

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Diplomová práce

**Rozvoj zooplanktonu v rybnících s produkcí  
rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb**

**Autor:** Bc. Oldřich PECHA

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Martin BLÁHA, Ph.D.

**Konzultant diplomové práce:** Ing. Jan POTUŽÁK, Ph.D.

**Studijní program a obor:** Zemědělská specializace, Rybářství  
a ochrana vod

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 2.

České Budějovice, 2021

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma „Rozvoj zooplanktonu v rybnících s produkcí rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb“ jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě. 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 touto cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledcích 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.

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2021

---

Podpis studenta

## **Poděkování**

Velké díky patří vedoucímu práce panu Ing. Martinu Bláhovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, metodické vedení, profesionální přístup, a především za trpělivost a ochotu při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat konzultantům prof. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc. a Ing. Janu Potužákovi, Ph.D. za cenné rady v průběhu řešení a Ing. Marku Letovi za statistické hodnocení v programu Canoco. Mé poděkování patří i kolegům ze Štičí líhně – ESOX, spol. s r.o. za praktické rady, konzultace a poskytnuté informace.

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Oldřich PECHA**  
Osobní číslo: **V19N000P**  
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Rybářství a ochrana vod**  
Téma práce: **Rozvoj zooplanktonu v rybnících s produkcí rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb**  
Zadávající katedra: **Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

### Zásady pro vypracování

Cílem práce bude vyhodnotit abundanci a diverzitu společenstva zooplanktonu v rybnících s produkcí rychlených stádií ryb. Experiment bude probíhat na soustavě rybníků u obce Liderovice u Tábora. V jednotlivých rybnících se budou během jedné sezóny střídát produkční cykly rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb (štika obecná, candát obecný, lín obecný). Cílem práce tak bude popsat složení a abundanci společenstva zooplanktonu, jak se bude měnit v průběhu jednotlivých produkčních cyklů. Zároveň, vzhledem k nadbytku živin v rybnících, identifikovat faktory určující rozvoj přirozeného zooplanktonu, aby bylo možno významný podíl živin zadržet a využít k produkci ryb. Současně bude probíhat monitoring živin na přítoku a odtoku z rybníků realizovaný podnikem Povodí Vltavy a.s.

V přehledové části by se měl student zaměřit zejména na získání a sumarizaci dostupných informací o společenstvu zooplanktonu v rybnících a především vlivu chovu ryb na toto společenstvo. Během sezóny bude student odebírat vzorky zooplanktonu pro kvantitativní i kvalitativní analýzu společenstva. Tu bude posléze vyhodnocovat za použití mikroskopu a dostupné determinační literatury.

Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

#### Seznam doporučené literatury:

- Korinek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., & Prazakova, M. 1987. Carp ponds of central Europe. IN: Managed Aquatic Ecosystems. Ecosystems of the World, 29. Elsevier Science Publishing Co., New York. 1987. p 29-62.
- Opuszynski, K. (1987). Fresh-water pond ecosystems managed under a moderate European climate. IN: Managed Aquatic Ecosystems. Ecosystems of the World, 29. Elsevier Science Publishing Co., New York. 1987. p 63-91.
- Potužák, J., Hůda, J., Pechar, L. 2007. Zooplankton in Hypertrophic Fishponds: is the "Top-Down" Regulation of Phytoplankton Still a Valid Concept? *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica* 21: 11 5-120.
- Potužák, J., Hůda, J., Pechar, L. 2007. Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds-impact of zooplankton structure. *Aquaculture International* 15:201-210.
- Potužák, J. 2009. Plankton and Trophic Interactions in Hypertrophic Fish Ponds. Ph.D. thesis. University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, České Budějovice. 137 pp.
- Terziyski, D. I., Kalchev, R. K., Kalcheva, H. V., & Alexandrov, V. P. (2016). Relationships Between Plankton Primary Productivity, Biotic and Abiotic

Variables of Carp Fish Ponds. Ecologia Balkanica, 8(2).

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Bláha, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Potužák, Ph.D.**  
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2021**

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.**  
děkan

L.S.

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**  
ředitel

## Obsah

1.	Úvod.....	7
2.	Literární přehled .....	9
2.1.	Sezónní vývoj planktonu .....	9
2.1.1.	Obecné zákonitosti sukcese planktonu: PEG model .....	9
2.1.2.	Stratifikace (mělkých) nádrží.....	10
2.1.3.	Sezónní dynamika zooplanktonu v rybníčních nádržích .....	12
2.1.4.	Rybníční hospodaření a jeho vliv na společenstvo zooplanktonu .....	13
2.2.	Zvýšení přirozené produktivity rybníků rybářským managementem .....	14
2.2.1.	Hnojení .....	14
2.2.2.	Přikrmování.....	14
2.2.3.	Vápnění.....	15
2.3.	Charakteristika chovu rychlených stádií ryb.....	16
2.3.1.	Chované druhy ryb a jejich potravní nároky .....	16
3.	Materiál a metodika .....	21
3.1.	Popis sledované rybníční soustavy.....	21
3.2.	Design odchovu.....	22
3.3.	Odběr a zpracování vzorků zooplanktonu .....	22
3.4.	In situ monitoring fyzikálně chemických parametrů.....	23
3.5.	Odběr a zpracování vzorků vody .....	23
3.6.	Statistické vyhodnocení .....	24
4.	Výsledky.....	26
4.1.	Početnost jednotlivých druhů zooplanktonu.....	26
4.1.1.	Rybník Podedvorný.....	26
4.1.2.	Rybník Ministerský .....	30
4.1.3.	Rybník Utopený .....	34
4.1.4.	Velký Liderovický - Kontrola.....	38
4.2.	Statistické hodnocení dat .....	42
5.	Diskuse .....	44
6.	Závěr .....	51
7.	Literatura .....	52
8.	Přílohy .....	60
9.	Abstrakt .....	62
10.	Abstract .....	63

# 1. Úvod

Produkce plůdku dravých i kaprovitých ryb v rybničním ekosystému je z ekonomického hlediska pro rybáře atraktivní. Produkce samotná, resp. jednotlivé kroky od kulení po výlov plůdku, je v literatuře důkladně prozkoumána. Nicméně, o efektu plůdku kaprovitých i dravých ryb na společenstvo zooplanktonu, jež tvoří první a zároveň nezbytnou součást jejich výživy, není mnoho informací. V české krajině se produkce ryb, tedy i jejich plůdku, odehrává převážně v rybničním ekosystému, který mimo funkci produkční, přináší mnoho dalších hodnotných socio-ekonomických funkcí (Francová a kol., 2019). Rybníky prošly značnými změnami a mnoho z nich dosáhlo eutrofního až hypertrofního stavu (Pechar, 1995, 2000). Mohou za to jak staré živinové zátěže, tak zemědělské hospodaření či (ne)funkční čistírny odpadních vod – rybník tedy odráží stav celého povodí (Potužák a Duras, 2012). Nicméně i samotné rybniční hospodaření přispělo svým dílem k dnešnímu stavu rybníků (Pechar, 2000). V rybničním ekosystému jsou živiny zabudovány do biomasy organismů a rostlin. Vlivem silného vyžíracího tlaku ryb často dochází k významné eliminaci velkých filtrujících perlooček, tedy k přerušení toku živin a energie (omezení přirozené produkce rybníka) (Potužák a kol., 2007). V rybničním ekosystému je důležité, aby byl zooplankton přítomný v dostatečném množství a ideální velikosti co nejdéle v průběhu vegetační sezóny, a to jak z důvodu efektivního přenosu živin, tak růstu chovaných ryb. Velké perloočky jsou díky své velké filtrující kapacitě schopné udržet žádanou průhlednost vody a zároveň tvoří kapsule obsahující potřebné mikro- a makro-živiny nezbytné pro růst ryb. Právě průhlednost vody v rybnících spojená s rybářským hospodařením se stala v recentní době „hot-topic“. Protože právě vyšší průhlednost vody pozitivně koreluje s biodiverzitou (Kloskowski, 2011) a pochopitelně rybníky bez vysokého zákalu jsou atraktivnější pro širší veřejnost. Předpokládáme, že právě rybníky sloužící k chovu plůdku mohou uspokojit nároky veřejnosti - zachování biodiverzity, rekreace, atp.. Proto je žádoucí zanalyzovat vliv plůdku kaprovitých i dravých ryb na společenstvo zooplanktonu a nepřímo na fyzikálně chemické parametry vodního prostředí.

Moje diplomová práce se tedy zaměřila na vývoj zooplanktonu v rybnících s produkcí rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb. Pro naši studii jsme zvolili rybniční soustavu pod správou firmy Štičí líheň ESOX, spol. s r.o. v obci Liderovice, v blízkosti Tábora, s produkcí rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb – štiky, candáta, kapra, amura a lína. Rybníky (Podedvorný, Ministerský a Utopený) jsou

během vegetační sezóny 2-3x vypuštěny a znovu napuštěny. Během, před a po každém cyklu jsme monitorovali společenstvo zooplanktonu a fyzikálně chemické parametry vodního prostředí. Určili jsme tedy vliv jednotlivých plůdkových obsádek na společenstvo zooplanktonu a zároveň jsme sledovali koncentraci živin nejen v rybničním ekosystému, ale i na přítoku a odtoku. Byli jsme tedy schopni určit, zda jsou živiny v rybníce zadrženy a zároveň jsme identifikovali živiny důležité pro rozvoj zooplanktonu.



