

# Sezónní dynamika zooplanktonu rybníka Vydymáček u Plzně

## Seasonal dynamics of zooplankton in the shallow pond Vydymáček near Plzeň (Czech Republic)

Veronika Kreidlová<sup>1\*</sup>, Michal Šorf<sup>2</sup> & Jiří Kout<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a envigogiky, Klatovská 51, 306 19 Plzeň, \*e-mail: kreidlovav@seznam.cz

<sup>2</sup> Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie ekosystémů, Branišovská 1716/31c, 370 05 České Budějovice

### Abstract

Zooplankton seasonal dynamics in the limnetic and littoral zones of Vydymáček pond was studied during the season 2012. Vydymáček is a small (ca 0,88 ha), slightly dystrophic pond and belongs to the Bolevec pond system (Western Bohemia, Czech Republic). The zooplankton occurrence was probably influenced by relatively low pH (seasonal mean from April to November: 5,8). Overall, six cladoceran taxa, five copepod taxa and 39 rotifer taxa were found. The number of species was low during the springtime and increased later in the season. The quantity of cladocerans was significantly different between the open water and littoral zone B. The rotifer *Brachionus sericus* and the chydorid cladoceran *Chydorus sphaericus* were the most frequent species in the zooplankton community during April and May. *Microcodon clavus* together with *B. sericus* are typical taxa occurring in acidic water. The finding of the rotifer *Tripleuchlanis plicata* represents the first record of this species in the Czech Republic. The possible causes and consequences of the zooplankton-abiotic factors relationship are discussed.

### Keywords

Seasonal succession, shallow lake, Rotifera, Cladocera, Copepoda, *Tripleuchlanis plicata*, *Paracyclops poppei*

### Úvod

Boleveckou soustavu tvoří celkem 11 rybníků, jež jsou v majetku města Plzně (Havelka 2002, Černá 2008). Změnám společenstva zooplanktonu Velkého a Malého boleveckého rybníka se věnovala ve své bakalářské práci Černá (2008). Navázala na ni Tucaurová (2009), která se zaměřila na zbylé rybníky soustavy s výjimkou rybníka Strženka a dvou za sebou ležících rybníků – Vydymáčku a Rozkopaného.

Výše zmiňované práce se zaměřují pouze na zooplankton limnetické zóny a opomíjejí tak bohaté společenstvo zooplanktonu nacházející se v litorálech rybníků.

Cílem této studie bylo popsat druhové složení společenstva zooplanktonu v rybníce Vydymáček a pokusit se vysvětlit jeho sezónní změny společně s rozdíly mezi zooplanktonem litorální a limnetické zóny. Výsledky našeho výzkumu vyplňují mezeru ve sledování zooplanktonu Bolevecké soustavy. Mohou být užitečné při sestavování managementu rybníka a zároveň doplňují poznání rozdílů mezi společenstvem zooplanktonu limnetické zóny a litorálu.

## Popis lokality

Rybník Vydymáček se nachází na severním okraji Plzně v údolí Merán v nadmořské výšce 334 m (Sofron & Nesvadbová 1997, Kumpera 2008) a přímo sousedí s přírodní památkou Doubí (Skála 2003). Od svého založení v 15. století pravděpodobně dvakrát zanikl, ale v obou případech byl znovu obnoven (Janeček et al. 2001, Ebel et al. 2002). Nyní plní funkci převážně krajinnotvornou jako součást arboreta Sofronka (Janeček et al. 2001, Kopáčková 2005). Svou rozlohou, cca 0,88 ha, se Vydymáček řadí mezi menší rybníky Bolevecké soustavy (Kopáčková 2005). Jeho hráz měří na délku 75 m a na výšku 3,1 m. Objem nádrže při běžné provozní hladině (333,25 m n. m.) je 8 420 m<sup>3</sup> (Kůsová 2007). Během sledovaného období byla naměřena nejvyšší hloubka u hráze 2,1 m. Vydymáček je napájen bezejmenným potokem (hydrologické číslo povodí 1-10-04-003) pramenícím v rašeliništi pod vrchem Orlík (400 m n. m.), kde je zřízeno trvalé sanační čerpání z areálu Škoda Orlík (Ebel et al. 2002, Čihák & Duras 2005). Povodí bezejmenného přítoku o rozloze 2,67 km<sup>2</sup> je z 90 % zalesněno, jeho nejvyšším bodem je Borek (399 m n. m.; Kůsová 2007).

V údolí Merán vyplňují okolí rybníka fluvialní písčitohlinité a jílovitokamenité sedimenty (Líbalová & Mašek 1989). Dno Vydymáčku i dalších rybníků Bolevecké soustavy má původ v arkózách (pískovce obsahující větší množství kaolinitu) karbonského stáří (Janeček et al. 2001, Mergl 2010). Na oligotrofní horniny karbonu je navázán výskyt oligotrofních hnědých lesních půd nacházejících se v širším okolí rybníka (Sofron & Nesvadbová 1997, Skála 2003). Kyselá horniny s nízkým obsahem minerálních látek ve spodní vodě (hlavně bázi) tvoří dobré podmínky pro vznik rašeliny (Sofron & Nesvadbová 1997, Chytrý et al. 2001). Rašelina byla přítomna i v místech, kde se dnes nachází Vydymáček a proti proudu vodoteče výše položený rybník Rozkopaný. Výstavbou těchto rybníků byla většina plochy rašeliniště zlikvidována a dnes se kolem nich nacházejí jen jeho zbytky (Skála 2003).

V průběhu našeho sledování se rybník jevil jako dystrofní a během vegetační sezóny z velké části zarostl vodními rostlinami. Vydymáček nebyl v době sledování rybářsky využíván. Ačkoli jsme známky přítomnosti ryb našli, přesné údaje o rybí obsádce nejsou k dispozici.

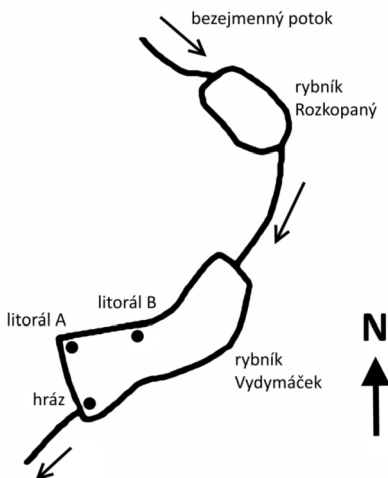
## Metodika

Zooplankton limnetické zóny byl odebírán poblíž nejhlubšího místa z dřevěné lávky, která vede z kamenné hráze rybníka (obr. 1, hráz: 49°47'22,611" N, 13°23'22,872" E). Vzorky litorálního zooplanktonu byly odebírány ze dvou vybraných příbřežních partií (obr. 1, litorál A: 49°47'23,843" N, 13°23'22,419" E; litorál B: 49°47'24,213" N, 13°23'24,876" E) s dominantním porostem sítiny cibulkaté (*Juncus bulbosus*) (T. Kučera, úst. sděl.).

Celkem bylo v období od dubna do listopadu 2012 provedeno v dopoledních hodinách 10 odběrů na těchto třech vybraných stanovištích. Mezi dvěma odběrovými dny byl dodržován přibližně třítydenní interval.

Obr. 1. Rybníky Vydymáček a Rozkopaný a vyznačená odběrová místa (hráz, litorál A, litorál B).

Fig. 1. Vydymáček and Rozkopaný ponds. Circles represent sampling points: dam (marked as 'hráz') and two different littoral areas (marked as 'litorál A' and 'litorál B').



