

**DIURNÁLNA A PRIESTOROVÁ DISTRIBÚCIA
ZOOPLANKTÓNU V LITORÁLNEJ ZÓNE HOSPODÁRSKEHO
RYBNÍKA ZÁHRADNÉ**

**DIURNAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF
ZOOPLANKTON IN LITTORAL ZONE OF ZÁHRADNÉ
FISHPOND**

Sebastián PAVLINSKÝ¹ – Radoslav SMOLÁK¹

ABSTRACT

The work brings information about diurnal migrations of zooplanktonic organisms from groups Copepoda, Cladocera and Rotifera distributed in Záhradné fishpond. The samples were collected from surface layer of littoral zone, during 5 months from October 2016 to February 2017. The samples were collected one time every month, in light phase of the day and in dark phase of the day. We found out presence 8 taxons of the class Rotifera, 3 taxons of the order Cladocera and non – specified taxons of the subclass Copepoda, in different ontogenetic stages. Resulting from analysis, in light phase of the day, abundance of the group Rotatoria in surface layer was statistically higher as in dark phase of the day (night cycle/day cycle – 9,22 Ind.l⁻¹/ 5,94 Ind.l⁻¹). By contrast, the concentration of the group Copepoda (night cycle/day cycle – 18,14 Ind.l⁻¹ /16,03 Ind.l⁻¹) and Cladocera (night cycle/day cycle – 19,00 Ind.l⁻¹/10,18 Ind.l⁻¹) was statistically higher in dark phase of the day. We hypothesize that it is consequence of predatory pressure of the fishes on crustaceoplankton (Copepoda, Cladocera), which is migrating to the depth in light phase of the day, because of fish predators. Contrary, Rotifera migrate to surface in light phase of the day, because its present potential food for crustaceoplankton that is in depth, in this phase of the day.

KEYWORDS

zooplankton, diurnal cycle, vertical migration

ÚVOD

Vertikálna diurnálna migrácia zooplanktónu je široko rozšírený jav, čo sa týka morského aj sladkovodného zooplanktónu (GLIWICZ, 1986; DAWIDOWICZ a LOOSE, 1992; DINI a CARPENTER, 1992). Migrácia z hornej teplejšej povrchovej vrstvy, bohatej na potravu, do nižšej vrstvy, ktorá je chudobná na potravu a ktorá má nižšiu teplotu, musí poskytovať druhom, ktoré túto migráciu podstupujú určité výhody. Nižšia potravná ponuka a nižšia teplota v hĺbke negatívne vplývajú aj na reprodukciu zooplanktónu (DINI a CARPENTER, 1992). Podľa CASTRA a kol., (2007) je únik pred predátormi najčastejšie predpokladaným dôvodom pre diurnálne migrácie planktonických druhov v jazerách a moriach. Táto hypotéza sa testovala na druhu veslonôžky *Acartia hudsonica* (Pinhey, 1926). Tento druh bol vystavený v akváriu chovaným aj voľne distribuovaným jedincom druhu *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus 1758), čo je druh ryby, ktorý sa prirodzene živí týmito veslonôžkami. Po niečo viac

¹ Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, ul. 17. novembra č. 1, SK-08116 Prešov, Slovensko; e-mail: sebastian.pavlinsky@smail.unipo.sk, radoslav.smolak@unipo.sk,

ako týždni, adultné veslonôžky zmenili vertikálne rozšírenie a migračné správanie v závislosti na prítomnosti alebo absencii predátora. To, podľa BOLLENSA a FROSTA (1989) naznačuje, že vertikálna migrácia zooplanktónu nie je jednoduchá, chemicky podmienená odpoveď na prítomnosť ryby ale že sa jedná skôr o vizuálne alebo mechanicky podmienené správanie. Jedná sa o správanie založené na fenotypovej plasticite konkrétnych jedincov zooplanktónu, nie o geneticky podmienené správanie ako sa predpokladalo predtým (BOLLENS a FROST, 1989).

Podľa experimentu, ktorý uskutočnil DAWIDOWICZ a LOOSE (1992), kde bol druh *Daphnia magna* (Straus, 1820) v jednom prípade v kontakte s predátorskými rybami a v druhom prípade bez kontaktu, dochádzalo v prítomnosti rýb k diurnálnym vertikálnym migráciám a v prípade absencie predátora nie. Jedince, ktoré neboli vystavené rybím predátorom zostávali v teplejšej vrchnej vrstve vody aj cez deň. To podporuje teóriu, že väčšie druhy zooplanktónu migrujú počas svetlej fázy dňa do nižších vrstiev vodného stĺpca (aby sa vyhli zrakom sa orientujúcim predátorom) a naopak, počas tmavej fázy dňa migrujú vyššie (DAWIDOWICZ a LOOSE, 1992). Kompetícia a predácia planktonických kôrovcov (Cladocera a Copepoda) a rýb môže viesť k horizontálnemu a vertikálnemu pohybu vírnikov (CASTRO a kol., 2007; COMPTE a kol., 2016; BALKIČ a kol., 2018).