## 2. Literární přehled

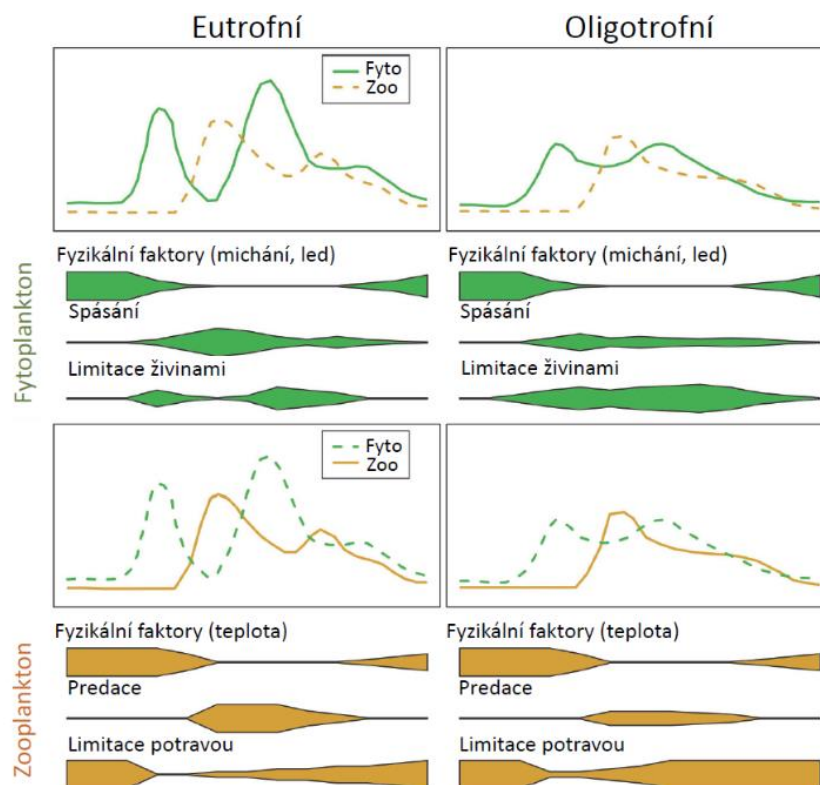
### 2.1. Sezónní vývoj planktonu

#### 2.1.1. Obecné zákonitosti sukcese planktonu: PEG model

U velkých nádrží se v pravidelných cyklech mění kvantita i kvalita fytoplanktonu a zooplanktonu. Tento relativně pravidelný cyklus, nazývaný také sukcese zooplanktonu a fytoplanktonu, byl popsán v 80. letech minulého století jako PEG model (Plankton Ecology Group model) (Sommer a kol., 1986). Model zahrnuje a pracuje se dvěma základními hnacími silami, které ovlivňují zmíněnou sukcesi – biotickou (např. vyžírací tlak ryb) a abiotickou (např. dostupnost limitujících živin) (Sommer a kol., 1986). Sukcese zooplanktonu a fytoplanktonu v rybnících odpovídá zejména revidované verzi PEG modelu, která zahrnuje také jezera s vysokou rybí obsádkou (Sommer a kol., 2012).

Je to právě úroveň úživnosti/trofie, která má významný vliv na utváření a průběh jednotlivých vrcholů fyto a zooplanktonu. Sukcese obou zmiňovaných složek v eutrofních jezerech má obvykle dvě maxima fytoplanktonu: jarní, kterému dominují malé druhy řas, zatímco letní je typické velkými formami řas odolných vůči predaci zooplanktonu. Tato maxima jsou obvykle oddělena fází čisté vody (clear water phase). Během této fáze je díky silnému predančnímu tlaku zooplanktonu, především perlooček rodu *Daphnia*, zkonsumován téměř všechno fytoplankton a z vody tak mizí vegetační zákal. Později jsou vlivem predace ryb a také díky vyčerpání potravy nahrazeny velké druhy filtrujících perlooček druhy menšími a dochází opět k nárůstu vegetačního zákalu jak je zobrazeno na Obr. 1 (Fott a kol., 1980; Kořínek a kol., 1987).

Nicméně výše popsaný průběh se pro oligotrofní nádrže poměrně významně liší od nádrží mezo až eutrofních. Celý proces zde probíhá pomaleji. Dokončena je pouze první část sukcese a nedochází k fázi čisté vody (Lampert a Sommer, 2007). Pro oba typy nádrží, tj. oligotrofní a eutrofní platí, že přítomnost, síla a trvání fáze čisté vody je silně ovlivněna vyžíracím tlakem ryb a také obdobím, kdy se ve vodním sloupci objevuje rybí plůdek (Jeppesen a kol., 1997).



Obrázek 1: Grafické znázornění PEG modelu v průběhu sezóny. Sezónní vývoj fytoplanktonu (nahore) a zooplanktonu (dole) v eutrofních (vlevo) a oligotrofních (vpravo) nádržích. Fytoplankton: tmavě šedá, malé druhy; šedá, velké druhy; světle šedá, velké diatomy. Zooplankton: tmavě šedá, malé druhy; šedá, velké druhy. Černé vodorovné symboly znázorňují vliv znázorněných faktorů. Převzato z (Sommer a kol., 1986).

### 2.1.2. Stratifikace (mělkých) nádrží

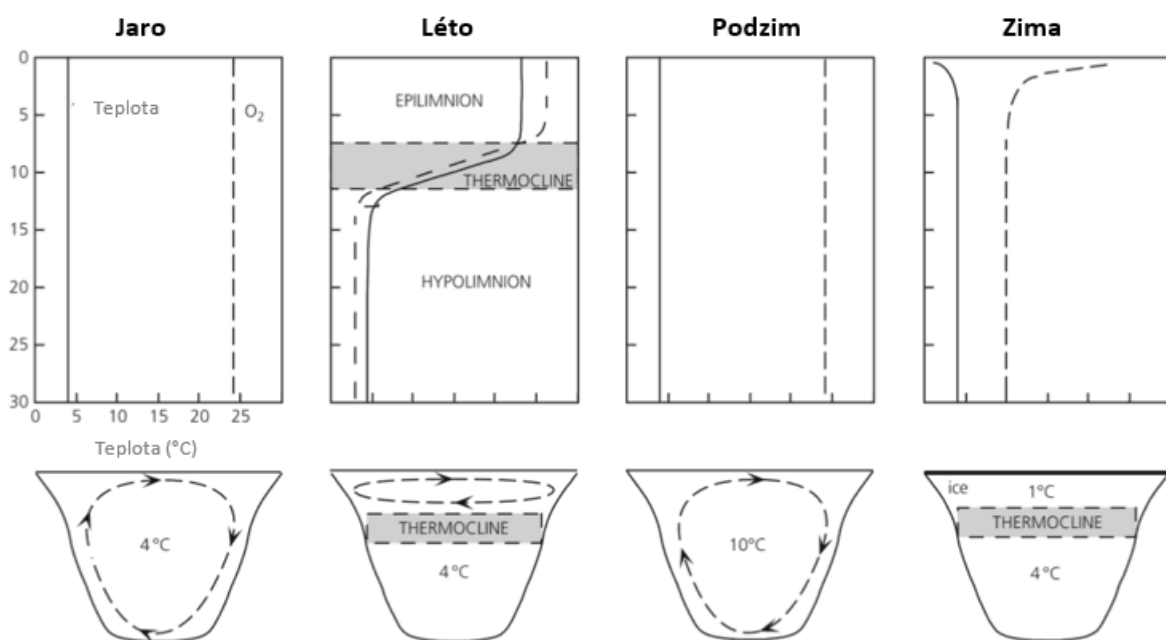
Po trofii je dalším velmi zásadním faktorem ovlivňujícím sezónní sukcesi planktonu stratifikace nádrže. Stratifikace nádrže je ovlivněna především teplotou, která je ovlivněna nadmořskou výškou, dopadem slunečního záření a odvíjí se od podnebí, ve kterém se nádrž nachází. Jezera v oblasti mírného pásu jsou řazena mezi dimiktická, tj. míchají se dvakrát ročně. Tímto procesem se rozumí promíchání celého obsahu nádrže, ode dna k hladině (Kalff, 2002). K prvnímu míchání dochází na jaře, již po roztání ledu, druhé míchání potom přichází na podzim. V období mezi těmito dvěma procesy, dochází v nádrži k postupné teplotní stratifikaci (Obr. 2).

Konvekční promíchávání vodního sloupce je podporováno horizontálním prouděním, vyvolaným větrem. Promíchávání vody probíhá do takové hloubky, ve které konvekční ani horizontální proudění vody již nemůže narušit stabilitu studených vrstev vody. Na této hranici vzniká teplotní skočná vrstva (termoklina), ve které lze na 1 m hloubky naměřit pokles teploty o několik °C (Kalff, 2002). V létě jsou vodní masy stojatých vod

rozděleny teplotní stratifikací na tři zóny: na horní epilimnion a dolní hypolimnion, mezi kterými je více či méně silná přechodná (skočná) vrstva, známá jako metalimnion. Změna hustoty vody v metalimniu funguje jako fyzická bariéra, která zabraňuje míchání horní a spodní vrstvy po období několika měsíců. Hloubka, do které dochází k promíchávání vody, závisí částečně na expozici jezera větru, ale zejména na velikosti jezera. U malých až středních jezer (20–500 ha) v severním mírném pásu můžeme v létě očekávat stratifikaci a bohaté promíchávání do hloubky 3-7 m, u větších jezer až do 10–50 m (Kalff, 2002). Následuje období zimní stagnace, nejtěžší voda o teplotě 4 °C je opět u dna. Nad ní je studenější (a lehčí) voda krytá na hladině ledem. Tato vlastnost vody umožňuje vodním živočichům přežít v zimním období u dna. Vrstva ledu chrání vodní sloupec také před promícháváním větrem, takže stratifikace přetrvává celou zimu.