## Limnetická zóna

Vzorky perlooček (Cladocera) a klanonožců (Copepoda) byly loveny planktonní sítí o rozměrech ok 200  $\mu\text{m}$  s Apsteinovým nástavcem a průměrem vstupního otvoru 20 cm. Vertikální tah planktonní sítí byl proveden v celém rozsahu vodního sloupce ode dna ke hladině tak, aby nebyly zbytečně zvěřeny sedimenty. Obraný vzorek byl převeden do umělohmotné vzorkovnice s uzávěrem. Síť byla několikrát propláchnuta a její obsah přidán do vzorku.

Semikvantitativní vzorek zooplanktonu byl odebírán sítí s oky o velikosti 40  $\mu\text{m}$  a průměrem vstupního otvoru 29 cm. Metodika odběru se shoduje s výše popsaným postupem pro síť s velikostí ok 200  $\mu\text{m}$ . Kombinace obou typů sítí byla nutná kvůli zachycení vířníků (Rotifera), kteří by řídkou sítí unikali.

## Litorál

Odběr probíhal na obou litorálních stanovištích podle stejné metodiky. Planktonní síť o rozměru ok 40  $\mu\text{m}$  a velikosti vstupního otvoru 29 cm nebylo možné

použit přímo pro tažení vodou kvůli přítomnosti litorálního porostu. Pro odběr semikvantitativního vzorku bylo nutné použít plastovou nádobu o objemu 1 l. Během procházení litorálních porostů bylo vždy přefiltrováno 10 litrů vody a takto získaný vzorek byl kvantitativně převeden do umělohmotné vzorkovnice.

Všechny vzorky byly fixovány formaldehydem na výslednou hodnotu koncentrace přibližně 4 %.

### Měření fyzikálně-chemických parametrů vody

Na prvním stanovišti u hráze byla při každém odběru změřena hloubka rybníka a průhlednost vody Secchiho deskou. Na všech třech stanovištích byla za pomoci multiparametrické sondy WTW Multi 340i (WTW, Německo) měřena u hladiny rybníka hodnota pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě, vodivost a teplota vody.

### Zpracování vzorků

Vzorek z limnetické zóny odebraný sítí s oky o velikosti 200  $\mu\text{m}$  byl zbaven formaldehydu propláchnutím vodou přes sítko s očky 20  $\mu\text{m}$ . Pod stereomikroskopem (Olympus SZ 51) byly spočítány larvy rodu *Chaoborus*. Poté byli nalezení klanonožci a perloočky determinováni pod mikroskopem (Olympus BX 51).

Semikvantitativní vzorek byl po propláchnutí vodou prohlédnut pod stereomikroskopem. Za účelem determinace byli vybíráni konkrétní jedinci z řad korýšů (dospělé samice buchanek nejlépe s vaječnými váčky a dospělé samice perlooček). Pod mikroskopem jsme poté určovali vířníky, perloočky a klanonožce. V závěru byl stanoven vzájemný procentuální poměr jednotlivých druhů a vyšších taxonomických skupin ve vzorku. Během mikroskopování byly pravidelně pořizovány mikrofotografie jednotlivých druhů pro možnost zpětné kontroly.

Pro určování byly použity tyto determinační klíče: Bartoš (1959), Brandl (1974), Koste (1978), Amoros (1984), Segers (1995) a Kořínek (2005).

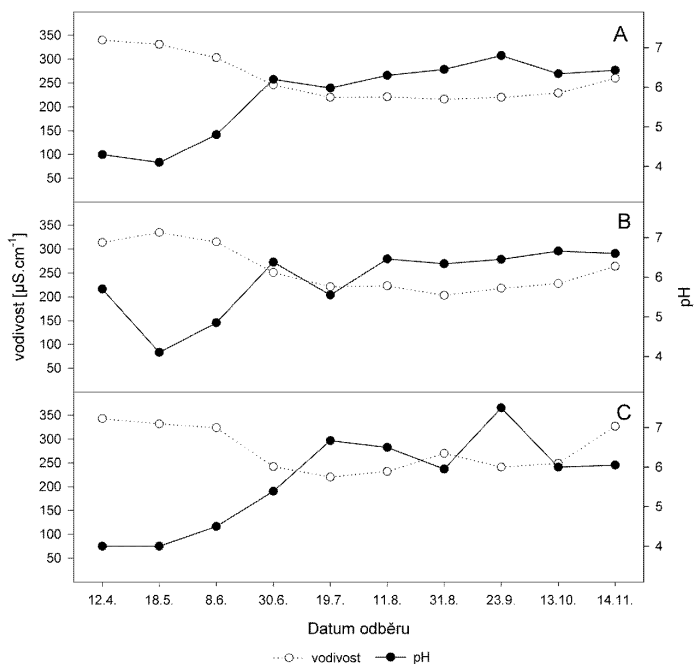
### Statistické zpracování dat

K vyhodnocení vazby mezi počtem nalezených taxonů a měřeními charakteristikami prostředí byla zvolena lineární regrese. Prezentovaná data (tab. 2) vyjadřují korelační koeficient, přičemž signifikance navrženého modelu je pro zjednodušení vyjádřena pouze počtem symbolů (hvězdiček). Rozdíly v nalezených počtech taxonů mezi limnetickou zónou a oběma litorály byly vyhodnoceny jednocestnou analýzou variance. Dva základní předpoklady ANOVy – homogenita variance a normální rozdělení dat – byly testovány během všech jednotlivých analýz. Žádné ze vstupních proměnných nebylo nutné transformovat. Analýzu variance nebylo možné použít pro klanonožce, protože byl ve většině odběrů nalezen pouze 1 taxon. Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu Statistica 10 (StatSoft Inc.).

## Výsledky

### Fyzikálně-chemické vlastnosti vody

Vývoj pH během sezóny měl opačný průběh než vodivost (obr. 2). Nejnižší hodnoty pH byly naměřeny zjara (18. 5.) v oblasti litorálů i volné vody (obr. 2, tab. 1); od té doby mělo pH převážně vzestupnou tendenci. Hodnota vodivosti ve sledovaném období se pohybovala od 203  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (litorál A) do 343  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (litorál B; tab. 1).

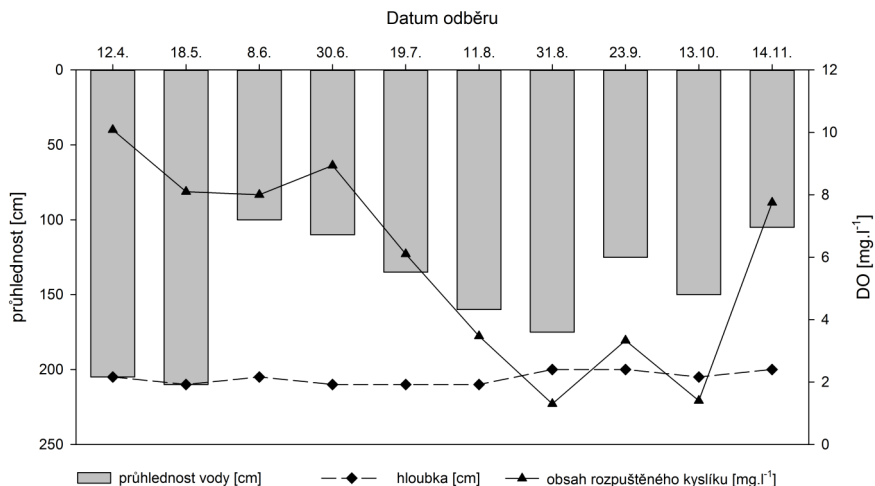


Obr. 2. Sezónní průběh vodivosti a pH: A) hráz, B) litorál A, C) litorál B (duben–listopad 2012).