Vertikálnu diurnálnu migráciu zooplanktónu však nemožno vysvetľovať takto zjednodušene a nemá na ňu vplyv len jeden faktor ale existuje určitá hierarchia. Z experimentov, ktoré uskutočnil DINI a CARPENTER (1992) vyplýva, že primárnou príčinou vertikálnej migrácie zooplanktónu je predačný tlak a sekundárnou dostupnosť potravy. Pri veslonôžke druhu *Pseudocalanus newmani* (Frost, 1989) bolo zistené, že dokáže meniť a prispôbovať svoje denné migračné vzorce v závislosti od početnosti predátorov a druhu predátora, ktorý ho ohrozuje. Boli tu dokumentované aj reverzné migrácie (počas svetlej fázy dňa sa presúva bližšie k hladine a počas tmavej fázy dňa klesá nižšie). Pravdepodobne sa jedná o správanie spojené s fenotypovou plasticitou jedincov tohto druhu (BOLLENS a FROST, 1991).

Ďalším tvrdením v prospech teórie antipredačne závislých diurnálnych migrácií je výskum, ktorý realizoval GLIWICZ (1986), v poľskej časti Vysokých Tatier. V tejto štúdií boli skúmané nemigrujúce a migrujúce populácie druhu *Cyclops abyssorum* (G. O. Sars, 1863) v čistých tatranských jazerách v Poľsku. Z výskumov vyplynulo, že migrácie neprebíhali v jazerách/plesách bez výskytu predátorských rýb, kým krátkosiahle migrácie boli zaznamenané v jazerách, v ktorých boli introdukované planktivorné ryby niekoľko desaťročí a rozsiahle migrácie boli evidentné v jazerách, kde sa planktivorné ryby vyskytovali dlhodobo. HANEY (1988), vo svojej práci podporuje teóriu predačne závislej diurnálnej migrácie zooplanktónu ale tvrdí, že sa tiež môže jednať o správanie zabezpečujúce únik daných planktonických druhov pred slnečnou radiáciou v svetlej perióde dňa.

Predmetom tejto štúdie je zooplanktón vyskytujúci sa v hospodárskom rybníku v obci Záhradné, ležiacej približne 10 km severne od mesta Prešov. Hlavným cieľom štúdie bolo zistiť kvantitatívnu priestorovú distribúciu zooplanktonických taxónov počas diurnálnych zmien v litorálnej zóne rybníka.

MATERIÁL A METÓDY

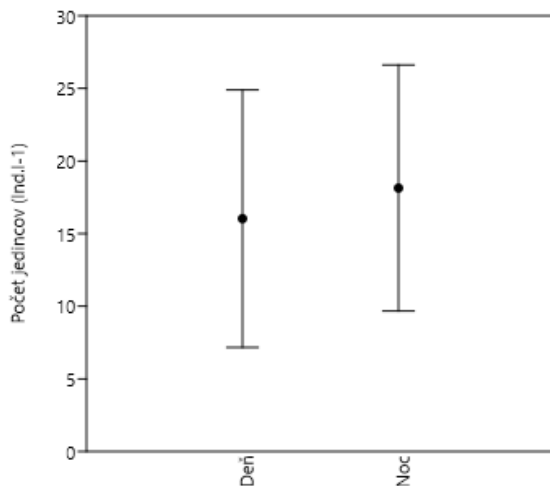
Zber vzoriek zooplanktónu prebiehal v mesiacoch október 2016 až február 2017, raz do mesiaca. Spolu sme realizovali 5 odberov popoludní (svetlý cyklus) a 5 odberov po zotmení (tmavý cyklus). Denný odber prebiehal v čase medzi 14:00 – 15:00, večerný medzi 19:00 – 21:00. Odber vzoriek prebiehal v dňoch piatok, sobota alebo nedeľa. Odbery sme uskutočnili v dátumoch 14.10.2016, 18.11.2016, 18.12.2016, 20.01.2017 a 24.02.2017. Odber vzoriek zooplanktónu sme vždy uskutočňovali zo 4 miest v litorálnej zóne rybníka, 2 odbery z blízkosti príbrežnej vegetácie a 2 odbery z voľnej hladiny bez vegetácie. Z každého odberového miesta sme filtrovali 30 litrov vody cez planktonickú sieť (veľkosť ôk, 80 μm) do zbernej nádoby. Následne sme odobraný materiál prelievali do plastových nádobiek s objemom 50 ml. Za celé skúmané obdobie sme odobrali 40 vzoriek, 20 v svetlej a 20 v tmavej fáze dňa.

Nazbieraný materiál sme zakonzervovali na neskoršie laboratórne určovanie. Na konzervovanie sme použili fixačný roztok formaldehydu s koncentráciou 40% - formalín. Vzorky sme fixovali na výslednú koncentráciu približne 4%, to znamená v pomere (vzorka : fixačný roztok = 10 : 1).

