorium, Praha, 335 p.
- Hrabě, S., Bartoš, E., Fott, B., Frankenberger, Z., Havlík, O., Jančařík, A., Jírovec, O., Kostroň, K., Šrámek-Hušek, R., Vondráček, K., Weiser, J., (1954). *Klíč zvířeny ČSR: Díl 1. (Prvoci, houby, láčkovci, červi, mechovky, měkkýši, korýši)*. Československá akademie věd, Praha, 539 p.
- Chadtová, G., (2015, v tisku). *Vztah rozvoje fytoplanktonu a perifytonu*. Diplomová práce, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 52 p.
- Chejsin, J.M., (1955). *Stručný klíč k určování sladkovodních živočichů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 175 p.

- Jakrlová, J., Pelikán, J., (1999). *Ekologický slovník terminologický a výkladový*. Fortuna, Praha, 144 p.
- Kalff, J., (2002). *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 592 p.
- Keshavanath, P., Gangadhar, B., (2005). Research on Periphyton - based Aquaculture in India. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 223 - 236.
- Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T.J., van Rooij, J.M., Beveridge, M.C.M., Baird, D.J., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., (2001). Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture. *Aquaculture Research* 32, 189 - 197.
- Lampert, W., Sommer, U., (1997). *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press, New York, 382 p.
- Lellák, J., Kubiček, F., (1991). *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 256 p.
- Milbrink, G., (1980). Oligochaete Communities in Pollution Biology: The European: Situation With Special Reference to Lakes in Scandinavia. In: Brinkhurst, R.O., Cook, D.G. (Eds.), *Aquatic Oligochaete Biology*. Plenum Press, New York, pp. 433 - 455.
- Milstein, A., (2012). Periphyton-based aquaculture: underwater hard surfaces in ponds promote development of natural food for fish. *Indian Journal of Social and Natural Sciences* 1, 93 - 99.
- Moller Pillot, H.K.M., (2009). *Chironomidae Larvae: Biology and Ecology of the Chironomini*. KNNV Publishing, Zeist, 288 p.
- Moss, B., (1988). *Ecology of fresh waters: Man and Medium*. Second edition. Blackwell Science Ltd., Oxford, 417 p.
- Orendt, C., Spies, M., (2012). *Chironomini (Diptera: Chironomidae: Chironominae): Keys to Central European larvae using mainly macroscopic characters*. Second, revised edition. Leipzig, 64 p.
- Orth, R.J., Heck, K.L., van Montfrans, J., (1984). Faunal communities in seagrass beds: A review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. *Estuaries* 7, 339 - 350.
- Pfleger, V., (1988). *Měkkýši*. Artia, Praha, 191 p.

- Poddubnaya, T. L., (1980). Life Cycles of Mass Species of Tubificidae (Oligochaeta). In: Brinkhurst, R.O., Cook, D.G. (Eds.), *Aquatic Oligochaete Biology*. Plenum Press, New York, pp. 175 - 184.
- Reid, G.K., Wood, R.D., (1976). *Ecology of Inland Waters and Estuaries*. Second edition. D. van Nostrand Company, New York, 485 p.
- Rozkošný, R., Ježek, J., Knoz, J., Kramář, J., Krampl, F., Kubíček, F., Lellák, J., Minář, J., Pokorný, P., Raušer, J., Sedlák, E., Špačková, V., Šusták, J.M., Zelený, J., Zelinka, M., (1980). *Klíč vodních larev hmyzu*. Československá akademie věd, Praha, 521 p.
- Rulík, M., Baudišová, D., Růžička, J., Šimek, K., (2013). *Mikrobiální ekologie vod*. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc, 292 p.
- Sedlák, E., (2006). *Zoologie bezobratlých*. Druhé, přepracované vydání. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno, 337 p.
- Schroeder, G.L., Wohlfarth, G., Alkon, A., Halevy, A., Krueger, H., (1990). The dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. *Aquaculture* 86, 219 - 229.
- Schubert, A., Lellák, J., (1973). *Život ve sladkých vodách*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 285 p.
- Smrž, J., (2013). *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Karolinum, Praha, 192 p.
- Steinman, A.D., (1996). Effects of Grazers on Freshwater Benthic Algae. In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L. (Eds.), *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, New York, pp. 341 - 374.
- Tessier, C., Cattaneo, A., Pinel-Alloul, B., Hudon, Ch., Borcard, D., (2007). Invertebrate communities and epiphytic biomass associated with metaphyton and emergent and submerged macrophytes in a large river. *Aquatic Sciences* 70, 10 - 20.
- Timm, T., (1980). Distribution of Aquatic Oligochaetes. In: Brinkhurst, R.O., Cook, D.G. (Eds.), *Aquatic Oligochaete Biology*. Plenum Press, New York, pp. 55 - 77.
- van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., (2002). The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12, 1 - 31.