Fig. 2. The seasonal dynamics of conductivity and pH: A) near the dam (sampling point 'hráz'), B) littoral A, C) littoral B (April–November 2012).

Obsah kyslíku ve vodě vykazoval značnou sezónní proměnlivost a korespondoval s průhledností vody (obr. 3). V litorálu A byl 31. 8. zjištěn deficit koncentrace rozpuštěného kyslíku (tab. 1). Vyšší variabilita obsahu rozpuštěného kyslíku a teploty vody byla zaznamenána v obou místech litorálu rybníka.





Obr. 3. Sezónní průběh průhlednosti vody, hloubky rybníka a obsahu rozpuštěného kyslíku u hráze (duben–listopad 2012). Obsah rozpuštěného kyslíku byl měřen u hladiny v dopoledních hodinách (mezi 9:00–12:00).

Fig. 3. The seasonal dynamics of transparency, depth and dissolved oxygen concentration near the dam (sampling point 'hráz'), (April–November 2012). Dissolved oxygen concentration was measured below the water surface (9–12 am).

### Druhové složení a sezónní dynamika zooplanktonu

Ve Vydymáčku bylo za období duben–listopad 2012 celkem nalezeno 50 taxonů zooplanktonu, z toho bylo 39 taxonů vírníků a 11 taxonů korýšů (6 taxonů perlooček a 5 taxonů klanonožců; tab. 3).

Pravidelně se vyskytujícími perloočkami byly *Chydorus sphaericus*, *Ceriodaphnia quadrangula* a *Scapholeberis mucronata*. *C. sphaericus* se objevoval po celé vzorkovací období, ale nejhojnější byl na jaře. *C. quadrangula* tvořila od června do října významnou část zooplanktonu litorálu A, v menší míře byla determinována také u hráze a v litorálu B. *S. mucronata* byla pravidelně přítomna v obou litorálech po celou sezónu. V limnetické zóně byl její výskyt omezen pouze na červen. Perloočky *Alona guttata*, *Daphnia longispina* a *Simocephalus exspinosus* se vyskytovaly pouze ojediněle, převážně v podzimním období. U perlooček byl prokázán rozdíl mezi jednotlivými odběrovými místy v počtu nalezených taxonů – druhově nejbohatším byl litorál A (jednocestná ANOVA:  $F = 6,5$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0,01$ ).

Nejčastěji nalézáným zástupcem klanonožců byl *Acanthocyclops einslei*. Druhy *Diacyclops bicuspidatus*, *Macrocyclus fuscus*, *Paracyclops poppei* a *Eudiaptomus gracilis* se ve vzorcích podařilo prokázat pouze sporadicky. *M. fuscus* byl nalezen

jen v listopadu v litorálu A, *P. poppei* byl přítomen pouze v litorálech na jaře a na podzim. Vznášivka *E. gracilis* byla determinována v podzimních vzorcích z hráze.

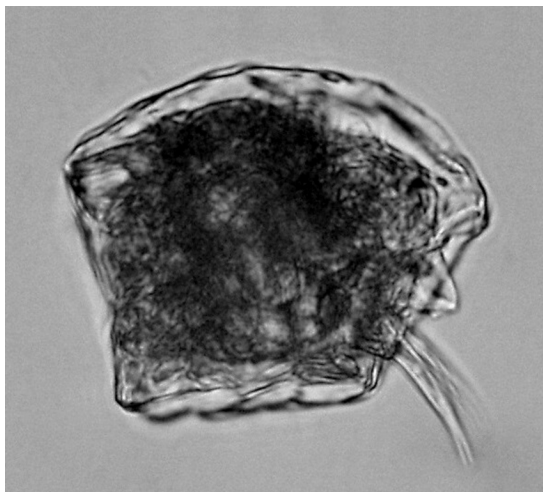
Ve Vydymáčku bylo zjištěno větší množství taxonů vírníků než koryšů (tab. 3). Dominantními byli ve všech třech odběrových místech *Anuaeropsis fissa*, *Brachionus sericus* a *Keratella testudo*. Čeleď Lecanidae byla pravidelnou součástí společenstva vírníků převážně druhé poloviny sledovaného období a byla zastoupena zejména druhy *L. bulla*, *L. hamata*, *L. tenuiseta* a *L. closteroerca*. Nezanedbatelný podíl měl od srpna

ve vzorku z hráze a z litorálu A rod *Polyarthra* s determinovanými druhy *P. dolichoptera* a *P. vulgaris/major*. *Synchaeta pectinata* se od srpna hojně vyskytovala v limnetické zóně. Pravidelně se v zooplanktonu Vydymáčku objevovali také zástupci rodů *Epiphanes*, *Lepadella* a *Trichocerca*.

Druh *Tripleuchlanis plicata* (obr. 4) nevytvořil během vzorkovacího období ve Vydymáčku velké populace, ale jde o první potvrzený nález tohoto druhu na území České republiky.

### Hráz

Na jaře, kdy se pH pohybovalo v rozmezí 4 až 5 (duben–červen), bylo společenstvo zooplanktonu druhově chudé (obr. 5). Se zvyšující se hodnotou pH během sezóny narůstal i počet nalezených druhů. Svého maxima dosáhl v září. Největší podíl na růstu druhové diverzity měli vírníci. Počet determinovaných taxonů vírníků úzce koreloval s vývojem pH, vodivostí a obsahem rozpuštěného kyslíku (tab. 2). Ze zmíněných abiotických faktorů měl největší vliv na vírníky obsah rozpuštěného kyslíku. Vírníci se stali dominantní skupinou po sezónním maximu abundance larev koretry rodu *Chaoborus* (30. 6.), kdy se významně snížil podíl perloček ve vzorku.



Obr. 4. *Tripleuchlanis plicata*, nový druh vírníka pro Českou republiku.

Fig. 4. *Tripleuchlanis plicata*, new rotifer species in the Czech Republic.



Tab. 2. Výsledky lineární regrese provedené mezi počtem taxonů vybraných skupin zooplanktonu a vybranými fyzikálně-chemickými faktory (použité hodnoty zjištěné v období duben–listopad 2012; výsledky vyjádřeny korelačním koeficientem, tučně vyznačené hodnoty jsou odstupňované podle hladiny pravděpodobnosti: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ); počet měření (N) = 10 kromě měření obsahu rozpuštěného kyslíku u litorálu A (N = 9).

Tab. 2. Linear regression performed between the number of zooplankton taxa and selected physico-chemical variables (based on values from April to November 2012, results expressed as the correlation coefficient, \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ ); number of measurements (N) = 10 but dissolved oxygen concentration in littoral A (N = 9).