Nicméně popsaný vzor platí především pro hluboké nádrže. Mělké eutrofní nádrže, kam rybníky nepochybně patří, se značně liší – v mnoha případech k teplotní stratifikaci vůbec nedochází (Brönmark a Hansson, 1998). S chybějící termoklinou chybí i hypolimnetické útočiště pro velký zooplankton (Tessier a Welser, 1991).

K míchání rybníčních nádrží může docházet vícekrát do roka, a to v důsledku například turbulence vyvolané větrem. V mnoha případech dochází k prohřátí celého vodního sloupce – což spolu s nadbytečným množstvím živin v eutrofních/hypertrofních nádržích akceleruje denitrifikaci (Wu a kol., 2020). Tím dochází k živinové disbalanci, respektive ke změnám poměru N:P, který není překážkou pro sinice, které si snadno obstarají vzdušný dusík (Pechar a kol., 2000). Zvýšená jarní teplota zrychluje fyziologické procesy planktonu jako je příjem živin, dýchání a růst (Goldman a Carpenter, 1974). Zároveň urychluje proces teplotní stratifikace vodního sloupce, která má dále vliv na světelné podmínky v povrchové vrstvě a tím ovlivňuje rozvoj fytoplanktonu (Austin a Colman, 2008).

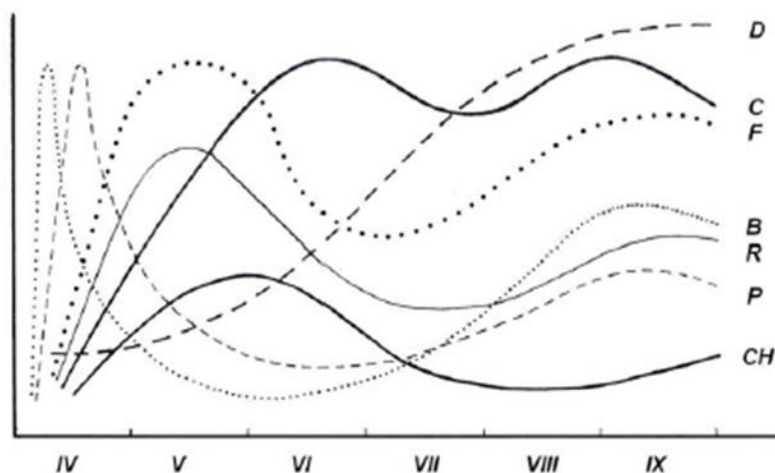


Obrázek 2: Teplotní stratifikace nádrže v průběhu roku. Termoklina (Thermocline) = skočná vrstva, metalimnion. Převzato z (Brönmark a Hansson, 1998).

### 2.1.3. Sezónní dynamika zooplanktonu v rybníčních nádržích

Druhové složení i abundance zooplanktonu je v nádržích rybníčního typu ovlivněna především obsádkou ryb, resp. jejím druhovým složením, biomasou i stářím ryb. Nicméně, obecně na začátku vegetační sezóny (březen–duben) v rybnících převládají větší druhy zooplanktonu rodu *Daphnia* (např. *Daphnia magna*, *D. pulicaria*) (Fott a kol., 1980; Sommer a kol., 1986, 2012; Šimek a kol., 2019). Během tohoto období je příjem potravy ryb částečně limitován teplotou (Obr. 3, první vrchol C). Vysoký filtrační tlak zooplanktonu na fytoplankton obvykle vyústí ve fázi čisté vody na přelomu května a června, která je charakteristická vysokou průhledností vody (Lampert a Sommer, 2007). Vyžírání tlak rybí obsádky na větší a snadno dostupné organismy se zvyšuje se vzrůstající teplotou vody. To má za následek dominanci menších druhů perlooček (*Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia* sp., Chydoridae) a klanonožců – hlavně buchanek (*Cyclops*, *Acanthocyclops*), vznášivek (*Eudiaptomus gracilis*) a jejich naupliových stádií (Obr. 3, druhý peak C). Velikostně selektivní vyžírání zooplanktonu rybami se mnohokrát ukázalo jako hlavní faktor při strukturování populací zooplanktonu (Hrbáček a kol., 1961). Se zvyšující se rybí biomasou narůstá i podíl vírníků, kteří již, díky své malé velikosti, nejsou zachyceni filtračním aparátem kapra (Potužák a kol., 2007). Kromě toho je známo, že vírníci se dobře vyvíjejí ve vysoce eutrofních vodách s vysokou biomasou ryb (Telesh, 1993; Ejsmont-Karabin, 2012) a tudíž i s vysokou biomasou bakterií (Šimek a kol., 2019),

jež tvoří jejich potravní základnu. Příklad vývoje a zastoupení hlavních druhů zooplanktonu v plůdkovém rybníku je znázorněn na Obr. 3.



Obrázek 3: Dynamika vývoje hlavních druhů zooplanktonu v plůdkových rybnících v České republice v průběhu vegetační sezóny (B – bakterie, P – protozoa, Ph -fytoplankton, R – rotifera, C – zooplankton, Ch – larvy chironomidea, D – rybí obsádka) (převzato z Adámek a kol., 2014).

#### 2.1.4. Rybníční hospodaření a jeho vliv na společenstvo zooplanktonu

Rybník je zcela vypustitelná umělá vodní nádrž, která účelně slouží k chovu ryb (Kořínek a kol., 1987; Francová a kol., 2019). Právě rybí obsádka, zejména hustota a druhové složení, je kritickým faktorem určující strukturu zooplanktonu (Fott a kol., 1980).

V rybníčním ekosystému se lze setkat s několika odlišnými scénáři a přístupy k hospodaření v rybníčním ekosystému. Prvním z nich je nadměrná obsádka/biomasa ryb, jež může vést až k úplnému vyloučení velkého zooplanktonu (Sommer a kol., 2012). Absence velkého zooplanktonu vede k přerušení přenosu živin do vyšších trofických úrovní, resp. k rybám (Potužák a kol., 2007). V tomto případě zůstanou živiny zamknuty v mikrobiální smyčce (Šimek a kol., 2019).

Naproti tomu absence rybí obsádky (kapra) může v rybníčním ekosystému vést až k fatálním environmentálním podmínkám, jako jsou například kyslíkové deficity (Pechar a kol., 2017). Ke kyslíkovým deficitům může docházet v případě, kdy velké filtrující druhy *Daphnia* kompletně potlačí primární producenty. Kromě toho snížení biomasy kapra nebo dokonce jeho úplné vyloučení z rybníčního ekosystému vede k uvolnění potravní niky, která je následně obsazena invazivními druhy jako je např. střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) pozorovaná v rybníku Rod (Pechar a kol., 2017) a dalších jihočeských rybnících nebo karas stříbřitý (*Carassius gibelio*), rozsáhle se šířící v

moravských rybnících (Pecha – osobní komunikace). Tyto druhy mají nežádoucí vliv jak na ekologickou stabilitu ekosystému, tak na ekonomiku rybářských podniků (Lusková a kol., 2010, Musil a kol., 2014).

Běžnou praxí v ČR a dalších státech střední Evropy je chov kapra založen na semi-intenzivní produkci, resp. produkci založené na přirozené potravě s příkrmováním, které tvoří 25-50 % budoucí biomasy ryb. Finální biomasa v takto obhospodařovaných rybnících dosahuje přibližně 450-500 kg/ha. To se může lišit s nadmořskou výškou a úživností rybníků. Nicméně v ČR můžeme zaznamenat rybníky s biomasou dosahující od 200-800 (až 1500) kg/ha (Adámek a kol., 2012, Francová a kol., 2019). V naší práci se zaměřujeme na rozvoj zooplanktonu pod tlakem plůdků různých druhů ryb. Čím se plůdek v prvních týdnech života živí je obecně známo a v práci popsáno. Avšak o vlivu na planktonní společenstvo existuje jen velmi málo informací.

## **2.2. Zvýšení přirozené produktivity rybníků rybářským managementem**

### **2.2.1. Hnojení**

Jedná se o opatření, jehož cílem je dodání makro – a mikronutrientů potřebných pro rozvoj primární produkce. Hnojení, nikoli však ve formě anorganických hnojiv (u nás ještě v 70. letech), ale pouze ve formě organických hnojiv, se praktikuje (v současnosti s určitými omezeními) na semi-intenzivně obhospodařovaných rybnících, a to především ve střední Evropě. Hlavním účelem tohoto opatření je podpora přirozené produkce rybníků, která je založena na úpravě podílu živin, a to především oxidu uhličitého (Adámek a kol., 2014). Oxid uhličitý je žádoucím elementem z důvodu udržení pufrovací kapacity vody a podpory vývoje rozkladačů. Nicméně zde existuje skrytá hrozba – zvýšená živinová destabilizace a akcelerace mikrobiální smyčky (Šimek a kol., 2019). V důsledku se mohou vyskytovat i kyslíkové deficity (Pechar a kol., 2002; Šimek a kol., 2019; Baxa a kol., 2021).