- van Dam, A.A., Verdegem, M.C.J., (2005). Utilization of Periphyton for Fish Production in Ponds: a Systems Ecology Perspective. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 91 - 111.
- Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Azim, M.E., Beveridge, M.C.M., (2005). Periphyton Ecology, Exploitation and Management: Knowledge Gaps and Directions for Future Research. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 299 - 307.
- Vermaat, J.E., (2005). Periphyton Dynamics and Influencing Factors. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 35 - 49.
- Walker, P.D., Wijnhoven, S., van der Velde, G., (2013). Macrophyte presence and growth form influence macroinvertebrate community structure. *Aquatic Botany* 104, 80 - 87.
- Weitzel, R.L., (1979). Periphyton Measurements and Applications. In: Weitzel, R.L. (Ed.), *Methods and Measurements of Periphyton Communities: A Review*. American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication (ASTM, STP) 690, pp. 3 - 33.
- Wetzel, R.G., (1983). *Limnology*. Second edition. Saunders College Publishing, Philadelphia, 860 p.
- Wetzel, R.G., (2005). Periphyton in the Aquatic Ecosystem and Food Webs. In: Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M. (Eds.), *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Wallingford, pp. 51 - 69.
- Yanygina, L.V., (2013). Phytophilous Zoocoenoses of Lake Teletskoye. *Contemporary Problems of Ecology* 3, 287 - 291.

8. Seznam příloh

- Příloha 1:** Tab. 3: Výčet taxonů, nalezených v substrátovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků v první fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.
- Příloha 2:** Tab. 6: Výčet taxonů, nalezených ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků v první fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.
- Příloha 3:** Tab. 8: Výčet taxonů, nalezených v substrátovém zoobentosu v testované variantě ošetření rybníků ve druhé fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.
- Příloha 4:** Tab. 11: Výčet taxonů, nalezených ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků ve druhé fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.

9. Přílohy

Příloha 1:

Tab. 3: Výčet taxonů, nalezených v substrátovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků v první fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]		Biomasa [g.m ⁻²]	
	Vřesovec	Geotextilie	Vřesovec	Geotextilie
Gastropoda				
<i>Anisus</i> sp.	1 ± 2	0	0,009 ± 0,033	0
<i>Bythinia tentaculata</i>	3 ± 4	7 ± 10	0,182 ± 0,337	0,683 ± 0,991
<i>Gyraulus</i> sp.	6 ± 10	2 ± 6	0,056 ± 0,125	0,023 ± 0,081
<i>Lymnaea auricularia</i>	42 ± 81	51 ± 84	0,549 ± 1,068	0,342 ± 0,538
<i>Lymnaea stagnalis</i>	0	2 ± 3	0	0,381 ± 1,036
<i>Planorbis planorbis</i>	1 ± 2	0	0,077 ± 0,268	0
<i>Physella acuta</i>	61 ± 130	1 ± 2	0,79 ± 1,259	0,003 ± 0,01
Bivalvia				
<i>Musculium lacustre</i>	0	1 ± 2	0	0,011 ± 0,039
Suma Mollusca	112 ± 214	61 ± 81	1,664 ± 2,585	1,443 ± 1,566
Hirudinea				
<i>Erpobdella octoculata</i>	6 ± 6	5 ± 12	0,534 ± 0,807	0,307 ± 1,038
<i>Glossiphonia complanata</i>	0	4 ± 14	0	0,006 ± 0,019
<i>Helobdella stagnalis</i>	29 ± 45	3 ± 5	0,141 ± 0,193	0,015 ± 0,031
Suma Hirudinea	35 ± 47	12 ± 21	0,674 ± 0,771	0,327 ± 1,061
Oligochaeta				
Tubificidae	24 ± 63	11 ± 24	0,014 ± 0,037	0,009 ± 0,029
Suma Oligochaeta	24 ± 63	11 ± 24	0,014 ± 0,037	0,009 ± 0,029
Crustacea				
<i>Asellus aquaticus</i>	1 ± 2	11 ± 20	0,002 ± 0,006	0,022 ± 0,041
Insecta				
Insecta	0	2 ± 3	0	0,001 ± 0,002
Coleoptera				
Coleoptera (adult)	1 ± 2	0	0,002 ± 0,006	0
Dytiscidae	7 ± 24	1 ± 2	0,012 ± 0,042	0,01 ± 0,035
<i>Gyrinus</i> sp.	2 ± 3	0	0,01 ± 0,033	0
Hydrophilidae	1 ± 2	0	0	0
<i>Hyphidrus ovatus</i>	3 ± 8	7 ± 22	0,011 ± 0,037	0,022 ± 0,077