<b>Taxonomická skupina</b> (celkový počet taxonů) (total number of taxa)	<b>Průhlednost</b> Transparency	<b>Teplota</b> Temperature	<b>pH</b>	<b>Obsah rozpuštěného kyslíku</b> Dissolved oxygen concentration	<b>Vodivost</b> Conductivity
<b>Hráz</b>					
Cladocera (6)	0,18	0,3	0,09	0,13	0,03
Rotifera (25)	0,05	0,12	<b>0,55 *</b>	<b>0,61 **</b>	<b>0,42 *</b>
<b>Litorál A</b>					
Cladocera (5)		0,01	0,24	0,12	0,3
Rotifera (29)		0,11	<b>0,41 *</b>	0,24	0,26
<b>Litorál B</b>					
Cladocera (3)		0,06	<b>0,56 *</b>	0,28	<b>0,58 *</b>
Rotifera (16)		0,19	0,22	0,23	< 0,01

U hráze bylo zjištěno všech šest druhů perlooček determinovaných ve Vydymáčku (tab. 3). V dubnu a v květnu se vyskytoval pouze *C. sphaericus*. Svého maxima dosáhl v květnu, kdy tvořil 40 až 80 % zooplanktonu ve vzorku. Začátkem června se k němu přidala o něco méně početná *S. mucronata* (5–10 %), která byla zaznamenána i koncem měsíce (10–20 %), kdy už *C. sphaericus* nebyl nalezen. Od července se společenstvo perlooček změnilo a netvořilo již tak podstatnou část vzorku jako na jaře. Nejvýznamnější perloočkou letní části sezóny se stala *C. quadrangula*, do září jediná zaznamenaná perloočka. Její podíl ve sledovaném společenstvu zooplanktonu však nepřesáhl 5 %. V září pak spolu s ní byly zjištěny ještě dva druhy. Znovu se objevila *S. mucronata* (< 1 %) a nově byl zaznamenán výskyt *D. longispina*, jež v planktonu vytrvala až do konce vzorkovacího období, ale tvořila méně jak 1 % vzorku.

V limnetické zóně byly nalezeny celkem tři druhy klanonožců (dva druhy buchanek, jeden druh vznášivky; tab. 3). Teprve na začátku června byl zjištěn výskyt

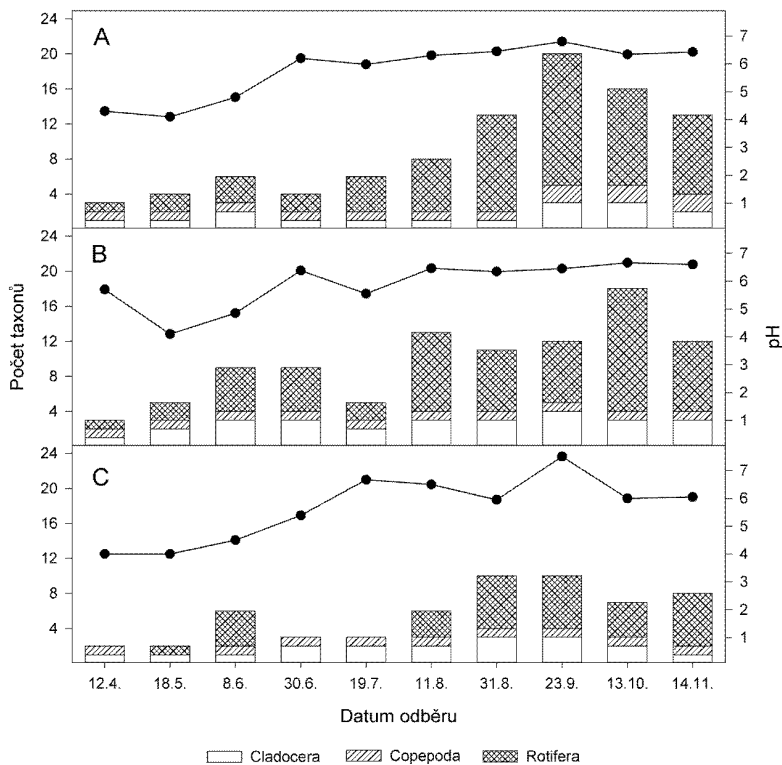
buchanky *D. bicuspidatus*, jejíž přítomnost byla potvrzena také v listopadu. Začátkem srpna byla určena další buchanka, *A. einslei*, která byla zjištěna také ve vzorku z listopadu společně s *D. bicuspidatus*. Jediný zástupce vznášivek vyskytující se ve Vydymáčku, *E. gracilis*, byl pozorován v září a v říjnu.

Celkem bylo u hráze nalezeno 25 taxonů vírníků (tab. 3). Od května do června byl dominantním druhem acidofilní *B. sericus*. V dubnu byl *B. sericus* dokonce jediným přítomným vírníkem, koncem června však z planktonu vymizel. Po zbytek sezóny se stala dominantní *K. testudo*. Největší podíl ve vzorku měla v říjnu (40–80 %), v ostatních případech tvořila 20 až 40 %. V červenci spolu s ní dominovala v limnetické zóně také *Hexarthra* sp., ale už v následujícím měsíci její podíl začal klesat a naposledy byla přítomna ve vzorku ze září. Dalším významným vírníkem limnetické zóny byla *A. fissa*. V zooplanktonu se objevila začátkem srpna a během něj měla stejné zastoupení jako *K. testudo*. Její podíl pak v září poklesl (1–5 %) a od října už nebyla nalezena vůbec. Významnější podíl ve vzorku ve druhé polovině sezóny měla také *S. pectinata*, rod *Polyarthra*, *Trichocerca* sp., *L. bulla* a *Epiphanes* sp. V listopadu se počet nalezených druhů vírníků o něco snížil a na významu získala *Keratella cochlearis*, jinak po celý rok prakticky nepřítomná, nyní tvořila 5 až 10 % zjištěného zooplanktonu. V říjnu a v listopadu byl v limnetické zóně nalezen *Conochilus hippocrepis*, jenž nebyl přítomen v žádném z litorálních stanovišť. Dalšími vírníky nalezenými pouze u hráze byli *Microcodon clavus*, *Mytilina* sp., *Lepadella* sp. a *P. dolichoptera* (tab. 3). Druh *T. plicata* byl nalezen pouze v září a tvořil méně než 1 % zooplanktonu ve vzorku.

### Litorál A

Přestože byla druhová diverzita během roku více rozkolísaná než u volné vody, je zde vidět trend vzrůstajícího počtu taxonů s postupující sezónou a zvyšující se hodnotou pH (obr. 5). Závislost nalezených taxonů na pH se však podařilo prokázat pouze u vírníků (tab. 2). Procentuální zastoupení vírníků ve vzorku bylo během sezóny dosti proměnlivé se dvěma vrcholy (8. 6. a 11. 8. 40–80 % vzorku). Perloočky dosáhly svého sezónního maxima na jaře, kde tvořily více než 80 % vzorku zooplanktonu. Během sledovaného období byl jejich podíl poměrně vyrovnaný. Výrazný pokles u nich nastal až na podzim. V listopadu tvořily 1 až 5 % vzorku, nejméně za celou sezónu. Naopak klanonožci v té době dosáhli svého maxima (> 80 %).

Kromě *D. longispina* byly v litorálu A zjištěny všechny ve Vydymáčku determinované perloočky (tab. 3). Téměř po celou sezónu byly nalézány tři z nich: *C. sphaericus*, *C. quadrangula* a *S. mucronata*. *S. exspinosus* byl determinován v září a v listopadu a v obou případech tvořil 1 až 5 % ze sledovaných planktonických skupin.



Obr. 5. Sezónní změny počtu taxonů (sloupce) a pH (plná kolečka): A) hráz, B) litorál A, C) litorál B (duben–listopad 2012).

Fig. 5. The seasonal changes of number taxa (columns) and pH (full circles): A) near the dam (sampling point 'hráz'), B) littoral A, C) littoral B (April–November 2012).