Vzorky sme určovali v laboratórnych priestoroch FHPV, pomocou mikroskopu. Mikroskopickým sledovaním vzoriek pri zväčšení 200-400x sme určovali kvalitatívno - kvantitatívne zloženie zooplanktónu. Z každej odobratej vzorky boli 3 krát pomocou kolkwitzovej komôrky o objeme 5 ml (t.j. spolu prezretých/ prepočítaných 15ml z celkového objemu 50ml vzorky) spočítané jedince. Pre taxonomickú determináciu sme použili knižné určovacie kľúče (RUTTNER-KOLISKO 1974; AMOROS, 1984; ILLYIOVÁ a BALÁŽI, 2004).

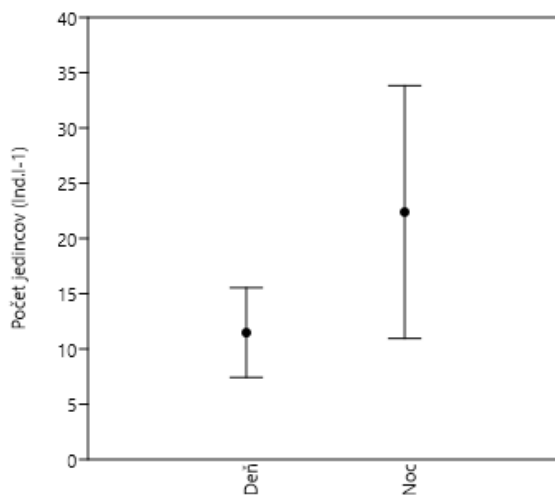
VÝSLEDKY

Na základe porovnania početnosti jednotlivých skupín zooplanktonického spoločenstva sme nezaznamenali rozdiely v početnosti jedincov medzi priestorom v príbrežnej zóne v blízkosti vegetácie a v priestore bez vegetácie. Zjavné rozdiely v početnosti sme zaznamenali medzi svetlou fázou dňa (denný cyklus) a tmavou fázou dňa (nočný cyklus). Nočný cyklus preferoval výskyt väčších druhov. Priemerná početnosť jedincov skupiny Copepoda bola vyššia v nočnom cykle: 18,14 Ind.l⁻¹ (denný cyklus: 16,03 Ind.l⁻¹) (Fig. 1). V skupine Cladocera sme taktiež zistili vyššiu priemernú početnosť počas nočného cyklu (19,00 Ind.l⁻¹) v porovnaní s denným cyklom (10,18 Ind.l⁻¹) (Fig. 2). Opačný pomer početnosti sme zaznamenali v prípade malých druhov, t.j. zástupcov skupiny Rotifera kde sme vyššiu priemernú početnosť jedincov zistili počas denného cyklu (9,22 Ind.l⁻¹/ 5,94 Ind.l⁻¹) (Fig. 3).



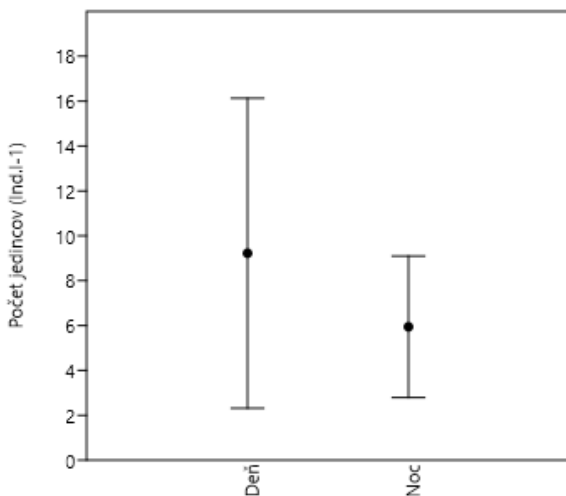
Obrázok 1. Porovnanie priemernej, resp. maximálnej a minimálnej absolútnej počtnosti zástupcov skupiny Copepoda v diurnálnom cykle dňa.

Figure 1. Comparison of mean, maximal and minimal absolute quantity of the Copepoda group in diurnal cycle of the day.



Obrázok 2. Porovnanie priemernej, resp. maximálnej a minimálnej absolútnej hodnoty počtnosti zástupcov skupiny Cladocera v diurnálnom cykle dňa .

Figure 2. Comparison of mean, maximal and minimal absolute quantity of the Cladocera group in diurnal cycle of the day.



Obrázok 3. Porovnanie priemernej, resp. maximálnej a minimálnej absolútnej hodnoty početnosti zástupcov skupiny Rotifera v diurnálnom cykle dňa.

Figure 3. Comparison of mean, maximal and minimal absolute quantity of the Rotifera group in diurnal cycle of the day.