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]		Biomasa [g.m ⁻²]	
	Vřesovec	Geotextilie	Vřesovec	Geotextilie
<i>Laccophilus</i> sp.	3 ± 5	3 ± 8	0,007 ± 0,013	0,003 ± 0,01
<i>Spercheus emarginatus</i>	2 ± 4	0	0,009 ± 0,031	0
Suma Coleoptera	16 ± 28	10 ± 29	0,008 ± 0,013	0,005 ± 0,014
Diptera				
Diptera pupa	2 ± 4	1 ± 2	0,005 ± 0,011	0,003 ± 0,012
Ceratopogonidae	7 ± 13	3 ± 5	0,021 ± 0,057	0,001 ± 0,004
<i>Ablabesmyia</i> sp.	26 ± 42	0	0,041 ± 0,06	0
<i>Corynoneura</i> sp.	4 ± 12	0	0,001 ± 0,002	0
<i>Endochironomus</i> sp.	231 ± 250	10 ± 13	0,491 ± 0,633	0,012 ± 0,016
<i>Glyptotendipes</i> sp.	279 ± 385	8 ± 11	0,437 ± 0,426	0,022 ± 0,038
Chironomidae	131 ± 159	133 ± 298	0,218 ± 0,273	0,09 ± 0,188
Chironominae	39 ± 55	43 ± 52	0,019 ± 0,028	0,015 ± 0,015
<i>Chironomus plumosus</i>	57 ± 85	16 ± 44	0,404 ± 0,623	0,035 ± 0,102
Orthocladinae	271 ± 246	199 ± 269	0,132 ± 0,101	0,136 ± 0,239
<i>Polypedilum</i> sp.	324 ± 620	28 ± 42	0,326 ± 0,573	0,032 ± 0,049
<i>Procladius</i> sp.	19 ± 24	16 ± 18	0,022 ± 0,036	0,01 ± 0,012
Tanytarsini	21 ± 42	7 ± 18	0,006 ± 0,013	0,001 ± 0,004
Suma Chironomidae	1397 ± 912	456 ± 468	2,095 ± 1,499	0,354 ± 0,292
Ephemeroptera				
<i>Caenis</i> sp.	3 ± 6	4 ± 7	0,018 ± 0,043	0,022 ± 0,037
<i>Cloeon dipterum</i>	8 ± 21	10 ± 23	0,028 ± 0,072	0,053 ± 0,105
Suma Ephemeroptera	11 ± 21	14 ± 28	0,047 ± 0,076	0,074 ± 0,114
Heteroptera				
Corixidae	8 ± 13	9 ± 16	0,031 ± 0,063	0,006 ± 0,011
Odonata				
Zygoptera	2 ± 4	4 ± 7	0,001 ± 0,002	0,063 ± 0,126
Suma Odonata	2 ± 4	4 ± 7	0,001 ± 0,002	0,063 ± 0,126
Trichoptera				
<i>Oecetis furva</i>	0	1 ± 2	0	0,002 ± 0,006
Trichoptera	1 ± 2	1 ± 2	0,014 ± 0,05	0,011 ± 0,039
Suma Trichoptera	1 ± 2	2 ± 5	0,014 ± 0,05	0,013 ± 0,044