V litorálu A byly nalezeny všechny ve Vydymáčku determinované buchanky (tab. 3). Na jaře byly zjištěny dva druhy: *D. bicuspidatus* (12. 4.) a *P. poppei* (8. 6.). *A. einslei* byl nalezen v červenci a v říjnu. V listopadu byl objeven druh *M. fuscus*.

Celkem bylo v litorálu A zjištěno 29 taxonů vířníků, výskyt některých druhů se nepodařilo zaznamenat na ostatních dvou odběrových místech (např. *Kellicottia longispina*, *Lecane obtusa*, *Lepadella patella*, *Lepadella rhomboides*, *Collotheca* sp.; tab. 3). *B. sericus* byl přítomen od dubna do začátku června s největším podílem ve vzorku z června (20–40 %). Od května do října se ve vzorku pravidelně objevovala *Lepadella* sp. *K. testudo* byla poprvé zjištěna v červenci a od té doby byla pravidelnou součástí zooplanktonu vyjma měsíce září. Největšího podílu

ve vzorku dosáhla v říjnu (10–20 %). Významným rodem vírníka byla od srpna *Polyarthra* s pravidelným výskytem až do konce sledovaného období. Nejhojnější se stala 11. 8., kdy měla ve vzorku 20–40 % zastoupení. V srpnovém vzorku se podařilo determinovat jeden druh z výše zmiňovaného rodu, jednalo se o *P. vulgaris/major*. *A. fissa* se vyskytovala pouze v srpnu. Začátkem měsíce tvořila 20 až 40 % sledovaného zooplanktonu. *L. bulla* byla významná jen koncem srpna (10–20 %), ale byla zjištěna již začátkem měsíce a následně také v září. Od září do listopadu se společně vyskytovali *Lepadella acuminata* a *T. plicata*.

### Litorál B

Během velké části sledovaného období se nepodařilo nalézt v litorálu B zástupce vírníků (obr. 5). Maximální druhové diverzity bylo dosaženo 11. 8. a 23. 9. (10 taxonů).

Pomocí lineární regrese byla zjištěna přímá závislost mezi počtem nalezených druhů perlooček a pH a také mezi počtem nalezených druhů perlooček a vodivostí (tab. 2). Ve vzorku z litorálu B měli po většinu sezóny nejvyšší procentuální zastoupení korýši.

Byly zde určeny pouze tři druhy perlooček (tab. 3). Druh *C. sphaericus* byl přítomen celou sezónu a povětšinou mezi perloočkami dominoval. Největší zastoupení ve vzorku měl první polovinu sledovaného období s maximem v květnu a v červnu (> 80 %). Počátkem srpna jeho četnost výskytu poklesla na 5 až 10 %. Koncem srpna se pak objevila *C. quadrangula* a v září tvořila ve vzorku větší podíl než *C. sphaericus* (10 až 20 %). *S. mucronata* tvořila od července do září 1 až 5 % přítomného zooplanktonu.

Z klanonožců byli přítomni pouze zástupci podřádu Cyclopoida. *A. einslei* se podařilo prokázat ve většině vzorků z období červenec–listopad. *D. bicuspidatus* byl nalezen pouze v dubnu. Výskyt litorální buchanky *P. poppei* byl zjištěn ve vzorku z října. Téměř celé sledované období byl poměr buchaneček ve vzorku mezi 40 a 80 %. V květnu se však nepodařilo nalézt žádného jedince a v červnu byl podíl buchaneček ve vzorku snížen nepřítomností naupliových stádií na 1–5 %.

V litorálu B bylo nalezeno pouze 16 taxonů vírníků (tab. 3). První vírník, *B. sericus*, byl zjištěn až v květnu. Jeho podíl ve vzorku činil 5–10 %. *B. sericus* byl objeven také v červnu spolu s *K. cochlearis*, *Lecane pyriformis* a *Lepadella* sp. Další vírníci byli nalézáni znovu až od srpna. Začátkem srpna byla nejhojnějším vírníkem *L. hamata* (10–20 %). Další dva druhy, *L. tenuiseta* a *Lepadella* sp., měly ve vzorku stejné zastoupení (1–5 %). *L. tenuiseta* byla ve stejném podílu přítomna ještě na konci srpna a v září. *A. fissa* a *Bdelloidea* g. sp. se staly nejvýznamnější 31. 8., kdy se také objevila poprvé *K. testudo*. Výskyt *K. testudo* byl zaznamenáván až do listopadu. Největší zastoupení ve vzorku měla v říjnu (20–40 %). Výskyt ostatních druhů byl velmi ojedinělý bez známek sezónního vývoje a jejich četnost ve vzorku nepřesahovala 5 %. Je možno ještě zmínit, že *L. tenuiseta* nebyla nalezena v ostatních sledovaných stanovištích.

Tab. 3. Přehled nalezených taxonů síťového zooplanktonu v rybníce Vydymáček v období duben–listopad 2012 a jejich výskyt v jednotlivých sledovaných částech rybníka (hráz, litorál A – Lit. A, litorál B – Lit. B).

Tab. 3. Zooplankton taxa found during the survey in the Vydymáček pond and their occurrence in the different sampling points: the dam (sampling point 'Hráz'), littoral A – Lit. A, littoral B – Lit. B.

<b>Rotifera</b>	<b>Hráz</b>	<b>Lit. A</b>	<b>Lit. B</b>
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	+	+	+
<i>Bdelloidea</i> g. sp.	-	+	+
<i>Brachionus sericus</i> Rousselet, 1907	+	+	+
<i>Cephalodella</i> sp.	+	+	-
<i>Collotheca</i> sp.	-	+	-
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank, 1803)	+	-	-
<i>Conochilus</i> sp. (cf. <i>hippocrepis</i> )	+	-	-
<i>Epiphanes</i> sp.	+	+	+
<i>Hexarthra</i> sp.	+	+	-
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	-	+	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	+
<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	+	+	-
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	+	+	-
<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)	+	+	-
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	-	+	+
<i>Lecane obtusa</i> (Murray, 1913)	-	+	-
<i>Lecane</i> cf. <i>obtusa</i> (Murray, 1913)	-	-	+
<i>Lecane pyriformis</i> (Daday, 1905)	-	+	+
<i>Lecane tenuiseta</i> Harring, 1914	-	-	+
<i>Lecane</i> sp.	-	+	+
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+	-
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	-	+	-
<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)	-	+	-
<i>Lepadella</i> sp. 1	+	+	+
<i>Lepadella</i> sp. 2	-	+	+
<i>Lepadella</i> sp. 3	+	-	-
<i>Microcodon clavus</i> Ehrenberg, 1830	+	-	-
<i>Mytilina</i> sp. ( <i>bisulcata/crassipes</i> )	+	-	-
<i>Ploima</i> nedet.	-	-	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	-	-
<i>Polyarthra vulgaris/major</i>	+	+	-
<i>Polyarthra</i> spp.	+	+	-
<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	+	+	-
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	-	-
<i>Synchaeta</i> sp.	-	+	-
<i>Trichocerca</i> spp.	+	+	+
<i>Tripleuchlanis plicata</i> (Levander, 1894)	+	+	-
<b>celkový počet taxonů skupiny Rotifera</b> total number of rotifer taxa	<b>25</b>	<b>29</b>	<b>16</b>