Počas sledovaného obdobia sme celkovo zistili prítomnosť 8 taxónov triedy vírniky (Rotatoria), 3 taxóny radu perloočky (Cladocera) a bližšie nešpecifikovaných zástupcov podtriedy veslonôžok (Copepoda) s rôznymi vývinovými štádiami. Zástupcovia podtriedy veslonôžky (Copepoda) sa vo vzorkách vyskytovali celkovo v najväčšom množstve a vo všetkých 3 základných vývinových štádiách. Taxóny triedy perloočky (Cladocera) boli zastúpené 3 zistenými druhmi a to *Alona rectangula* (Sars, 1861), *Alona guttata* (Sars, 1862) a *Bosmina longirostris* (O. F. Muller, 1776), práve posledný spomínaný druh sa vyskytoval v kvantitatívne najvyššom počte. Taxónov triedy vírniky (Rotatoria) bolo na rybníku počas sledovaného obdobia zistených 8, a to *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1830), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Polyarthra minor* (Voigt, 1904), *Polyarthra dolichoptera* (Idelson, 1925), *Kellicottia sp.*, *Trichocerca sp.*, *Filinia terminalis* (Plate, 1886) a *Lecane luna* (Muller, 1776).

Najvyššiu početnosť, nielen u perloočiek ale aj v prípade celého zooplanktonického spoločenstva v nočnom cykle sme zaznamenali 14.10.2016 u druhu *B.longirostris* (12,70 ind.l⁻¹). Prítomnosť zástupcov rodu *Alona* sme v období mesiacov október a november sledovali v priemernej početnosti 0,15 ind.l⁻¹ (*A. guttata*) resp. 0,20 ind.l⁻¹ (*A. rectangula*). Následne, v mesiacoch december a január sme *A. guttata* nezaznamenali, opätovne sa tento druh objavil v druhej polovici mesiaca február s abundanciou 0,07 ind.l⁻¹.

Najvyššiu absolútnu početnosť za celé sledované obdobie v rámci skupiny veslonôžky, predstavovali vývinové štádiá nauplius (15,17 ind.l⁻¹), nasledované adultnými jedincami (15,07 ind.l⁻¹). Najvyššiu početnosť v rámci jedného odberu sme

zaznamenali 14.10.2016 u vývinového štádia nauplius (5,60 ind.l⁻¹) v dennom cykle. V nočnom cykle boli zo všetkých troch základných vývinových štádií najpočetnejšie a veľkosťou tela najväčšie adultné jedince (10,23 ind.l⁻¹).

Zo skupiny Rotifera bol vo vzorkách najpočetnejším druhom *E. dilatata*, ktorý bol zaznamenaný len v mesiaci október, v dennom cykle (3,07 ind.l⁻¹) a v nočnom cykle (1,20 ind.l⁻¹). Najmenej početný taxón skupiny vírniky vo vzorkách predstavoval rod *Kellicottia* (jeden jedinec vyskytujúci sa v nočnom odbere v mesiaci október), druh *F. terminalis* (2 jedince vyskytujúce sa v dennom cykle v decembri a nočnom cykle vo februári), rod *Trichocerca* (3 jedince prítomné vo vzorke z nočného cyklu 24.02.2017) a druh *L. luna* (3 jedince v dennom cykle v októbri a decembri a 2 jedince v nočnom cykle v októbri). Druhy *P. minor*, *P. dolichoptera* a *K. cochlearis* sa vyskytovali vo vzorkách najmä v mesiaci február. Celkovo hodnotíme zloženie zooplanktonického spoločenstva so sumárnym počtom 12 taxónov ako chudobné.

DISKUSIA

Na základe zistených výsledkov, môžeme konštatovať, že abundancia zástupcov skupín Copepoda a Cladocera bola v príbežnej zóne vyššia počas nočných odberov v porovnaní s odberom počas dňa. Je to pravdepodobne zapríčinené vplyvom predačného tlaku zo strany vizuálne orientovaných predátorov, loviacich počas svetlej fázy dňa, za pomoci zraku. To spôsobuje vertikálne migrácie väčšieho zooplanktónu do nižších zón vodného stĺpca a ďalej od litorálnej zóny a naopak, vertikálne migrácie týchto taxónov smerom k hladine v tmavej fáze dňa (GLIWICZ, 1986; HANEY, 1988; BOLLENS a FROST, 1989 a 1991; DAWIDOWICZ a LOOSE, 1992; DINI a CARPENTER, 1992).

Vertikálna migrácia sa prejavuje tak u mikrokôrovcov ako aj u vírnikov. Nakoľko vírniky sú lovené perloočkami a veslonôžkami a naopak, pre väčšinu rýb netvoria potravnú zložku z dôvodu malých telesných rozmerov, diurnálna migrácia vírnikov má opačný smer ako pri mikrokôrovcoch, ktorým sa snažia vyhnúť. Počas svetelnej fázy dňa sa vírniky pohybujú smerom k osvetlenej povrchovej vrstve vody.