### **2.2.2. Příkrmování**

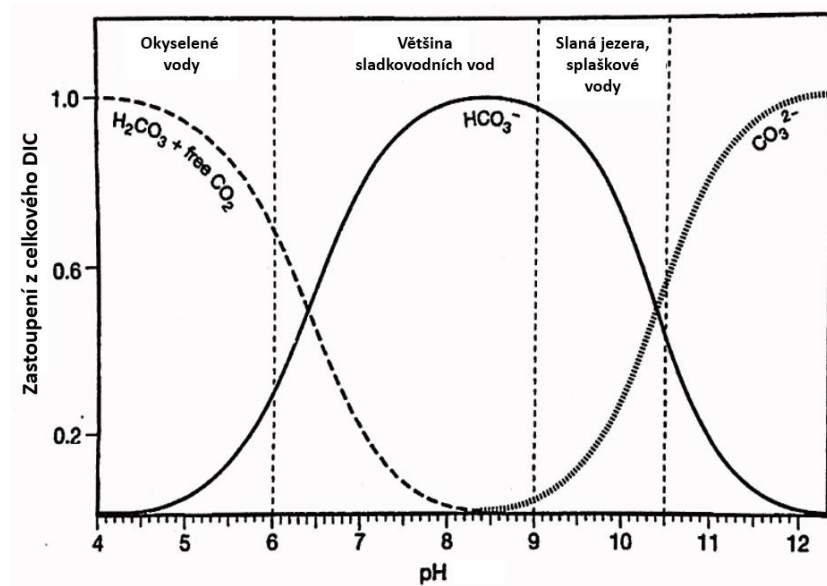
Příkrmování je významným a neodmyslitelným článkem rybníční produkce představující důležitý zdroj energie pro rybí obsádku (Roy a kol., 2020). Příkrmování v rybníčních podmínkách je většinou zahájeno po vyčerpání přirozené potravy v druhé polovině vegetační sezóny. V přítomnosti plevelných druhů ryb (střevlička východní; Musil a kol., 2014) může být zooplankton vyžrán i dříve. V podmínkách ČR se jako zdroj

přikrmování používají především obiloviny (Adámek a kol., 2012). Obilniny jsou pro kapra obecného (*Cyprinus carpio*), vhodný a snadno stravitelný zdroj energie (Degani, 2006) blíží se požadovanému optimu (NRC 2011). Nicméně vybalancování optimální diety ryb v rybníčních podmínkách je žádoucí vzhledem k urychlené eutrofizaci (Roy a kol., 2020).

### 2.2.3. Vápnění

Vápnění je účinným prostředkem sloužící k desinfekci rybníčního prostředí, dosažení optimálního pH a navíc prostředkem zvyšující efektivitu (organického) hnojení, resp. zlepšující dostupnost fosforu (Adámek a kol. 2014; Wurts a Masser, 2004). Aplikace vápenatých materiálů (např. mletého vápence) slouží primárně ke zvýšení pH, tedy zásaditosti a dostupnosti uhlíku v rybnících (Boyd, 1997).

V rybníčním ekosystému může docházet k významnému kolísání pH (intenzivní fotosyntéza, přítok). Náhlý pokles pH může mít pro vodní organismy fatální následky (Bhatnagar a Devi, 2013). Nicméně voda má schopnost těmto náhlým změnám odolávat díky pufrovací kapacitě hydrogen uhličitanového komplexu (alkalitě) Obr. 4 (Stumn a Morgan, 1981; Cook a kol., 1986; Kalff, 2002; Lampert a Sommer, 2007).



Obrázek 4: Rozdělení různých forem anorganického uhlíku v řekách a jezerech s měnícím se pH. Převzato z (Beattie a kol., 1978).

### 2.3. Charakteristika chovu rychlených stádií ryb

Stručně a jednoduše je princip chovu rychlených stádií popsán na kaprovi v příručce pro rybářské hospodáře vydané českým rybářským svazem (Adámek a kol., 2013). Podstatou metody je rozdělení odchovu do dvou etap. Cílem chovu rychlených stádií je překonání nejranějšího vývojového stádia (první etapy) v co nejlepších podmínkách dobře připravených rybníků pod intenzivním dohledem chovatele. U kapra se tím rozumí 5. – 6. týden věku při hmotnosti kolem 3 g (Dvořák a kol., 1981). Výsledkem je lepší přežití i vyšší dosažená hmotnost plůdku, avšak při větších nákladech a pracnosti. Výlov probíhá buď na plůdkovou podložní síť nebo pod hrází. Produktem je tzv. rychlený plůdek daného druhu ryby, který je následně vysazen do hlavních produkčních rybníků, kde probíhá druhá fáze jejich odchovu (Adámek a kol., 2013).

#### 2.3.1. Chované druhy ryb a jejich potravní nároky

##### Štika obecná (*Esox lucius*)

Chov rychleného plůdku štiky je moderní postup, který přináší dobré výsledky. Používají se malé rybníčky o výměře několika arů, popřípadě sádky, příkopové rybníčky a žlaby. Důležitá je dobrá slovitelnost, nejlépe hustou sítí pod hrází. Rybníčky se napustí několik dnů před vysazením Š<sub>0</sub>. Vyhnojí se kompostem nebo chlévskou mrvou, popřípadě naočkují zooplanktonem. Na 1 m<sup>2</sup> se vysadí 10–20 ks Š<sub>0</sub>. Plůdek je vhodné vysadit do okrajů, kde se ještě část zavěšuje na porosty. V průběhu odchovu je důležitý dostatek planktonu jako potravy, který má být stále k dispozici. V případě potřeby je nutné jej nalovit z jiných zdrojů a do rybníčka dodávat. Odchov trvá pouze 2–3 týdny. Při velikosti 30 mm propuká masový kanibalismus a plůdek je třeba lovit (velikost Š<sub>r</sub> je obvykle 30–50 mm). Na vysokou densitu obsádky štičího plůdku a s ní spojené propuknutí kanibalismu upozorňuje Giles a kol. (1986). Za dobrý výsledek je možné považovat přežití 10–20 % (Adámek a kol., 2013).

Příjem potravy začíná u štiky velmi brzy, tj. dokonce před úplnou resorpcí žloutkového vaku, při velikosti cca 11 mm. S ohledem na teplotu vody to bývá zpravidla 6.-10. den po vykulení z jikry. Rozplavaný plůdek se živí nejprve zooplanktonem (Mareš a Burleová, 1983; Dubský a kol., 2003). V průběhu vývoje a růstu se mění její potravní preference (Tab. 1). Příjmem přirozené potravy dochází k postupnému osidlování trávicího traktu širokou škálou mikrobů. Harmonie a ustanovení střevní mikroflóry podporuje tvorbu trávicích enzymů a za normálních podmínek slouží jako bariéra proti



invazi patogenů (Ringø a Gatesoupe, 1998). Potravní nároky štiky v průběhu její ontogeneze jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Potravní preference štiky obecné během raného vývoje podle (Franklin a Smith, 1963; Lohniský, 1970).

Velikost štiky (mm)	Druh potravy
10-12	Zooplankton – převážně litorální druhy: <i>Daphnia</i> , <i>Cyclops</i> , <i>Sida</i>
12-20	Velcí planktonní korýši, larvy <i>Chironomidae</i> , plůdek ryb
20-30	Fytofilní druhy zoobentosu: <i>Trichoptera</i> , <i>Diptera</i> ; larvy <i>Chironomidea</i> a litorální <i>Cladocera</i> , <i>Copepoda</i> , méně plůdek ryb
40-50	Larvy hmyzu, litorální <i>Cladocera</i> , kanibalismus
64-69	Planktonní korýši ( <i>Daphnia</i> , <i>Cyclops</i> ), plůdek ryb, kanibalismus
75-80	Přechod k převážně piscivornímu způsobu života: ryby tvoří až 44% potravy

### **Candát obecný (*Sander lucioperca*)**

Tzv. rychlenou metodou odchovu je dosahováno nejlepších produkčních výsledků i u tohoto druhu. Metoda spočívá opět v monokulturním odchovu plůdku do stádia Ca<sub>1</sub> (rychlený plůdek) v malých speciálních rybníčcích. Rychlený plůdek je následně sloven a vysazen do hlavních produkčních rybníků, obdobně jako u štiky (Čítek a kol., 1998). Veliký rozdíl je však ve způsobu nasazování rybníku. Neprobíhá totiž klasicky přes rozplavaný váčkový plůdek. Budoucí candátí plůdek je nasazen do připravených rybníků ve stádiu jiker pomocí uměle vytvořených hnízd. Na ně jikernačka vypustí jikry během poloumělého výtěru přímo na sádkách. Jikry jsou následně oplozeny mlíčákem a od stádia očních bodů je můžeme převážet na rybníky. Jedná se tedy o semi-intenzivní metodu odchovu candátího plůdku (Hilge a Steffens, 1996; Ruuhijärvi a Hyvärinen, 1996). Nejlepších výsledků je však dosaženo při vysazování hnízd co nejpozději, až poslední den před kulením (Mareš a kol., 1970; Hartman a Regenda, 2016). Na 100 m<sup>2</sup> se vysazuje 1 hnízdo s jikrami (Adámek a kol., 2013). Ve všech typech rybníků určených k odchovu candátů od jikry nebo stádia Ca<sub>0</sub> je dále nutné zajistit dostatečný rozvoj drobného zooplanktonu, a to ještě před přechodem candátího plůdku na exogenní výživu. Rozvoj zooplanktonu je možné podpořit organickým hnojením (Bardach a kol., 1972). Nejdrobnější organismy zooplanktonu se stávají první potravou candátích larev po jejich

přechodu na exogenní výživu (Musil a Peterka, 2005). Samotné ryby se však mohou v prvních fázích života stávat kořistí dospělců dravých buchanek (Cyclopoida), které takto způsobují v chovu určité procento ztrát (Horváth a kol., 2002; Kouřil a Hamáčková, 2005). Příliš předčasné napouštění nebo hnojení chovných rybníků před vysazením jiker candáta proto není doporučeno, aby v době kulení a rozplavávání plůdku nebyli ještě ve vodě přítomni dospělci buchanek ve velkých počtech (Klimeš a Kouřil, 2003). Dubský (1998) doporučuje při odchovu plůdku candáta v monokultuře napouštět rybníky 1-2 dny před vysazením jiker ve stadiu očních bodů. Přechod rybích larev na exogenní výživu je v takovém případě synchronizován s rozvojem drobného zooplanktonu.