<b>Cladocera</b>	<b>Hráz</b>	<b>Lit. A</b>	<b>Lit. B</b>
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+	+	-
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Müller, 1785)	+	+	+
<i>Daphnia longispina</i> Müller, 1785	+	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1776)	+	+	+
<i>Scapholeberis mucronata</i> (Müller, 1776)	+	+	+
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch, 1841)	+	+	-
<b>celkový počet taxonů skupiny Cladocera</b> total number of cladoceran taxa	6	5	3

<b>Copepoda</b>	<b>Hráz</b>	<b>Lit. A</b>	<b>Lit. B</b>
Cyclopoida:			
<i>Acanthocyclops einslei</i> Mirabdullayev & Defaye 2004	+	+	+
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	+	+	+
<i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine, 1820)	-	+	-
<i>Paracyclops poppei</i> (Rehberg, 1880)	-	+	+
Calanoida:			
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	+	-	-
<b>celkový počet taxonů skupiny Copepoda</b> total number of copepod taxa	3	4	3
<b>počet taxonů celkem</b> total number of all zooplankton taxa	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>22</b>

## Diskuse

Voda většiny rybníků Bolevecké soustavy má neutrální až mírně zásaditou reakci (Černá 2008, Tucaurová 2009). Ve Vydymáčku však byla zjištěna po celé sledované období kyselá reakce vody vyjma jednoho odběru v litorálu B (23. 9.). Ke kyselému charakteru Vydymáčku má z boleveckých rybníků, jejichž plankton zkoumaly ve svých pracích Černá (2008) a Tucaurová (2009), nejbližší Kamenný rybník, jehož severozápadní část je zrašelinělá (Skála 2005). Jeho průměrná hodnota pH ze sezóny 2007 je 6,76 (Tucaurová 2009). U zbylých sledovaných rybníků se průměrné sezónní hodnoty pH za rok 2007 pohybují v rozmezí od 7,63 do 8,06 (Černá 2008, Tucaurová 2009). S průměrnou hodnotou pH 5,8 (v roce 2012) v limnetické zóně tak můžeme Vydymáček zařadit mezi nejkyselější rybníky Bolevecké soustavy. Otázkou je stav Rozkopaného rybníka, který bude díky své velikosti a vzdálenosti od Vydymáčku pravděpodobně vykazovat podobné charakteristiky jako rybník Vydymáček.

Vyšší míra okyselení vody začátkem sezóny mohla být způsobena táním sněhu v blízkém okolí a následným propláchnutím kyselých lesních půd a rašeliníšť

nacházejících se na břehu rybníka i ve větší vzdálenosti od něj. Umístění Vydymáčku na kyselém substrátu karbonských hornin spolu s téměř stoprocentní lesnatostí povodí může dále přispívat k celkové kyselosti lokality (Sofron & Nesvadbová 1997, Chytrý et al. 2001, Tomášek 2003). Postupné zvyšování pH vody v průběhu sledovaného období mohlo být následkem zvyšující se intenzity fotosyntézy vodních rostlin, které během sezóny zarostly velkou část rybníka, a rostoucí biomasy fytoplanktonu (Hlavínek & Říha 2004, Hartman et al. 2005).

V souvislosti s nízkými hodnotami pH byl potvrzen výskyt do různé míry acidotolerantních druhů jako např. *D. bicuspidatus*, *C. sphaericus*, *S. mucronata*, *C. quadrangula*, *D. longispina*, *A. guttata*, *S. expinosus*, *S. pectinata*, *K. longispina*, *L. hamata*, *L. acuminata*, *P. dolichoptera* (Bartoš 1959, Berzinš & Pejler 1987, Fott et al. 1994, Belyaeva & Deneke 2007, Hudec 2010). Vírničtí typičtí pro rašelinné vody jako *M. clavus* nebo *B. sericus* byli ve Vydymáčku také nalezeni (Hartman et al. 2005). Oba druhy byly zaznamenány v silně acidifikovaných jezerech na Šumavě nebo ve vodních nádržích v Jizerských horách (Fott et al. 1994, Stuchlík et al. 1997, Vrba et al. 2003). Koncem léta a začátkem podzimu, kdy pH nabývalo vyšších hodnot, se začaly objevovat i méně odolné druhy jako např. *L. tenuiseta*, *L. bulla*, *C. hippocrepis* (Berzinš & Pejler 1987).

V planktonu do různé míry acidifikovaných jezer a nádrží je významným vírničkem také *Polyarthra remata*. Byla nalezena i v několika boleveckých rybnících (Senecký rybník, Kamenný rybník, Košinář a Nováček; Tucaurová 2009), ale ve Vydymáčku se její výskyt nepotvrdil. U samic *P. remata* byl pozorován morfologický dimorfismus a vzájemná koexistence obou forem v jezeře Peipsi v Estonsku (Virro 1995). První forma je relativně malá a v kombinaci s tvarem těla poměrně dobře identifikovatelná. Tvar posteriorní části těla je vejčité zaoblený. Druhá forma je o něco větší a hranatým tvarem těla připomíná *P. dolichoptera*, za kterou se může snadno zaměnit (Virro 1995). V roce 2012 byla *P. dolichoptera* několikrát ve vzorku potvrzena. Nicméně u některých jedinců nebylo možné vidět všechny určovací znaky a takoví jedinci byli zařazeni pod souhrnný taxon *Polyarthra* spp.

Vírník *T. plicata* (obr. 4) doposud nebyl na českém území zaznamenán. Jedná se o druh dobře identifikovatelný podle charakteristicky tvarované zadní části krunyře, který se na dorzální straně prodlužuje a zakrývá část nohy vírníka. Jeho výskyt na našem území ale není nijak překvapivý. *T. plicata* je znám ze všech biogeografických oblastí světa kromě Antarktidy (Segers 2007). Bylo proto otázkou času, kdy se jeho výskyt potvrdí i na našem území.

Dalším zajímavým nálezem je buchanka *P. poppei*. Primárně se jedná o obyvatele bentálu, ale obecně se může vyskytovat i ve vodním sloupci litorálů (Karaytug 1999). Ačkoli Karaytug (1999) uvádí, že jejím areálem rozšíření je celý holoarkt, neexistuje mnoho záznamů o výskytu *P. poppei* na území České republiky. Pravděpodobně se jedná o buchanku přehlíženou běžnými (rutinními) odběrovými metodami.