Prítomnosť rýb má jednoznačný silný vplyv na zooplanktonické kôrovce a to predovšetkým na zástupcov charakteristických veľkým telom, ako je rod *Daphnia*. Jediné prirodzené vodné objekty, pretrvávajúce bez predačného vplyvu ichtyofauny na mikrokôrovce sú temporárne nádrže (WILLIAMS a MOSS, 2003). Tie neumožňujú prežívanie ichtyofauny, keďže sezónne vysychajú. Dominancia planktivorných rýb môže vyvolať zníženie početnosti perloočiek a zvýšenie početnosti vírnikov (KOZAK a kol., 2015; DONDAJEWSKA a kol., 2017). Podľa výsledkov našej štúdie, najpočetnejšie zastúpenie mali bližšie nešpecifikované taxóny skupiny Copepoda, nasledované perloočkami druhu *Bosmina longirostris*. ILLYOVÁ (2012), zaraďuje druh *B. longirostris* medzi menšie druhy zooplanktónu. V našich výsledkoch však obidve skupiny, Copepoda aj Cladocera, podnikali podobne orientované diurnálne migrácie, t. j. počas tmavej fázy dňa vykazovali priemerne vyššiu abundanciu v povrchovej vrstve litorálu, (aj keď z grafu vyplýva, že rozdiel v početnosti medzi svetlým a tmavým cykom nie je pri skupine Cladocera taký výrazný, ako pri skupine Copepoda). Z toho môžeme usudzovať, že *B. longirostris* je pravdepodobne rovnako, ako veslonôžky,

pod predačným tlakom zrakom sa orientujúcich rýb. Nie len planktivórne druhy rýb ale aj celková biomasa ichtyofauny môže byť rozhodujúca pri dynamike, ako aj celkovej štruktúre zooplanktonického spoločenstva (ATTAYDE a MENEZES, 2008). Početnosť vírnikov môže byť znižovaná perloočkami dvoma spôsobmi. Cez potravnú konkurenciu o limitované zdroje potravy, ako aj prostredníctvom ich priameho mechanického poškodzovania (MACISAAC a GILBERT, 1989; KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2001a). Vírniky tak môžu mať prospech z prítomnosti rýb a ich predácie na mikrokôrovcoch. Je známe, že vírnikom sa tiež dobre darí vo vysoko eutrofných vodách s vysokou biomasou rýb (TELESH, 1993; EJSMONT-KARABIN, 2012), kde je zvýšený prístup k baktériám pochádzajúcim z detritu. Zaujímavým zistením v našom prípade je, rovnako ako pri VIŠŇOVskej (2003), že podiel vírnikov, na celkovej druhovej diverzite bol relatívne veľký, ale po kvantitatívnej stránke nepredstavovali konkurenciu pre skupiny Copepoda a Cladocera. Najčastejšie zastúpeným druhom zo skupiny Rotifera v našich vzorkách bol druh *E. dilatata*. Pri tomto druhu sme zaznamenali aj rozdiely v diurnálnom výskyte medzi dvoma odbermi v mesiaci október. Kvantitatívny výskyt druhu bol približne 2,5 násobne vyšší v svetlej perióde dňa, ako v tmavej. To môže byť dôsledok reverznej migrácie, ktorá je spôsobená krustaceoplanktómom (Copepoda a Cladocera), ktorý je predátorom vírnikov.

Pre makrofyty je známe, že modifikujú podmienky biotopu (TAKAMURA a kol., 2003; ŠPOLJAR a kol., 2012) a výrazne ovplyvňujú výskyt zooplanktónu (KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2001b; HABIJA a kol., 2002; BASIŇSKA a kol., 2014; KUCZYŃSKA-KIPPEN a PRONIN, 2018). V našej štúdií však nebola zaznamenaná významná odlišnosť v početnosti a distribúcii zooplanktónu pri odberoch v priestore voľnej hladiny a v priestore príbrežnej vegetácie litorálnej zóny, keďže tá bola tvorená len nevýznamným počtom trsov kompaktnéj vegetácie.

Štúdium environmentálnych premenných ukazuje, že signifikantne najsilnejší vplyv na druhovú skladbu zooplanktónu má predácia rýb a hydroperióda, t.j. vodný režim (KUCZYŃSKA-KIPPEN a PRONIN, 2018). Podľa tejto štúdie, najsilnejší vplyv na spoločenstvo vírnikov má výskyt druhu *Cyclops vicinus* (Ulyanin, 1875). Predačný tlak niektorých mikrokôrovcov, ako je *C. vicinus* a *Cyclops strenuus* (Fischer, 1851) je pravdepodobne hlavným faktorom redukujúcim vírniky v danom rezervoári.

DEVETTER (1998) uvádza, že predácia mikrokôrovcami pri formovaní spoločenstva vírnikov v ním študovanom rezervoári je veľmi významná, menší význam má faktor kompetície vo vnútri spoločenstva vírnikov. Podľa viacerých autorov (AKOPIAN a kol., 1999; MENG a ORSI 1991; ROMARE a kol., 1999; CHANG a kol., 2008) ryby nemajú negatívny vplyv na zloženie spoločenstva vírnikov.