V rybnících se larvy candáta živí nejprve vířníky a nauplii, následují klanonožci (Verreth a Kleyn, 1987). Se zvětšující se velikostí candátů se zvětšuje i velikost jejich kořisti (např. larvy pakomárů Chironomidae) (Steffens, 1960). Jakmile celková délka těla dosáhne 4 cm, juvenilové se z bezobratlých přesouvají na lov malých ryb (Antalfi, 1979). Toto období je nejkritičtější v celém jejich životním cyklu. Obdobný přechod z planktivorie přes benthivorii až na piscivorii je u dravých druhů ryb zcela běžný (Mehner a kol., 1996). Z důvodu vysoké kompetice o potravu dochází k velikostnímu rozrůstání obsádky. Tento fakt vede v konečném důsledku k vypuknutí kanibalismu (Steffens, a kol., 1996).

### **Amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*)**

K odchovu plůdku amura v monokultuře je možné použít vhodné plůdkové výtažníky (i pod 1 ha). Při odchovu plůdku je častěji praktikována metoda s přelovením, kterou je dosahováno lepších výsledků. Za optimální je možné v našich podmínkách považovat středně intenzivní obsádku  $Ab_0$  300 tis. ks/ha (Krupauer, 1989). Mezi druhým a třetím týdnem můžeme zahájit příkrmování plůdku. Odchov je u konce po 4-5 týdnech, kdy je vyčerpána přirozená potrava v rybníku. Lovený rychlený plůdek dosahuje velikosti 2-3 cm, ztráty činí 40-60 % (Krupauer, 1974).

Raný plůdek amura se živí především zooplanktonem (vířníci, korýši) a jednobuněčnými řasami. Po měsíci a půl příležitostně i larvami pakomárů. Jakmile plůdek dosáhne délky těla 3 cm, stává se fytofágním a jeho potravu tvoří převážně submerzní či plovoucí vodní rostliny, ale také vláknité řasy (Nikolskii, 1956; Konradt, 1966). Aktivní vyhledávání potravy začíná, když voda dosáhne teploty nad 10°C. S rostoucí teplotou je intenzivnější a optima dosahuje při teplotě okolo 26°C. Jeho střevo dosahuje 2–3 násobek

délky těla (Hestand a Carter, 1978). Trávicími enzymy jsou lipázy, amylázy a proteázy. Amur zkonsumuje kvůli dlouhému střevu a absenci enzymu pro trávení celulózy obrovské množství rostlinného materiálu, aby pokryl své energetické potřeby. Proto je tak efektivním nástrojem pro potlačení rozvoje rostlin v rybnících (Hestand a Carter, 1978). Menší jedinci (pod 1,2kg) mohou zkonsumovat několika násobek své hmotnosti za den. Oproti tomu větší ryby zkonsumují ve vhodných podmínkách denně množství rovné hmotnosti jejich vlastního těla (George, 1982).

### **Kapr obecný (*Cyprinus carpio*)**

Růst plůdku kapra má v prvních týdnech života za předpokladu dostatku přirozené potravy takřka exponenciální průběh (Jirásek, 1989). Odchov plůdku kapra se obvykle rozděluje na fázi odchovu rychleného plůdku z  $K_0$  na  $K_r$  v tzv. plůdkových předvýtažnicích do věku 4-6 týdnů, o kusové hmotnosti 0,5-2,5g až do vyčerpání přirozené potravy (Šilhavý a kol., 2012). Kapr se ve stádiu larvy živí převážně zooplanktonem, protože zooplankton poskytuje potřebné množství bílkovin pro rychlý růst, a zvláště pro vývoj gonád (Dewan a kol., 1977). Z těchto rybníků je  $K_r$  přelovován v závěru června až v první polovině července do plůdkových výtažníků k dalšímu odchovu, obvykle i ke komorování  $K_1$  (Šilhavý a kol., 2012). Plůdek lovený na jaře je zpravidla vysazován do násadových výtažníků či ponechán v původním výtažníku ve vyšší hustotě k produkci tzv. zadržené násady. Normativní přežití z  $K_1$  na  $K_2$  je přibližně 75 % (Hartman a Regenda, 2016).

Kapr obecný je potravní oportunist, který dokáže jednoduše přizpůsobit své potravní nároky aktuálním podmínkám prostředí. Jeho potravní základnu tvoří bentos (drobné organismy žijící u dna – např. larvy chironomidae), zooplankton a drobné části vodních rostlin (Rahman a kol., 2009). Během ontogenetického vývoje se potravní preference kapra mění. Pár dní po vykulení z jikry se živí především drobným zooplanktonem (vířníci, nauplia klanonožců). Za krátkou dobu přechází na větší organismy jako jsou perloočky a dospělci klanonožců. Tato změna se odvíjí především od velikosti ústního otvoru (Nunn a kol., 2012). Filtrační aparát tvořený žaberními tyčinkami pak určuje velikost částic, které jsou zachytávány (Dvořák a kol., 2020). Kapří plůdek může zachytit potravu o velikosti větší než 100 mikronů (Gisbert a kol., 1996). Dospělí jedinci jsou pak schopni zachytit částice větší než 250 mikronů (Sibbing a kol., 1986, 1988).

### **Lín obecný (*Tinca tinca*)**

Při výběru plůdkového výtažníku pro produkci plůdku lína v monokultuře dbáme na jeho dobrou slovitelnost, především dobře vyspádané stoky a loviště. V rybnících se líni zdržují v mělkých prohrátých partiích zarostlých vegetací a neradi ustupují s vodou při jejím vypouštění. Plůdek lína je vhodné lovit až na jaře následujícího roku za použití plůdkové podložní sítě. Zpravidla se nasazuje obsádka 100-400 tis. ks/ha  $L_0$  dle bonity daného rybníka. Očekávané přežití  $L_1$  se pohybuje mezi 5-30 % při dosažené hmotnosti 5-20 g. Druhou variantou je metoda s odlovem po 6-8 týdnech odchovu a produkcí  $L_r$  (Hartman a Regenda, 2016).

Lín je neselektivní predátor makroskopických bezobratlých zahrnující zooplankton, hmyz, korýše, raky, plže a malé mlže (Weatherly, 1959; Ranta a Nuutinen, 1984; Michel a Oberdorff, 1995; Perrow a kol. 1996; González a kol., 2000; Alas a kol., 2010), ale příležitostně nepohrdne ani vegetací (Michel a Oberdorff, 1995; Alas a kol., 2010). Ačkoliv se jedná primárně o bentofága, může se vydat za potravou do vodního sloupce, dokonce i k hladině klidných pomalu tekoucích vod. V jeho potravě se obecně odráží sezónní a místní dostupnost bezobratlých (Giles a kol., 1990; Copp a Mann, 1993; González a kol., 2000). Během prvních let života se živí zooplanktonem (převážně větší Cladocera). V dalších letech převažují měkkýši a hmyz (Michel a Oberdorff, 1995). V hledání potravy si efektivně poradí i za slabého světla (Herrero a kol., 2003).

### 3. Materiál a metodika

#### 3.1. Popis sledované rybníční soustavy

Sledovaná rybníční soustava se nachází nedaleko Tábora v obci Liderovice. Jedná se o kaskádu jedenácti menších či větších rybníků. Pro pozorování jsme vybrali čtyři z nich – Podedvorný (1,66 ha), Liderovický (2,96 ha), Ministerský (1 ha) a Utopený (0,9 ha). Rybník Liderovický byl téměř bez litorálních porostů. Na ostatních rybnících byl litorál přítomen, ovšem zabíral jen malou část z celkové plochy (Podedvorný 3-4 %, Ministerský 7 %, Utopený 7-10 %). Tvořily ho především makrofyta jako zblochan vodní (*Glyceria maxima*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*) i úzkolistý (*T. angustifolia*) a rákos (*Phalaris arundinacea*). Soustava má dva přítoky – Radkovský a Kostelecký potok. Z velké části je obklopena zemědělsky využívanou plochou, z části lesem (Obr. 5). Voda dále protéká Košínským potokem do Jordánu a dále do Lužnice. Od odbahnění nádrže Jordán v roce 2014 nebyla soustava hnojena ani vápněna. Do roku 2014 bylo hnojení a vápnění umožněno na základě výjimky v omezeném množství. Až na příkrmování obilovinami je veškerý přísun živin zprostředkován přítoky z povodí. Během odchovu raných stádií plůdku ryb byla voda z horních rybníků přepouštěna do rybníků níže v soustavě. Tudíž obsahovala i planktonní inokulum, které nastartovalo rozvoj zooplanktonu v daném rybníce.