## Sezónní dynamika zooplanktonu

Pokles druhové diverzity závislý na poklesu pH byl prokázáný v mnoha studiích acidifikovaných vod (Stuchlík et al. 1985, Havens & Heath 1989, Fott et al. 1994, Kalff 2003, Vrba et al. 2003, Hogsden et al. 2009). Ve Vydymáčku nerovnoměrně rostl počet nalezených taxonů se stoupající hodnotou pH ve všech sledovaných habitatech. Souvislost mezi počtem determinovaných taxonů a hodnotou pH se podařilo prokázat také statisticky a to u vířníků nalezených u hráze a v litorálu A (tab. 2). Naopak v litorálu B se podařilo prokázat úzký vztah mezi pH a počtem determinovaných perlooček. Jak naznačují výstupy lineární regrese, velikost druhové rozmanitosti ovšem nesouvisí pouze s pH, ale také s jinými faktory prostředí, jak ukazují některé další studie (Křeček & Hořická 2001, Kalff 2003, Hořická et al. 2006, Belyaeva & Deneke 2007). Kdyby tomu tak bylo, našel by se větší počet druhů už od odběru 30. 6., kdy se pH pohybovalo kolem hodnoty 6. Nicméně největší druhová diverzita byla zjištěna ve sledovaných habitatech většinou v září a v říjnu. Počet druhů ve větší míře narůstal už od srpna. Na konci srpna byl naměřen velmi nízký obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a v jednom z litorálů byla zjištěna anoxie. Tento pokles obsahu rozpuštěného kyslíku mohl být způsoben rostoucí mírou probíhajících rozkladných procesů, které byly doposud vlivem nízkého pH a nízké teploty vody zpomaleny (Hartman et al. 2005). Vlivem zvyšující se intenzity fotosyntézy během června, která se pravděpodobně odrazila ve snížení průhlednosti vody, vzrostla hodnota pH nad 6. V méně kyselé teplejší vodě se mohl urychlit rozklad doposud nahromaděných organických zbytků doprovázený poklesem obsahu rozpuštěného kyslíku počínaje červencem. Za anaerobních podmínek navíc dochází k přeměně nerozpustných železitých sloučenin na rozpustné železnaté, které do vody uvolňují fosfáty doposud vázané v nerozpustných fosforečnanech (Lellák & Kubíček 1991). Je tedy možné, že se v srpnu mohlo ze sedimentu do vody uvolnit větší množství fosforu a zároveň se do oběhu vrátily živiny doposud blokované v částečně rozloženém organickém materiálu a tím se podpořil rozvoj fytoplanktonu během podzimu. S relativním dostatkem potravy se pak objevil i větší počet druhů zooplanktonu. Tuto myšlenku podporuje i snížení průhlednosti vody během září, které mohlo nastat díky rozvoji planktonních organismů, ale je také možné, že došlo ke zvýšení obsahu huminových látek ve vodě. Množství nalezených taxonů mohlo být také pozitivně ovlivněno rozšiřováním litorálu na úkor limnetické zóny během postupující sezóny. Biodiverzita společenstev zooplanktonu obývajících porosty vodních makrofyt je obvykle vyšší než biodiverzita limnetické zóny (Pejler 1995, Radwan et al. 2003, Wallace et al. 2006).

Rybí obsádka má velký vliv na druhové složení zooplanktonu (Burks et al. 2002, Kalff 2003). Ryby měly být v roce 2012 ve Vydymáčku přítomné (J. Frydryn, úst. sděl.). Během odběrů bylo také několik jedinců spatřeno. Bohužel však nejsou k dispozici žádné údaje o velikosti rybí obsádky, proto její míra vlivu



na planktonní společenstvo zůstává neznámá. Lze však předpokládat, vzhledem k velmi nízkým hodnotám pH, že predační tlak ze strany ryb nebude vysoký. Tato myšlenka je podporována také nálezem velkého množství jedinců larev rodu *Chaoborus*. Tito bezobratlí predátoři pak měli s velkou pravděpodobností vliv na snížení podílu koryšů ve vzorku z limnetické zóny během června, kdy bylo zaznamenáno maximum jejich abundance a nástup vírníků jako jejich konkurentů (Kalf 2003).

Okyselování vody ve Vydymáčku ovlivňuje charakter společenstva zooplanktonu, které vykazuje podobné charakteristiky pozorované u zooplanktonu acidifikovaných vod, jako jsou: přítomnost převážně acidotolerantních druhů zooplanktonu, snížení druhové diverzity s větším zřetelem na pokles počtu druhů koryšů, výskyt typicky rašelinných druhů (např. *M. clavus* a *B. sericus*) a jejich pronikání spolu s litorálními druhy za hranice příbřežní zóny (Stuchlík et al. 1985, Havens & Head 1989, Fott et al. 1994, Stuchlík et al. 1997, Vrba et al. 2003, Hořická et al. 2006, Hogsden et al. 2009).

### Porovnání zooplanktonu litorálů a limnetické zóny

Větší druhová rozmanitost litorálních biotopů se potvrdila jen z části. Větší bohatost litorálu A a limnetické zóny u hráze může vyplývat z jejich prostorové blízkosti. Na hranici přechodové zóny mezi litorálem a limnetickou zónou existuje výraznější gradient fyzikálně-chemických a biotických faktorů zvyšující heterogenitu prostředí a počet ekologických nik (Pennak 1966, Serrano & Toja 1998). Naopak litorál B je součástí širšího pásu příbřežní zóny, daleko od nejhlubší části rybníka, kde sousedí pouze s jiným typem litorálu. Proto zde není tak velký gradient abiotických a biotických faktorů, který by podporoval větší druhovou rozmanitost. Dalším faktorem způsobujícím nerovnoměrné rozložení zooplanktonních organismů v rybníce může být morfologie jeho dna, o které však nemáme k dispozici relevantní informace. Výrazný vliv na nízký počet nalezených taxonů v litorálu B mohla mít také přítomnost velkého množství vláknitých řas registrovaných ve vzorku od května do července. Během srpna se podíl vláknitých řas ve vzorku snížil a 31. 8. už bylo jejich množství zanedbatelné. Ovšem během jejich výskytu bylo velmi obtížné najít ve vzorku zooplanktonní organismy. Je velmi nepravděpodobné, že by v litorálu B byli přítomni pouze koryši a vírníci by zcela chyběli. Tato nerovnoměrnost mezi dvěma hlavními skupinami zooplanktonu je nejspíše způsobena přehlédnutím malých vírníků ve velké biomase řas.

S postupným zarůstáním rybníka vegetací se pravděpodobně zmenšoval rozdíl mezi litorály a limnetickou zónou, protože větší podíl determinovaného zooplanktonu patřil mezi litorální druhy (tab. 3). Za typického obyvatele volné vody lze z klanonožců považovat jen vznášivku *E. gracilis*, kterou se ve Vydymáčku podařilo prokázat pouze jednou, ale ve zbylých rybnících Bolevecké soustavy se pravidelně nachází téměř po celou sezónu (Černá 2008, Tucaurová 2009).

## Poděkování

Rádi bychom poděkovali podniku Povodí Vltavy, s. p., panu Jaroslavu Frydrynovi a panu Ing. Janu Kaňákovi, Ph.D. ze Správy veřejného statku města Plzně a panu Mgr. Tomášovi Kučerovi za poskytnutá data a informace týkající se Vydymáčku. Tato studie byla podpořena Západočeskou univerzitou projektem BAPE (registrační číslo 02/12).