Příloha 2:

Tab. 6: Výčet taxonů, nalezených ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků v první fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]			Biomasa [g.m ⁻²]		
	Vřesovec	Geotextílie	Kontrola	Vřesovec	Geotextílie	Kontrola
Gastropoda						
<i>Bythinia tentaculata</i>	0	8 ± 15	2 ± 7	0	0,606 ± 1,32	0,183 ± 0,635
<i>Lymnaea stagnalis</i>	0	2 ± 7	0	0	0,05 ± 0,173	0
Bivalvia						
<i>Musculium lacustre</i>	0	8 ± 20	0	0	0,698 ± 1,752	0
Suma Mollusca	0	17 ± 31	2 ± 7	0	1,354 ± 2,553	0,183 ± 0,635
Hirudinea						
<i>Erpobdella octoculata</i>	0	12 ± 23	13 ± 23	0	1,2 ± 3,113	1,269 ± 2,685
<i>Helobdella stagnalis</i>	2 ± 7	8 ± 20	6 ± 14	0,002 ± 0,006	0,026 ± 0,071	0,026 ± 0,061
Suma Hirudinea	2 ± 7	19 ± 37	19 ± 27	0,002 ± 0,006	1,226 ± 3,113	1,295 ± 2,68
Oligochaeta						
Lumbriculidae				0,521 ± 1,605	11,287 ± 23,531	0
Tubificidae	2172 ± 3282	3833 ± 5024	2790 ± 4256	10,185 ± 18,493	15,982 ± 37,389	12,4 ± 20,498
Suma Oligochaeta	2172 ± 3282	3833 ± 5024	2790 ± 4256	10,706 ± 18,283	27,269 ± 40,154	12,4 ± 20,498
Arachnida						
Hydracarina	2 ± 7	0	0	0,002 ± 0,006	0	0
Coleoptera						
Dytiscidae	0	2 ± 7	0	0	0,002 ± 0,006	0
<i>Hyphydrus ovatus</i>	0	2 ± 7	0	0	0,013 ± 0,045	0
<i>Laccophilus</i> sp.	0	2 ± 7	0	0	0	0
Suma Coleoptera	0	6 ± 11	0	0	0,015 ± 0,045	0
Diptera						
Ceratopogonidae	152 ± 158	149 ± 181	251 ± 393	0,161 ± 0,186	0,322 ± 0,495	0,395 ± 0,606
<i>Glyptotendipes</i> sp.	2 ± 7	15 ± 28	12 ± 33	0,026 ± 0,09	0,072 ± 0,153	0,024 ± 0,083
Chironomidae pupa	38 ± 64	12 ± 23	45 ± 68	0,213 ± 0,483	0,048 ± 0,096	0,435 ± 0,752
Chironominae	102 ± 167	62 ± 106	160 ± 308	0,146 ± 0,274	0,178 ± 0,338	0,863 ± 2,16
<i>Chironomus plumosus</i>	714 ± 1104	299 ± 692	2516 ± 4183	9,329 ± 14,381	2,94 ± 8,803	24,509 ± 43,549
Orthocladinae	2 ± 7	13 ± 31	13 ± 39	0	0,043 ± 0,117	0,035 ± 0,122
<i>Polypedilum</i> sp.	93 ± 287	241 ± 562	15 ± 34	0,094 ± 0,293	0,311 ± 0,717	0,009 ± 0,022
<i>Procladius</i> sp.	249 ± 306	323 ± 480	117 ± 92	0,822 ± 1,2	1,013 ± 1,884	0,248 ± 0,176
Tanytarsini	32 ± 71	4 ± 9	51 ± 122	0,013 ± 0,028	0	0,02 ± 0,053