Naopak, výsledky práce RICHARDSONA a BARTSCHA (1997) poukazujú na to, že abundancia *K. cochlearis* je viac redukovaná v prítomnosti rýb. Je preto ťažké jednoznačne opísať vplyv rýb na veľkostne malé vírniky (JACK a THORP, 2002). Nepopierateľné však je, že negatívny vplyv rýb na spoločenstvo vírnikov je menší ako ich vplyv na spoločenstvo mikrokôrovcov (CZERNIAWSKI a DOMAGALA, 2013). Vo všeobecnosti, po znížení početnosti mikrokôrovcov rodu *Daphnia* je očakávané zvýšenie početnosti vírnikov (BURNS a GILBERT, 1986; PORCUNA a kol., 1994; WOLFINBARGER, 1999). Na základe predačnej hypotézy bezstavovcov, predácia (alebo

redukcia) bezstavovcami na malom zooplanktónu je výraznejšia v prostredí bez intenzívnej rybej predácie (DODSON, 1974; LYNCH, 1978) (množstvo invertebrátnych predátorov je početnejších pri zníženom množstve rýb, keďže sú prirodzenou korisťou rýb). Hlavnou potravnou zložkou dravých bezstavovcov je korisť malých rozmerov, ktorej sa dokážu ľahko zmocniť a stráviť ju (WILLIAMSON a BUTLER, 1986; WILLIAMS, 1987). Pri absencii rybích predátorov, môžu dravé bezstavovce akými sú aj veslonôžky dosiahnuť vysokú hustotu, čím môžu mať výrazný vplyv na populácie malého zooplanktónu (YAN a kol., 1991; RIESEN a kol., 1988; VANNI, 1988; HANAZATO a YASUNO, 1989). Niektoré štúdie poukazujú na vnútornú kompetíciu (GILBERT, 1985; VANNI, 1988; MAY a JONES, 1989), iné vyzdvihujú predáciu (NEILL, 1984; MACKAY a kol., 1990) ako determinátora dynamiky zooplanktónu v jazerách. Iné výskumy prinášajú zistenia o relatívnom význame oboch faktorov, kompetície ako aj predácie (NEIL, 1984; VANNI, 1988, ARNOTT a VANNI, 1993). Predácia dravých bezstavovcov rodu *Diaptomus* je dôležitým determinantom štruktúry zooplanktonického spoločenstva pri absencii rýb. Výsledky tiež naznačujú význam abiotických faktorov. ARNOTT a VANNI (1993) nepotvrdili jednoznačný vplyv dravých bezstavovcov ani rýb v prípade špecifických skupín vírnikov (*Keratella sp.*, *Polyarthra sp.*, *Lecane sp.*). Invertebrátna predácia hrá dôležitú úlohu v prevencii invázie malých zástupcov zooplanktónu v jazerách bez rýb (ARNOTT a VANNI, 1993).

ZÁVER

Na základe zistených výsledkov, môžeme konštatovať, že zástupcovia väčšieho krustaceoplanktónu (perloočky a veslonôžky) boli v povrchovej vrstve litorálnej zóny zaznamenaní v kvantitatívne väčšom množstve počas nočných odberov čo môže byť vyvolané predačným tlakom vizuálnych predátorov (rýb) loviacich počas svetlej fázy dňa za pomoci zraku. Výsledkom únikovej reakcie je vertikálna migrácia väčšieho zooplanktónu do nižších zón vodného stĺpca a ďalej od litorálnej zóny a naopak, vertikálne migrácie týchto taxónov smerom k hladine v tmavej fáze dňa. Opačnú tendenciu sledujeme u vírnikov, malých zástupcov zooplanktónu, ktoré sú lovené perloočkami a veslonôžkami a zároveň pre väčšinu rýb netvorí významnú potravnú zložku z dôvodu malých telesných rozmerov. Diurnálna migrácia vírnikov má opačný smer ako pri mikrokôrovcoch, ktorým sa snažia vírniky vyhnúť. Počas svetelnej fázy dňa sa vírniky pohybujú smerom k osvetlenej povrchovej vrstve vody. Druhové zloženie zooplanktónu na rybníku je v porovnaní s prácami iných autorov pomerne nízke. Môže to byť spôsobené aj tým, že taxóny podtriedy Copepoda sme neurčovali do konkrétnych druhov. Pravdepodobne je to ale spôsobené sezónou, v ktorej sme odbery realizovali. Na komplexnejšie zhodnotenie priestorovej distribúcie a druhového zloženia zooplanktónu na tomto rybníku je potrebné vykonať rozsiahlejší výskum aj vo vegetačnom období.

LITERATÚRA

- AKOPIAN, M. - GARNIER, J. - POURRIOT, R., 1999. A large reservoir as a source of zooplankton for the river: structure of the populations and influence of fish predation. *Journal of Plankton Research*, 21(2), 285-297.