## Literatura

- Amoros C. (1984): Crustacés cladocéres. – Bull. Mens. Soc. Linn., Lyon, 53: 3–4.
- Bartoš E. (1959): Vírníci – Rotatoria, Fauna ČSR (svazek 15). – ed. Práce ČSAV, sekce biol.-lék., Praha, 972 pp.
- Belyaeva M. & Deneke R. (2007): Colonization of acidic mining lakes: *Chydorus sphaericus* and other Cladocera within a dynamic horizontal pH gradient (pH 3–7) in Lake Senftenberger See (Germany). – Hydrobiologia 594: 97–108.
- Berzinaš B. & Pejler B. (1987): Rotifer occurrence in relation to pH. – Hydrobiologia 147: 107–116.
- Brandl Z. (1974): Obrazový klíč k určování buchaneč (Cyclopidae) povrchových vod území Československa. – Ms. [Depon in: Přírodovědecká fakulta JČU, České Budějovice].
- Burks R. L., Lodge D. M., Jeppesen E. & Luridsen T. L. (2002): Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. – Freshwater Biol. 47: 343–365.
- Černá D. (2008): Změny společenstva zooplanktonu v rybnících Bolevecké soustavy – Malý a Velký bolevecký rybník. – Ms., 101 pp. [Dipl. pr.; depon. in: Centrum biologie, geověd a envigogiky, FPE ZČU, Plzeň.].
- Čihák J. & Duras J. (2005): Bolevecké rybníky. – In: Klán M. [ed.], Životní prostředí města Plzně – díl 3., pp. 8–12, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně.
- Ebel M., Ebelová M. & Anderle J. (2002): Bolevecká rybníční soustava, stavebně historický průzkum. – Atelier historické architektury, Plzeň, 36 pp.
- Fott J., Pražáková M., Stuchlík E. & Stuchlíková Z. (1994): Acidification of lakes in Šumava (Bohemia) and in the High Tatra Mountains (Slovakia). – Hydrobiologia 274: 37–47.
- Hartman P., Příkryl I. & Štědroňský E. (2005): Hydrobiologie. – Informatorium, Praha, 359 pp.
- Havelka R. (2002): Soustava boleveckých rybníků. – In: Klán M. [ed.], Životní prostředí města Plzně – díl 1., pp. 19, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně.
- Havens K. E. & Heath R. T. (1989): Acid and Aluminium Effects on Freshwater Zooplankton: An *in situ* Mesocosm Study. – Envir. Poll. 62: 195–211.
- Hlavínek P. & Říha J. (2004): Jakost vody v povodí. – Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 209 pp.

- Hogsden K. L., Xenopoulos M. A. & Rusak J. A. (2009): Asymmetrical food web responses in trophic-level richness, biomass, and function following lake acidification. – *Aquat. Ecol.* 43: 591–606.
- Hořícká Z., Stuchlík E., Hudec I., Černý M. & Fott J. (2006): Acidification and the structure of crustacean zooplankton in mountain lakes: The Tatra Mountains (Slovakia, Poland). – *Biologia* 61/18: 121–134.
- Hudec J. (2010): Fauna Slovenska, Anomopoda, Ctenopoda, Haplopoda, Onychopoda (Crustacea: Branchiopoda). – Ústav zoológie, Slovenska akademia vied, Bratislava, 496 pp.
- Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. [eds] (2001): Katalog biotopů České republiky. – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 307 pp.
- Janeček M. et al. (2001): Bolevec a okolí (městské obvody Plzeň 1 a Plzeň 7-Radčice, části Chotkova, Ledec, Záluží, Třemošné, Zruče a Sence). – Starý most & Sdružení boleveckých rodáků, Plzeň, 343 pp.
- Karayutug S. (1999): Copepoda: Cyclopoida, Genera paracyclops, Ochridacyclops and Key to the Eucyclopinae. – Buckhuys Publishers, Netherlands, 217 pp.
- Kalff J. (2003): Limnology. – Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 592 pp.
- Kopáčková J. (2005): Rybníky v majetku města Plzně. – In: Klán M. [ed.], Životní prostředí města Plzně – díl 3., pp. 15, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně.
- Kořínek V. (2005): Dichotomický klíč perloček (Cladocera) České republiky. – Ms. [Depon. in: Přírodovědecká fakulta JČU, České Budějovice.]
- Koste W. (1978): Rotatoria, Die Rädertiere Mitteleuropas, Ein Bestimmungswerk, begründet von Max Voigt, Überordnung Monogononta. – Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 476 pp.
- Křeček J. & Hořícká Z. (2001): Degradation and recovery of mountain watersheds: the Jizera Mountains, Czech Republic. – *Unasylva* 207/52: 43–49.
- Kumpera J. (2008): Rybníky Plzeňského kraje aneb putování za rybníční vůni. – Ševčík, Plzeň, 128 pp.
- Kůsová L. (2007): Manipulační a provozní řád pro rybník Vydymáček, Plzeňský kraj, č. paré 3, investor: Statutární město Plzeň.
- Lellák J. & Kubíček F. (1991): Hydrobiologie. – Univerzita Karlova, Praha, 260 pp.
- Líbalová J. & Mašek J. (1989): Základní geologická mapa ČR 1 : 25 000 – 12-331 Třemošná. – Český úřad geografický a kartografický.
- Mergl M. (2010): Geologické zajímavosti v Plzni a okolí. – In: Klán M. [ed.], Životní prostředí města Plzně – díl 5., pp. 19–22, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně.
- Pejler B. (1995): Relation to habitat in rotifers. – *Hydrobiologia*, 313/314: 267–278.
- Pennak R. W. (1966): Structure of zooplankton populations in the littoral macrophyte zone of some Colorado lakes. – *Trans. Am. Microsc. Soc.* 85/3: 329–349.
- Příkryl I. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorku zooplanktonu stojatých vod. – VUV TGM, 14 pp.
- Radwan S., Bielańska-Grajner I., Papiolek B. & Paleolog A. (2003): Rotifer communities of ecotones in six trophically different lakes of Polesie Lubelskie region (Eastern Poland). – *Pol. J. Ecol.* 51/2: 225–236.

- Segers H. (1995): Rotifera: The Lecanidae (Monogononta). – Academic publishing, Netherlands, 226 pp.
- Segers H. (2007): Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. – Zootaxa 1564: 1–104.
- Serrano L., & Toja J. (1998): Interannual variability in the zooplankton community of a shallow temporary pond. – Verh. Int. Ver. Limnol. 26: 1575–1581.
- Skála P. (2003): Plán péče o přírodní památku Doubí 2005–2014. – Svaz ochrany přírody a krajiny ČR, 21. Podblanická základní organizace, Louňovice, 23 pp.
- Skála P. (2005): Zvláštní ochrana přírody. – In: Klán, M. [ed.], Životní prostředí města Plzně – díl 3., pp. 4–7, Odbor životního prostředí Magistrátu města Plzně.
- Sofron J. & Nesvadbová J. [eds] (1997): Flóra a vegetace města Plzně. – Západočeské muzeum, Plzeň, 200 pp.
- Stuchlík E., Stuchlíková Z., Fott J., Růžička L., & Vrba J. (1985): Vliv kyselých srážek na vody na území Tatranského národního parku. – Zborn. Pr. Tatran. Národ. Parku 26: 173–212.
- Stuchlík E., Hořícká Z., Prchalová M., Křeček J. & Barica J. (1997): Hydrobiological investigation of three acidified reservoirs in The Jizera Mountains. – In: Smith D. & Davies I., International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes: 8th Task Force Meeting, 1992. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2155, 56–64 pp.
- Tomášek M. (2003): Půdy České republiky. – Česká geologická služba, Praha, 68 pp.
- Tucaurová M. (2009): Změny společenstva zooplanktonu v rybnících Bolevecké soustavy – Kamenný rybník, rybník Košinář, rybník Nováček, Senecký rybník, Šídlovský rybník a Třemošenský rybník. – Ms., 101 pp. [Dipl. pr.; depon. in: Centrum biologie, geověd a envigogiky, FPE ZČU, Plzeň.].
- Virro T. (1995): The genus *Polyarthra* in Lake Peipsi. – Hydrobiologia 313/314: 351–357.
- Vrba J., Kopáček J., Fott J., Kohout L., Nedbalová L., Pražáková M., Soldán T. & Schaumburg J. (2003): Long-term studies (1871–2000) on acidification and recovery of lakes in the Bohemian Forest (central Europe). – Sci. Total Environ. 310: 73–85.
- Wallace R. L., Snell T. W., Ricci C. & Nogrady R. (2006): Rotifera: Volume 1: Biology, ecology and systematics. – Kenobi Production & Backhuys Publishers, The Netherlands, 199 pp.