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]			Biomasa [g.m ⁻²]		
	Vřesovec	Geotextilie	Kontrola	Vřesovec	Geotextilie	Kontrola
Suma Chironomidae	1229 ± 1138	966 ± 1365	2926 ± 4495	10,644 ± 14,322	4,605 ± 9,771	26,144 ± 46,031
Tabanidae	0	12 ± 21	0	0	0,398 ± 0,878	0
Heteroptera						
Corixidae	0	0	2 ± 7	0	0	0
Megaloptera						
<i>Sialis lutaria</i>	6 ± 20	2 ± 7	0	0,013 ± 0,045	0,004 ± 0,012	0
Trichoptera						
<i>Oecetis furva</i>	0	0	2 ± 7	0	0	0,002 ± 0,006
<i>Oecetis lacustris</i>	2 ± 7	0	0	0,013 ± 0,045	0	0
Trichoptera	0	0	6 ± 11	0	0	0,124 ± 0,242
Suma Trichoptera	2 ± 7	0	8 ± 12	0,013 ± 0,045	0	0,126 ± 0,241

Příloha 3:

Tab. 8: Výčet taxonů, nalezených v substrátovém zoobentosu v testované variantě ošetření rybníků ve druhé fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.

Taxon	Vřesovec	
	Početnost [ind.m ⁻²]	Biomasa [g.m ⁻²]
Platyhelminthes		
<i>Turbellaria</i>	20 ± 70	0,045 ± 0,126
Gastropoda		
<i>Anisus</i> sp.	22 ± 80	0,074 ± 0,215
<i>Bythinia tentaculata</i>	106 ± 181	1,992 ± 2,656
<i>Lymnaea auricularia</i>	40 ± 85	0,804 ± 1,838
<i>Lymnaea stagnalis</i>	2 ± 3	0,093 ± 0,313
<i>Gyraulus</i> sp.	253 ± 310	0,795 ± 0,623
<i>Physella acuta</i>	319 ± 413	2,461 ± 2,631
Bivalvia		
<i>Musculium lacustre</i>	1 ± 2	0,019 ± 0,087
Suma Mollusca	740 ± 677	6,238 ± 4,443
Hirudinea		
<i>Erpobdella octoculata</i>	80 ± 64	0,538 ± 0,458
<i>Glossiphonia complanata</i>	1 ± 2	0
<i>Helobdella stagnalis</i>	52 ± 56	0,284 ± 0,392
Suma Hirudinea	132 ± 101	0,821 ± 0,752
Oligochaeta		
<i>Stylaria lacustris</i>	1 ± 3	0
Arachnida		
Hydracarina	1 ± 2	0
Crustacea		
<i>Asellus aquaticus</i>	61 ± 146	0,092 ± 0,231
Coleoptera		
Dytiscidae	1 ± 3	0,005 ± 0,024
Hydrophilidae	1 ± 3	0,002 ± 0,008
<i>Hyphidrus ovatus</i>	4 ± 9	0,011 ± 0,036
<i>Laccophilus</i> sp.	2 ± 3	0,003 ± 0,009
<i>Noterus clavicornis</i>	1 ± 2	0,002 ± 0,009
<i>Oulimnius troglodites</i>	1 ± 3	0
Suma Coleoptera	8 ± 9	0,003 ± 0,006