Obrázek 5: Pohled na liderovickou soustavu rybníků, šipky ukazují přítoky Radkovský (bílá šipka) a Kostelecký (oranžová šipka) potok.

### 3.2.Design odchovu

Naše sledování se dá rozdělit do několika etap: **štičí fáze** (Podedvorný, Ministerský - duben), **candátí fáze** (Podedvorný, Ministerský a Utopený - květen, červen) a po ní fáze **kaprovitých** druhů (od konce června dále na všech sledovaných rybnících). Rybník Liderovický s obsádkou kapra po celou dobu sloužil jako kontrola (Tab. 2).

Tabulka 2: Přehled násad a výlovů na sledovaných rybnících.

Rybník	Druhy ryby	Nasazení	Nasazeno (tisíc ks)	Nasazeno tis.ks/ha	Loveno	Množství (tisíc ks)	Množství tis.ks/ha
Liderovický kontrola	K <sub>1</sub>	1.IV	90	30,4	8.IV.2021	1 K <sub>2</sub>	0,34 K <sub>2</sub>
Podedvorný	Š <sub>0</sub>	6.IV	400	241	24.IV	12 Š <sub>r</sub>	7 Š <sub>r</sub>
	Ca <sub>jo</sub>	29.IV	1000	602	15.VI	36 Ca <sub>r</sub>	21 Ca <sub>r</sub>
	Ab <sub>0</sub>	30.VI	300	180	20.VIII	21 Ab <sub>r</sub>	13 Ab <sub>r</sub>
	Ab <sub>r</sub>	20.VIII	X	X	(odlov) 10.III. 2021	13 Ab <sub>1</sub>	8 Ab <sub>1</sub>
Ministerský	Š <sub>0</sub>	6.IV	300	300	21.IV	49 Š <sub>r</sub>	49 Š <sub>r</sub>
	Ca <sub>jo</sub>	4.V	1000	1000	15.VI	108 Ca <sub>r</sub>	108 Ca <sub>r</sub>
	L <sub>0</sub>	25.VI	700	700	4.IV. 2021	35 L <sub>1</sub>	35 L <sub>1</sub>
Utopený	Ca <sub>jo</sub>	29.IV	1000	1111	9.VI	62 Ca <sub>r</sub>	69 Ca <sub>r</sub>
	K <sub>r</sub>	25.VI	20	22,2	8.IV.2021	3 K <sub>1</sub>	3 K <sub>1</sub>

### 3.3.Odběr a zpracování vzorků zooplanktonu

Zooplankton byl odebírán pomocí Patalasova sběrače o objemu 10 l z třech různých míst v blízkosti požeráku (Obr. 6). Z celkového objemu 30 litrů vody bylo 28,4 l přefiltrováno přes planktonní síťku (80 µm). Zbylá část původního objemu byla použita pro zpracování vzorků vody (detailně popsáné v další části). Přefiltrovaný plankton byl z planktonní sítě převeden do vzorkovnice a ihned fixován pomocí technického 70 % lihu.

V laboratoři následovalo kvalitativní a kvantitativní zpracování vzorků pod mikroskopem. Z každého vzorku byla odebrána menší část sedimentovaných organismů na sklíčko a z těchto organismů byly určovány jednotlivé druhy. K determinaci byly použity běžně dostupné klíče k určování planktonních organismů (Kořínek, 2005; Příkryl a Bláha, 2007). Po determinaci byly tyto jedinci ze sklíčka zpět smyty do vzorkovnice k původnímu vzorku. Před kvantitativním zpracováním vzorku byl celý objem ve vzorkovnici rozvířen, aby se rozmístění organismů před odběrem menšího množství na počítací sklíčko homogenizovalo. Na počítací sklíčko byly následně pomocí pipety

přeneseny 1-2 ml vzorku, podle množství organismů ve vzorku. Čím vyšší množství organismů ve vzorku, tím menší objem byl přenesen, aby organismy rozprostřené na počítacím sklíčku nebyli příliš těsně u sebe a nezesnadňovaly tak správnému spočtení. Následovalo spočtení všech jedinců všech druhů planktonních organismů z jednotlivých částí počítacího sklíčka. Veškeré počty a případné postřehy byly zaznamenány do tabulky. Na konci byl celý vzorek vrácen zpět do dané vzorkovnice. Z každé vzorkovnice, odběrového data, se spočetly minimálně dva podvzorky. Výsledné počty všech jedinců jednotlivých druhů byly přepočteny na počet jedinců na litr.



Obrázek 6: Výbava pro odebrání vzorků zooplanktonu. Zleva: Vědro o vhodném objemu pro 3 plné Patalasovy sběrače (3x10 l), vzorkovnice, teploměr, stříkačka s mikrofiltrem (0,45 $\mu$ m), Secciova deska, stříčka pro oplach planktonní sítě, Patalasův odběrač, planktonní síť (80  $\mu$ m).

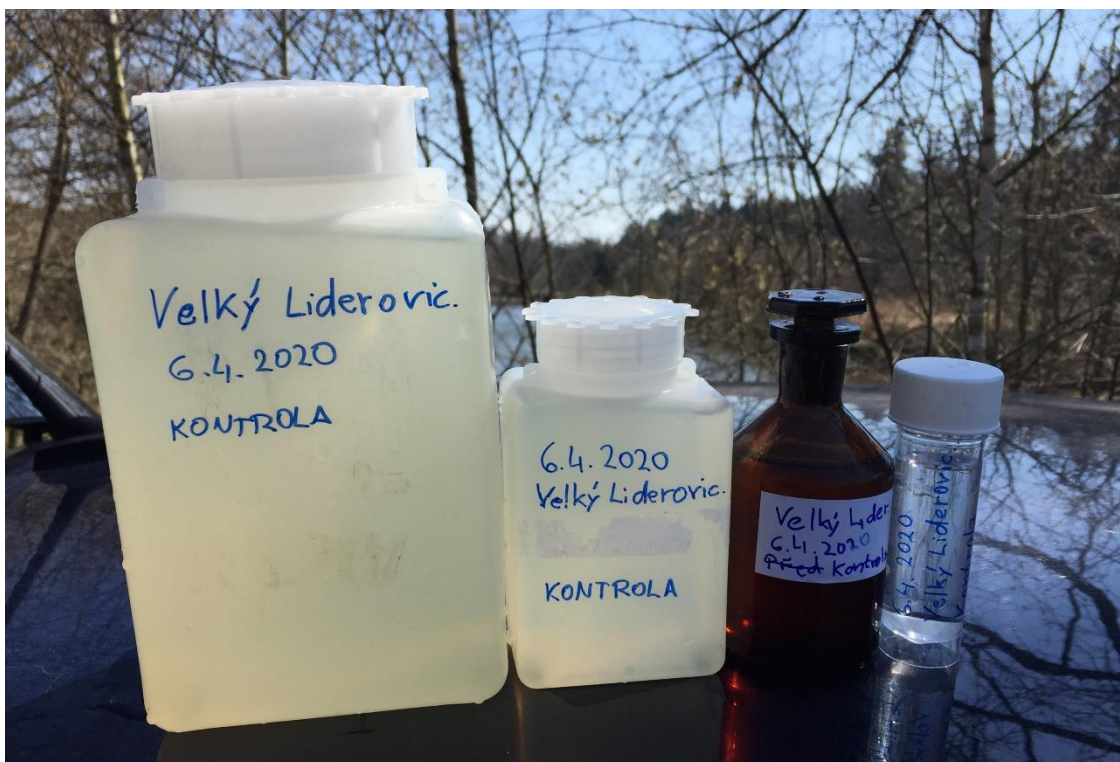
### **3.4. In situ monitoring fyzikálně chemických parametrů**

Na místě byla měřena průhlednost vody pomocí Secciovy desky a teplota vody rtuťovým teploměrem.

### **3.5. Odběr a zpracování vzorků vody**

Voda byla odebrána pomocí Patalasova odběrače z okolí požeráku. Z celkových 30 litrů vody bylo 1,6 l vody použito pro analýzu vlastností vody (Obr. 7). Dusičnanový (N-NO<sub>3</sub>), dusitanový (N-NO<sub>2</sub>) a amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>), fosforečnanový fosfor (P-PO<sub>4</sub>) a rozpuštěný organický uhlík (DOC) se analyzovaly ve vzorku, který byl v terénu

přefiltrován pomocí filtru o porozitě 0,45  $\mu\text{m}$ . Odebráno do PE vzorkovnice o objemu 30 ml. Celkový fosfor ( $P_{\text{celk.}}$ ) a celkový organický uhlík (TOC) se stanovovaly ze vzorku bez předchozí filtrace, odebraného do PE vzorkovnice o objemu 250 ml, zatímco chlorofyl A se stanovoval z objemu 1 l. Všechny tyto analýzy probíhaly v laboratoři Povodí Vltavy a.s. v Českých Budějovicích podle stanovených metodických postupů – normativních forem.