- AMOROS, C. 1984. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises - 5. Crustacés Cladocères. Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 53(3), 71-143.
- ARNOTT, S. E. - VANNI, M. J., 1993. Zooplankton assemblages in fishless bog lakes: influence of biotic and abiotic factors. Ecology, 74, 2361-80.
- ATTAYDE, J. L. - MENEZES, R. F., 2008. Effects of fish biomass and planktivore type on plankton communities. J. Plankton Res., 30, 885-892.
- BALKIĆ, A. G. - TERNJEJ, I. - ŠPOLJAR, M., 2018. Hydrology driven changes in the rotifer trophic structure and implications for food web interactions. Ecohydrology, 11, 1-12.
- BASIŃSKA, A. M. - ŚWIDNICKI, K. - KUCZYŃSKA-KIPPEN, N., 2014. Effect of surrounding trees and dry rush presence on spring zooplankton community in an urban pond complex.
- BOLLENS, S. M. - FROST, B. W., 1989. Predator-induced diel vertical migration in a planktonic copepod, 11(5), 1047-1065.
- BOLLENS, S. M. - FROST, B. W., 1991. Diel vertical migration in zooplankton : Rapid individual response to predators, 13(6), 1359-1365.
- BURNS, C. W. - GILBERT, J. J., 1986. Direct observations of the mechanisms of interference between *Daphnia* and *Keratella cochlearis*. Limnol. Oceanogr., 31, 859-866.
- CASTRO, B. - MARQUES, S. M. - GONÇALVES, F., 2007. Habitat selection and diel distribution of the crustacean zooplankton from a shallow Mediterranean lake during the turbid and clear water phases. Freshwater Biology, 52, 421-433.
- COMPTE, J. - MONTENEGRO, M. - RUHÍ, A. - GASCÓN, S. - SALA, J. - BOIX, D., 2016. Microhabitat selection and diel patterns of zooplankton in a Mediterranean temporary pond. Hydrobiologia, 766, 201-213.
- CZERNIAWSKI, R. - DOMAGAŁA, J., 2013. Reduction of zooplankton communities in small lake outlets in relation to abiotic and biotic factors. Oceanological and Hydrobiological Studies. The International Journal of Oceanography and Hydrobiology, 42, 123-131.
- DAWIDOWICZ, P. - LOOSE, J. C., 1992. Metabolic costs during predator-induced diel vertical migration of *Daphnia*. Limnology and Oceanography, 37(8), 1589-1595.
- DEVETTER, M. 1998. Influence of environmental factors on the rotifer assemblage in an artificial lake. Hydrobiologia. 387/388, 171-178.
- DINI, M. L. - CARPENETER, S. R., 1992. Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. 14 (3), 359-377.
- DODSON, S. I., 1974. Zooplankton competition and predation: An experimental test of the size-efficiency hypothesis. Ecology, 55, 605-13.
- DONDAJEWSKA, R. - KOZAK, A. - KOWALCZEWSKA-MADURA, K. - BUDZYŃSKA, A. - GOŁDYN, R. - PODSIADŁOWSKI, S. - TOMKOWIAK, A., 2017. The response of a shallow hypertrophic lake to innovative restoration measures - Uzarzewskie Lake case study. Ecological Engineering, 121, 72-82.
- EJSMONT-KARABIN, J., 2012. The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer Trophic State Index. Polish Journal of Ecology, 60, 339-350.
- GILBERT J. J., 1985. Competition between rotifers and *Daphnia*. Ecology, 66, 1943-1950.
- GLIWICZ Z. M., 1986. Predation and the evolution of vertical migration behavior in zooplankton. Nature, 320, 746-748.
- HABDIJA, I. - RADANOVIĆ, I. - PRIMC-HABDIJA, B. - ŠPOLJAR, M., 2002. Vegetation cover and substrate type as factors influencing the spatial distribution of trichopterans along a Karstic River. Int. Rev. Hydrobiol., 87, 423-437.
- HANAZATO T. - YASUNO, M., 1989. Zooplankton community structure driven by vertebrate and invertebrate predators. Oecologia, 8, 450-458.
- HANEY, J. F., 1988. Diel Patterns of Zooplankton Behavior.
- CHANG, K. H. - DOI, H. - IMAI, H. - GUNJI, F. - NAKANO, S. I., 2008. Longitudinal changes in zooplankton distribution below a reservoir outfall with reference to river planktivory. Limnology, 9, 125-133.
- ILLYIOVÁ a BALÁŽI, 2004. Hydrobiologický determinačný atlas Konzvumy IV. (Vírniky-Rotifera). Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave. I. vydanie. 81 pp.
-