Taxon	Vřesovec	
	Početnost [ind.m ⁻²]	Biomasa [g.m ⁻²]
Diptera		
Diptera pupa	2 ± 7	0,014 ± 0,057
<i>Anopheles</i> sp.	1 ± 3	0
Ceratopogonidae	36 ± 37	0,024 ± 0,023
<i>Ablabesmyia</i> sp.	10 ± 23	0,007 ± 0,013
<i>Endochironomus</i> sp.	87 ± 159	0,155 ± 0,347
<i>Glyptotendipes</i> sp.	406 ± 388	2,559 ± 2,651
Chironomidae	9 ± 17	0,064 ± 0,127
Chironominae	40 ± 96	0,057 ± 0,095
<i>Chironomus plumosus</i>	2 ± 7	0,041 ± 0,144
<i>Microtendipes</i> sp.	4 ± 11	0,006 ± 0,021
Orthocladinae	7 ± 13	0,002 ± 0,005
<i>Polypedilum</i> sp.	15 ± 35	0,01 ± 0,028
<i>Procladius</i> sp.	4 ± 10	0,004 ± 0,019
Suma Cironomidae	579 ± 540	2,905 ± 2,977
Tabanidae	2 ± 4	0,014 ± 0,045
<i>Odontomyia</i> sp.	1 ± 3	0
Ephemeroptera		
<i>Caenis</i> sp.	5 ± 9	0,003 ± 0,011
<i>Caenis robusta</i>	7 ± 22	0,025 ± 0,103
<i>Cloeon dipterum</i>	72 ± 100	0,084 ± 0,129
Suma Ephemeroptera	83 ± 105	0,112 ± 0,168
Lepidoptera		
Pyralidae	1 ± 3	0
Heteroptera		
Corixidae	2 ± 4	0,002 ± 0,007
Megaloptera		
<i>Sialis</i> sp.	2 ± 3	0,015 ± 0,05
Odonata		
<i>Anax imperator</i>	2 ± 3	0,764 ± 2,519
<i>Erythromna najas</i>	1 ± 3	0,027 ± 0,109
<i>Pyrhosoma nymphula</i>	2 ± 4	0,018 ± 0,057
Zygoptera	10 ± 26	0,043 ± 0,084
Suma Odonata	13 ± 26	0,852 ± 2,506
Trichoptera		
<i>Ecnomus tennelus</i>	3 ± 7	0,013 ± 0,051
<i>Holocentropus dubius</i>	2 ± 3	0,002 ± 0,009

Taxon	Vřesovec	
	Početnost [ind.m ⁻²]	Biomasa [g.m ⁻²]
<i>Oecetis furva</i>	8 ± 8	0,1 ± 0,299
<i>Oecetis lacustris</i>	3 ± 5	0,012 ± 0,042
Trichoptera	2 ± 5	0,029 ± 0,093
Suma Trichoptera	15 ± 13	0,157 ± 0,316

Příloha 4:

Tab. 11: Výčet taxonů, nalezených ve dnovém zoobentosu v testovaných variantách ošetření rybníků ve druhé fázi pokusu s uvedením průměrných hodnot ($\bar{x} \pm S.D.$) početnosti jedinců a biomasy.

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]			Biomasa [g.m ⁻²]		
	Vřesovec	Krmná ryba	Kontrola	Vřesovec	Krmná ryba	Kontrola
Gastropoda						
<i>Anisus</i> sp.	0	2 ± 5	0	0	0,008 ± 0,035	0
<i>Bythinia tentaculata</i>	24 ± 46	7 ± 18	41 ± 64	2,099 ± 4,19	0,634 ± 1,914	2,65 ± 3,899
<i>Gyraulus</i> sp.	42 ± 98	4 ± 11	34 ± 56	0,162 ± 0,348	0,032 ± 0,134	0,239 ± 0,423
<i>Lymnaea auricularia</i>	79 ± 98	37 ± 48	65 ± 80	4,828 ± 6,962	4,596 ± 7,776	6,666 ± 9,839
<i>Physella acuta</i>	114 ± 132	2 ± 5	53 ± 100	3,425 ± 4,441	0,08 ± 0,358	1,3 ± 2,539
Bivalvia						
<i>Musculium lacustre</i>	3 ± 7	0	7 ± 11	0,108 ± 0,332	0	0,42 ± 0,72
Suma Mollusca	260 ± 252	50 ± 56	198 ± 194	10,621 ± 13,732	5,349 ± 7,798	11,274 ± 11,209
Hirudinea						
<i>Erpobdella octoculata</i>	9 ± 16	23 ± 39	38 ± 71	0,309 ± 0,632	1,536 ± 3,667	1,033 ± 1,915
<i>Glossiphonia heteroclita</i>	0	0	2 ± 5	0	0	0,03 ± 0,134
<i>Helobdella stagnalis</i>	9 ± 16	12 ± 23	48 ± 153	0,053 ± 0,108	0,057 ± 0,16	0,226 ± 0,66
Suma Hirudinea	19 ± 22	34 ± 59	88 ± 192	0,362 ± 0,633	1,593 ± 3,734	1,288 ± 2,617
Oligochaeta						
Lumbriculidae				2,279 ± 6,009	0	12,875 ± 27,181
Tubificidae	2308 ± 5155	1315 ± 2202	3252 ± 4216	10,53 ± 31,141	4,688 ± 7,346	11,915 ± 18,684
Suma Oligochaeta	2308 ± 5155	1315 ± 2202	3252 ± 4216	12,809 ± 30,999	4,688 ± 7,346	24,789 ± 28,014
Arachnida						
Hydracarina	2 ± 5	3 ± 10	0	0,001 ± 0,005	0,004 ± 0,02	0
Insecta						
Insecta pupa	2 ± 5	0	0	0,017 ± 0,075	0	0
Coleoptera						
Dytiscidae	0	0	2 ± 5	0	0	0,004 ± 0,02
<i>Hyphydrus ovatus</i>	0	0	3 ± 7	0	0	0,009 ± 0,028
Suma Coleoptera	0	0	4 ± 12	0	0	0,013 ± 0,042
Diptera						
Diptera pupa	0	2 ± 5	0	0	0,003 ± 0,015	0
Ceratopogonidae	125 ± 160	124 ± 218	65 ± 99	0,169 ± 0,23	0,247 ± 0,644	0,134 ± 0,242
<i>Ablabesmyia</i> sp.	4 ± 11	2 ± 5	0	0,007 ± 0,025	0,002 ± 0,01	0
<i>Glyptotendipes</i> sp.	26 ± 71	58 ± 122	35 ± 53	0,124 ± 0,469	0,239 ± 0,518	0,173 ± 0,248