Obrázek 7: Vzorkovnice se vzorky vody z kontrolního rybníku připravené pro analýzu. Zleva: Vzorkovnice pro stanovení chemických parametrů z nefiltrovaného vzorku vody, vzorkovnice pro stanovení chlorofylu, vzorkovnice s Lugolovým roztokem pro případnou determinaci fytoplanktonu, vzorkovnice pro stanovení chemických parametrů s profiltrovaným vzorkem vody (0,45  $\mu\text{m}$ ).

### 3.6. Statistické vyhodnocení

K porovnání složení společenstev zooplanktonu v závislosti na environmentálních proměnných byla použita mnohorozměrná kanonická korespondenční analýza – CCA (program Canoco 5), zatímco odlišnosti ve společenstvu zooplanktonu v rybnících s opakovaným vypouštěním a napouštěním byly testovány jednotlivě, pro každý chov vedlejších ryb zvlášť, pomocí lineárních modelů se smíšenými efekty. Srovnávacím chovem byl vždy kapr. Tam, kde to bylo z hlediska sjednocených podmínek chovu



možné, byly využity absolutní četnosti (total abundance), v opačném případě byly použity relativní četnosti (relative abundance). Závislá, vysvětlovaná proměnná (početnost různých složek zooplanktonu), byla v případě absolutních četností logaritmicky transformována, v případě relativních četností byla využita arcsinová transformace. Tyto analýzy byly provedeny v programu R studio. Rozdíl ve velikosti perlooček rodu *Daphnia* v jednotlivých odběrových datech byl hodnocen v programu Statistika 12 analýzou variance (ANOVA). Data byla testována, zda mají normální rozdělení, Kolmogorov-Smirnov testem. V případě, že data neměla normální rozdělení, provedla se jejich transformace zlogaritmováním a následně se použily odpovídající parametrické testy.

Specifické reakce populací jednotlivých druhů zooplanktonu na rostoucí gradienty nejdůležitějších environmentálních proměnných vybraných z datasetu pomocí metody postupného výběru (stepwise selection) při CCA jsou zobrazeny v přílohách (Obr. P1 a 2). Pro modelování těchto odpovědí byla využita matematicky stabilizovaná hodnota vycházející z četnosti jedinců ve vzorcích a gradient dané environmentální proměnné. Použitou metodou byly zobecněné lineární modely (GLM).

## 4. Výsledky

### 4.1. Početnost jednotlivých druhů zooplanktonu

#### 4.1.1. Rybník Podedvorný

##### Štičí fáze

Rybník Podedvorný byl nasazen štikou obecnou na začátku dubna (06/04/2020) a následně sloven po osmnácti denním odchovu (23/04/2020).

Celková abundance zooplanktonu, reprezentována zejména vířníky (Rotifera), perloočkami (Cladocera) a klanoožci (Copepoda), dosahovala od 182 ind./L (06/04/2020) do 6219 ind./L (23/04/2020; Tab. 3, Obr. 9). Nejvíce početnou skupinou (>90 %) v průběhu celého chovu byla skupina vířníci, zastoupena především druhy rodu *Keratella*, *Brachionus* a *Asplanchna* (Obr. 8). Klanonožce reprezentovala především naupliová a kopepoditová stádia dvou druhů: *Acanthocyclops americanus* a *Thermocyclops crassus* (9 %). Ze skupiny perlooček byla zachycena pouze *Bosmina longirostris* a *Chydorus ovatus* (dohromady 1 %).

##### Candátí fáze

Candát obecný byl nasazen na konci dubna (29/04/2020) a sloven v polovině června (15/06/2020).

Celková abundance zooplanktonu klesala z 2751 ind./L po nasazení až k 219 ind./L v době výlovu. Na počátku odchovu dominovali zástupci vířníků (>90 %), jejichž početnost velmi rychle poklesla (<1 %). Dominantního postavení díky tomu dosáhly perloočky (>60 %) a klanonožci (20 %). Mezi perloočkami dominovaly *B. longirostris*, *Daphnia galeata* a *D. magna*, zatímco klanonožce reprezentovala opět zejména naupliová a kopepoditová stádia buchanek (Obr. 8 a 9., Tab. 3).

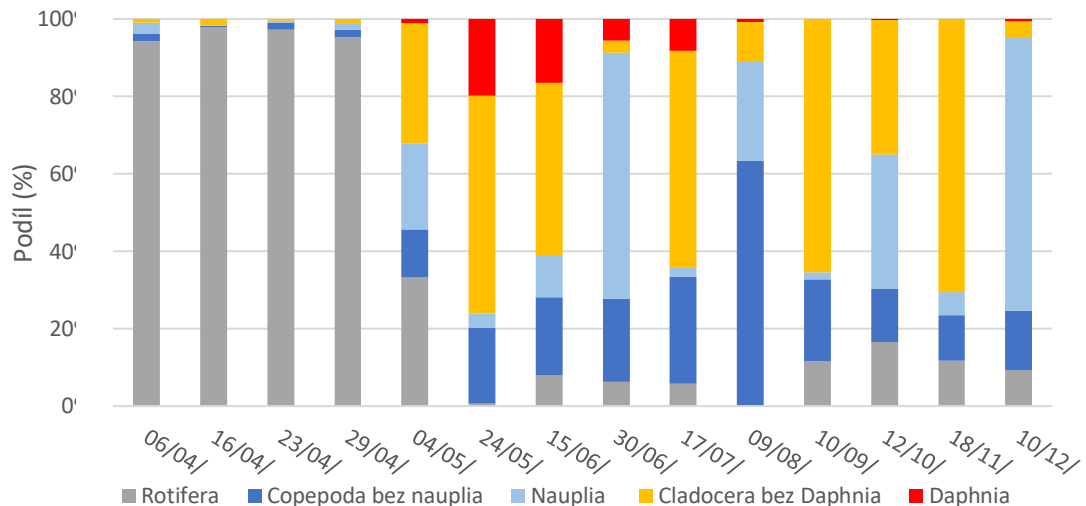
##### Fáze kaprovitých druhů – Amur bílý

Amur bílý byl nasazen na konci června (30/6/2020) a částečně odloven (20/8/2020) jako Ab<sub>r</sub>. Odloveno bylo 20 750 ks (175 kg). Jeho odchov dále pokračoval až do března následujícího roku (10/3/2021), kdy byl sloven jako Ab<sub>1</sub>.

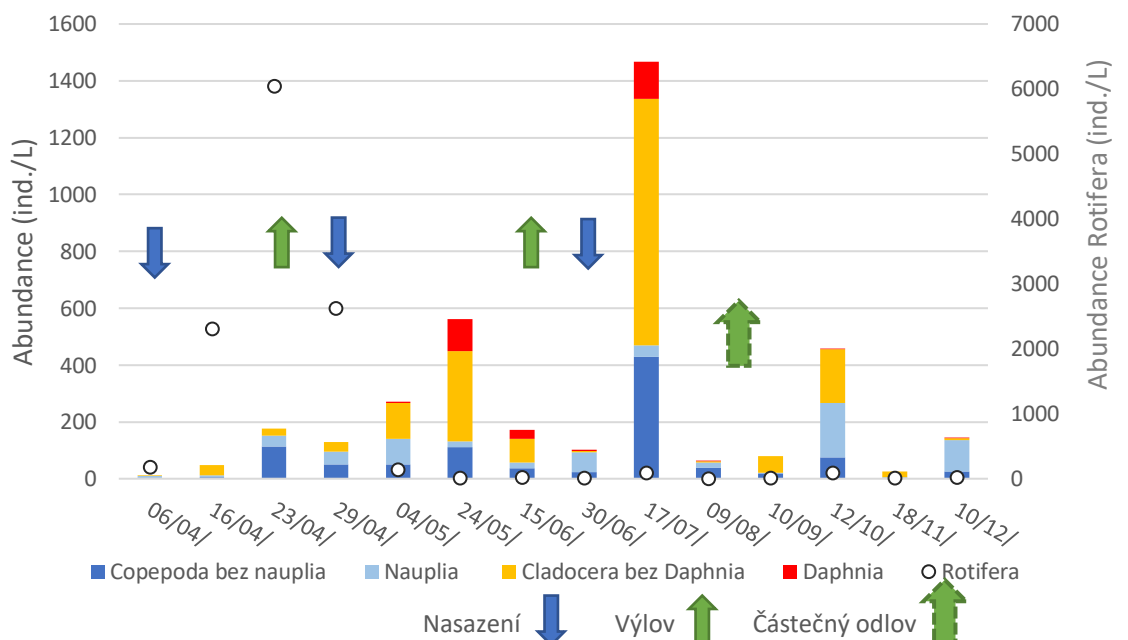
Celková abundance zooplanktonu v průběhu odchovu značně kolísala od 30 ind./L (18/11/2020) do 1687 ind./L (17/7/2020). Krátce po nasazení dominovaly perloočky (90 %) zastoupené především druhy *B. longirostris* (80 %) a *D. galeata* (20 %) a klanonožci reprezentované vývojovými stádii i dospělci již zmiňovaných druhů a také několika jedinci druhu *Cyclops vicinus*. Obdobný scénář byl zaznamenán 9/8/2020 a

10/12/2020. Mezitím ve vzorcích dominovala skupina drobných druhů perlooček (*Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Chydorus*; Obr. 8 a 9; Tab. 3).