- ILLYOVÁ, M., 2012. Zooplanktón štrkoviskových jazier na Borskej nížine. *Folia faunistica Slovaca*, 17(1), 81 – 90.
- JACK, J. D. - THORP, J. T., 2002. Impacts of fish predation on an Ohio River zooplankton community. *Journal of Plankton Research*, 24, 119–127.
- KOZAK, A. - GOLDYN, R. - DONDAJEWSKA, R., 2015. Phytoplankton composition and abundance in restored Maltański reservoir under the influence of physico-chemical variables and zooplankton grazing pressure. *PLoS ONE*, 10, e0124738.
- KUCZYŃSKA-KIPPEN, N. - PRONIN, M., 2018. Diversity and zooplankton species associated with certain hydroperiods and fish state in field ponds. *Ecological Indicators*, 90, 171–178.
- KUCZYŃSKA-KIPPEN, N., 2001a. Diurnal vertical distribution of rotifers (Rotifera) in the Chara zone of Budzyńskie Lake, Poland. *Hydrobiologia*, 446 (447), 195–201.
- KUCZYŃSKA-KIPPEN, N., 2001b. Seasonal changes of the rotifer community in the littoral of a polymictic lake. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 27, 2964–2967.
- MAY, L. - JONES, D. H., 1989. Does interference competition from *Daphnia* affect populations of *Keratella cochlearis* in Loch Leven, Scotland? *Journal of Plankton Research*, 11 (3), 445–461.
- LYNCH, M., 1978. Complex Interactions between Natural Coexploiters-*Daphnia* and *Ceriodaphnia*. *Ecology*, 59 (3), 552-564.
- MACISAAC, H. J. - GILBERT, J. J., 1989. Competition between rotifers and cladocerans of different body sizes. *Oecologia*, 81, 295–301.
- MACKAY, N. A. - CARPENTER, S. R. - SORRANO, P. A. - VANNI, M. J., 1990. The impact of two *Chaoborus* species on a zooplankton community. *Canadian Journal of Zoology*, 68, 981–985.
- MENG, L. - ORSI J. J., 1991. Selective predation by larval striped bass on native and introduced copepods. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120(2), 187-192.
- NEIL, W. E., 1984. Regulation of rotifer densities by crustacean zooplankton in an oligotrophic mountain lake in British Columbia. *Oecologia*, 61, 175-181.
- PORCUNA, J. M. - MORALES-BAQUERO, R. - CRUZ-PIZZARO, L., 1994. Effects of *Daphnia Longispina* on rotifer populations in a natural environment: Relative importance of food limitation and interference competition. *Journal of Plankton Research*, 16, 691–706.
- RIESEN, H. P. - SOMMERVILLE, J. P. - CHIAPPARI, C. - GUSTAFSON, D., 1988. *Chaoborus* predation, prey vulnerability and their effect in zooplankton communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45, 1912–1920.
- RICHARDSON, W.B. - BARTSCH, L. A., 1997. Effects of zebra mussels on food webs: Interactions with juvenile bluegill and water residence time. *Hydrobiologia*, 354, 141-150.
- ROMARE, P. - BERGMAN, E. - HANSSON, L. A., 1999. The impact of larval and juvenile fish on zooplankton and algal dynamics. *Limnology and Oceanography*, 44, 1655-1666.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1974. Planktonic rotifers: biology and taxonomy. *Die Binnengewässer* (Supplement). 26, 1–146. ŠPOLJAR, M. - DRAŽINA, T. - ŠARGAČ, J. - KRALJ-BOROJEVIĆ, K. - ŽUTINIĆ, P., 2012. Submerged macrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow through system (Papuk Nature Park, Croatia). *Annales de Limnologie International Journal of Limnology*, 48, 161–175.
- TAKAMURA, N. - KADONO, Y. - FUKUSHIMA, M. - NAKAGAWA, M. - KIM, B.-H. O., 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. *Ecol. Res.*, 18, 381–395.
- TELESH, I. V., 1993. The effect of fish on planktonic rotifers. *Hydrobiologia*, 255, 289–296.
- VANNI, M. J., 1988. Freshwater zooplankton community structure: Introduction of large invertebrate predators and large herbivores to a small species community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45, 1758–1770.
- VIŠŇOVSKÁ, Z., 2003. Zooplanktón rybníka Spišská Belá (povodie Popradu, Slovensko). *Folia Faunistica Slovaca*, 8, 39 – 45.
- WILLIAMS D. D., 1987. *The Ecology of Temporary Waters*. Timber Press, Portland, OR, USA.
- WILLIAMS, A. E. - MOSS, B., 2003. Effects of different fish species and biomass on plankton interactions in a shallow lake. *Hydrobiologia*, 491, 331–346.

- WILLIAMSON, C. E. - BUTLER, N. M., 1986. Predation on rotifers by the suspension-feeding calanoid copepod *Diaptomus pallidus*. *Limnology and Oceanography*, 31, 393-402.
- WOLFINBARGER, W. C., 1999. Influences of biotic and abiotic factors on seasonal succession of zooplankton in Hugo Reservoir, Oklahoma, USA, *Hydrobiologia*, 400, 13-31, 1999.
- YAN, N. D. KELLER, W. - MACISAAC, H. J. - McEACHERN, L. J., 1991. Regulation of Zooplankton Community Structure of an Acidified Lake by Chaoborus. *Ecological Applications*, 1(1) 52-65.