Taxon	Početnost [ind.m ⁻²]			Biomasa [g.m ⁻²]		
	Vřesovec	Krmná ryba	Kontrola	Vřesovec	Krmná ryba	Kontrola
Chironomidae pupa	37 ± 50	39 ± 44	26 ± 36	0,385 ± 0,693	0,337 ± 0,484	0,222 ± 0,481
Chironominae	739 ± 1345	189 ± 155	183 ± 295	0,587 ± 0,894	0,285 ± 0,321	0,218 ± 0,263
<i>Chironomus plumosus</i>	229 ± 311	1079 ± 1916	241 ± 508	4,24 ± 5,822	17,793 ± 31,523	4,879 ± 10,133
<i>Procladius</i> sp.	262 ± 232	297 ± 336	197 ± 158	0,397 ± 0,331	0,539 ± 0,628	0,477 ± 0,464
Suma Chironomidae	1295 ± 1590	1663 ± 2054	680 ± 584	5,739 ± 6,486	19,194 ± 32,186	5,969 ± 10,2
Tabanidae	0	2 ± 5	0	0	0,058 ± 0,258	0
Ephemeroptera						
<i>Caenis</i> sp.	5 ± 12	0	2 ± 5	0,01 ± 0,027	0	0,001 ± 0,005
<i>Cloeon dipterum</i>	6 ± 13	2 ± 5	0	0,016 ± 0,051	0	0
Suma Ephemeroptera	11 ± 20	2 ± 5	2 ± 5	0,026 ± 0,059	0	0,001 ± 0,005
Heteroptera						
Corixidae	0	2 ± 5	2 ± 5	0	0	0,007 ± 0,03
Megaloptera						
<i>Sialis lutaria</i>	35 ± 59	19 ± 33	8 ± 19	1,254 ± 2,237	0,76 ± 1,407	0,269 ± 0,585
Odonata						
Libellulidae	2 ± 5	0	2 ± 5	0,002 ± 0,001	0	0,038 ± 0,169
<i>Sympetrum</i> sp.	2 ± 5	0	0	0,104 ± 0,467	0	0
Zygoptera	0	2 ± 5	0	0	0,003 ± 0,015	0
Suma Odonata	3 ± 8	2 ± 5	2 ± 5	0,107 ± 0,467	0,003 ± 0,015	0,038 ± 0,169
Trichoptera						
<i>Oecetis lacustris</i>	4 ± 15	0	0	0,018 ± 0,08	0	0
Trichoptera	14 ± 28	11 ± 19	16 ± 22	0,11 ± 0,23	0,066 ± 0,124	0,093 ± 0,2
Suma Trichoptera	17 ± 30	11 ± 19	16 ± 22	0,128 ± 0,235	0,066 ± 0,124	0,093 ± 0,2

10. Abstrakt

Vliv perifytonu na rozvoj bentosu v rybnících.

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv dvou typů umělých substrátů pro rozvoj perifytonu na společenstva zoobentosu v rybnících s odchovem plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Experiment měl dvě fáze a byl proveden ve dvanácti rybnících na pokusnictví VÚRH ve Vodňanech. V první fázi experimentu měly rybníky tři varianty ošetření: instalovaný substrát z vřesovce, instalovaný substrát z geotextílie a kontrolní varianta bez substrátu. Každá varianta měla čtyři opakování. Ve druhé fázi experimentu byl odstraněn substrát z geotextílie a varianty ošetření rybníků byly: instalovaný substrát z vřesovce, rybníky s nasazenou krmnou rybou a kontrolní varianta. V průběhu obou fází experimentu bylo v rybnících provedeno několik odběrů substrátového a dnového zoobentosu. Vzorky byly následně vyhodnoceny. Dle statistické analýzy byla zjištěna signifikantně vyšší abundance zoobentosu na substrátu z vřesovce v porovnání s geotextílií ($F(1, 6) = 12,897$, $p = 0,011$). Průměrné hodnoty početnosti jedinců a hmotnosti biomasy byly vždy větší u dnového zoobentosu, než u zoobentosu substrátového. Naopak průměrné hodnoty indexu diverzity byly vždy větší u substrátového zoobentosu oproti zoobentosu dnovému. Vliv varianty ošetření rybníků na rozvoj dnového zoobentosu nebyl potvrzen. Stejně tak vliv geotextílie pro podporu rybí produkce byl spíše negativní. Substrát z vřesovce podpořil v první fázi experimentu produkci candáta o 7 - 21 % a proto je vhodné pokračovat v dalším výzkumu v této oblasti, který může přinést zefektivnění odchovu některých druhů ryb v raných stádiích vývoje.

Klíčová slova: candát, substrát, vřesovec, geotextílie, abundance, biomasa

11. Abstract

The effect of periphyton on the development of macrozoobenthos in ponds.

The aim of this study was to evaluate the effect of two types of artificial substrate enhancing periphyton development on macrozoobenthos community in ponds in which larvae of pikeperch (*Sander lucioperca*) were cultured to advanced fry. The experiment was divided into two time periods and was performed in twelve ponds in experimental facility of FFPW in Vodňany. In the first time period of the experiment (from the end of April to the beginning of June) there were three different treatments of the ponds established: a substrate from heather, a substrate from geotextiles and a control without any substrate. Each treatment had four repetitions. In the second time period of the experiment (from the middle of June to end of September) the substrate from geotextiles was removed and following options of the pond treatment such as the substrate from heather, releasing of prey fish into the four ponds and no support of periphyton (a control) were applied. In the course of both experimental time periods samples of substrate and bottom macrozoobenthos were taken in ponds each 3 weeks. According to statistical analysis, significantly higher abundance of macrozoobenthos was found on the substrate from heather in comparison to substrate from geotextiles ($F(1, 6) = 12,897, p = 0,011$). Mean values of the species abundance and the species biomass were always higher in the bottom macrozoobenthos than in the substrate macrozoobenthos. Mean values of diversity index were always higher in the substrate macrozoobenthos than in the bottom macrozoobenthos. The effect of the pond treatment on development of the bottom macrozoobenthos was not confirmed. The influence of the geotextiles on enhancement of fish production was rather negative. The substrate from heather increased the production of advanced pikeperch fry at 7 - 21 %, in the first time period of the experiment. Thus, next further research in this field can be beneficial regarding effective culture of some important fish species.

Key words: pikeperch, substrate, heather, geotextiles, abundance, biomass