Co se týče fyzikálně chemických parametrů, značně se lišily zejména hodnoty chlorofylu A během odchovu. Před výlovem candáta (15/06/2020) byla naměřena hodnota 3 ug/L, která se dostala až na hodnotu 230 ug/L (12/10/2020) během odchovu amura a v silné přítomnosti řasy váleče *Volvox* sp. (Tab. 4).



Obrázek 8: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v rybníce Podedvorný.



Obrázek 9: Přehled abundance jednotlivých skupin zooplanktonu a nasazení/výlovu/částečného odlovu ryb v rybníce Podedvorný.

Tabulka 3: Přehled jednotlivých druhů zooplanktonu a jejich početnosti (ind./L) v rybníce Podedvorný během vzorkování v roce 2020.

Datum	Druh ryby	Fáze	<i>Keratella</i> sp.	<i>Asplanchna</i> sp.	<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Filinia longiseta</i>	Nauplia	Buchanky kopepoditi	<i>Thermocyclops crassus</i>	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Cyclops vicinus</i>	Vznášivky kopepoditi	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Daphnia ambigua/parvula</i>	<i>D. galeata</i>	<i>D. magna</i>	<i>Scapholeberis mucronata</i>	<i>Chydorus ovatus</i>	<i>Ceriodaphnia</i> sp.
06/04	štika	N	31	49	91	-	5	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
16/04	štika	O	1965	35	297	11	7	4	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	17	-
23/04	štika	S	5343	297	239	163	38	16	30	59	-	-	10	25	-	-	-	-	-	-
29/04	candát	N	2101	99	59	363	45	31	17	-	-	3	-	34	-	-	-	-	-	-
04/05	candát	O	9	103	6	17	90	34	14	3	-	-	-	122	-	4	-	2	3	-
24/05	candát	O	3	-	-	-	22	30	21	46	13	-	-	317	51	57	4	-	-	-
15/06	candát	S	2	13	-	-	20	33	3	-	1	-	-	78	3	19	9	3	2	-
30/06	amur	N	-	-	7	-	70	10	11	-	1	1	1	3	-	6	-	-	-	-
17/07	amur	O	5	66	16	3	40	369	37	23	-	-	-	869	-	129	-	-	-	-
09/08	amur	O	-	-	-	-	16	34	2	4	1	-	-	-	-	1	-	-	6	-
10/09	amur	O	-	-	10	-	2	17	2	-	-	-	-	28	-	-	-	-	9	23
12/10	amur	O	30	52	7	2	191	65	5	3	-	-	2	170	-	2	-	-	21	-
18/11	amur	O	3	-	-	-	2	1	3	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-
10/12	amur	O	9	4	2	-	112	15	6	1	-	-	2	7	-	1	-	-	-	-

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením

Tabulka 4: Přehled fyzikálně chemických parametrů v rybníce Podedvorný během vzorkování v roce 2020. TOC – celkový organický uhlík; DOC – rozpuštěný organický uhlík; TC – celkový uhlík; TIC – celkový anorganický uhlík; N-NO3 – dusičnanový dusík; N-NO2 – dusitanový dusík; N-NH4 – amoniakální dusík; TN – celkový dusík; P-PO4 – fosforečnanový fosfor; P celk. – celkový fosfor.

Datum	Druh ryby	Fáze	Průhlednost (m)	Teplota (°C)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	TC (mg/l)	TIC (mg/l)	Dusičnany (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	N-NO2 (mg/l)	N-NH4 (mg/l)	TN (mg/l)	P-PO4 (mg/l)	P celk. (mg/l)	Chlorofyl-a (ug/l)
06/04	štika	N	0,50	10,5	15	9,2	30	15	9,40	2,10	0,069	0,07	3,6	0,010	0,17	160
16/04	štika	O	1,10	13,5												
23/04	štika	S	1,00	15,4	14	13	28	14	1,30	0,29	0,032	0,09	2,3	0,014	0,19	45
29/04	candát	N	0,20	13,0	10	9,4	31	21	3,70	0,84	0,056	0,61	3,0	0,029	0,24	17
04/05	candát	O	0,50	11,0	14	12	34	20	<0,10	<0,03	<0,002	0,09	2,3	0,018	0,36	98
24/05	candát	O.	0,60	16,0	13	11	35	22	0,26	0,06	0,011	0,61	2,5	0,110	0,37	37
15/06	candát	S	1,50	22,0	10	10	37	27	0,25	0,06	0,025	1,40	2,8	0,084	0,21	3,0
30/06	amur	N.	0,55	21,5	14	11	35	21	1,10	0,25	0,061	0,61	2,1	0,021	0,26	160
17/07	amur	O	0,65	20,0	16	13	39	23	0,18	0,04	0,004	0,03	1,7	0,045	0,25	95
09/08	amur	O	0,75	26,0	16	12	41	25	<0,10	<0,03	<0,002	<0,02	1,6	0,020	0,19	46
10/09	amur	O	0,30	17,0	21	16	39	18	0,35	0,08	0,003	0,04	1,9	0,031	0,39	89
12/10	amur	O	0,35	10,5	24	12	46	22	0,64	0,14	0,022	0,24	3,7	0,014	0,35	230
18/11	amur	O	0,75	6,0	12	9,4	34	22	6,90	1,60	0,059	1,60	4,0	0,100	0,25	37
10/12	amur	O	0,80	3,0	10	8,8	33	23	7,10	1,60	0,023	0,55	2,5	0,022	0,18	110

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením

#### 4.1.2. Rybník Ministerský

##### Štičí fáze

Rybník Ministerský byl rovněž nasazen štikou obecnou na začátku dubna (06/04/2020) a následně sloven po patnácti denním odchovu (20/04/2020).

Celková abundance zooplanktonu (vířníci, perloočky a klanonožci) dosahovala od 641 ind./L (06/04/2020) do 2782 ind./L (16/04/2020; Tab. 5). Nejvíce početnou skupinou (>90 %) v průběhu celého chovu byli vířníci, zastoupení především druhy rodu *Keratella*, *Brachionus* a *Asplanchna*. Klanonožce reprezentovala především naupliová a kopepoditová stádia dvou druhů: *A. americanus* a *T. crassus* (9 %). Z perlooček byla zachycena pouze *B. longirostris* a pár jedinců *C. ovatus* (dohromady 1 %; Obr. 10 a 11; Tab. 5).

##### Candátí fáze

Candát obecný byl nasazen na začátku května (04/05/2020) a sloven v polovině června (15/06/2020).

Celková abundance zooplanktonu se v době nasazení (446 ind./L) a výlovu (379 ind./L) lišila jen nepatrně, zatímco během odchovu jsme zaznamenali významný nárůst početnosti - 1983 ind./L (24/5/2020). Na počátku odchovu dominovali zástupci vířníků (>90 %), jejichž početnost opět velmi rychle poklesla (<1 %). Dominantního postavení díky tomu dosáhly perloočky (>85 %). Klanonožci tvořili malou část (>5 %). Mezi perloočkami dominovaly *B. longirostris*, *D. galeata* a *D. magna*, zatímco klanonožce reprezentovala opět zejména naupliová a kopepoditová stádia druhů: *A. americanus* a *T. crassus* (Obr. 10 a 11; Tab. 5).

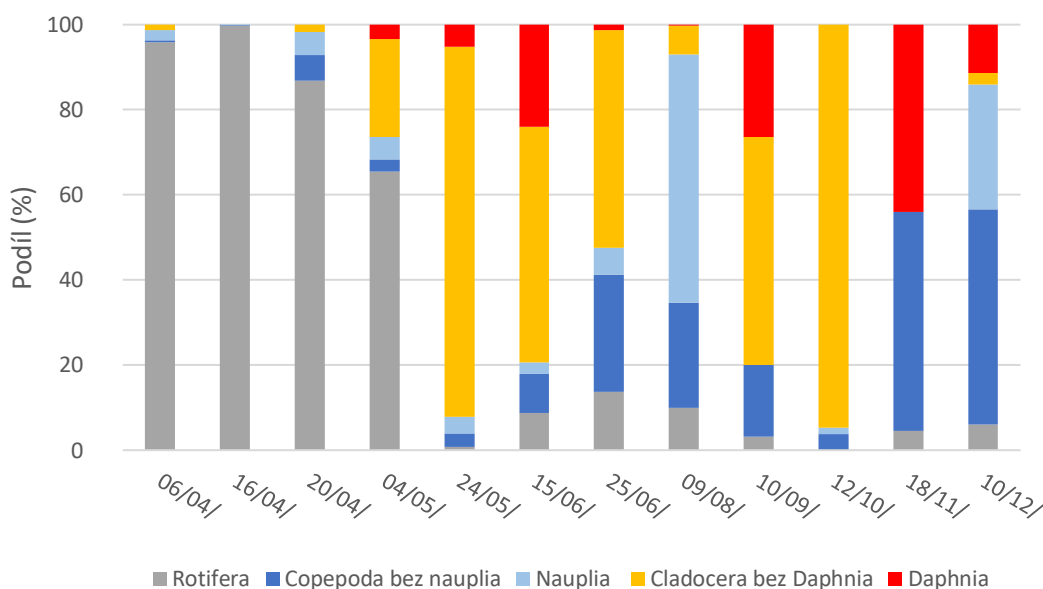
##### Fáze kaprovitých druhů – Lín obecný

Lín obecný byl nasazen ke konci června (25/6/2020) a jeho odchov probíhal až do dubna následujícího roku (08/04/2021), kdy byl sloven jako L<sub>1</sub>.

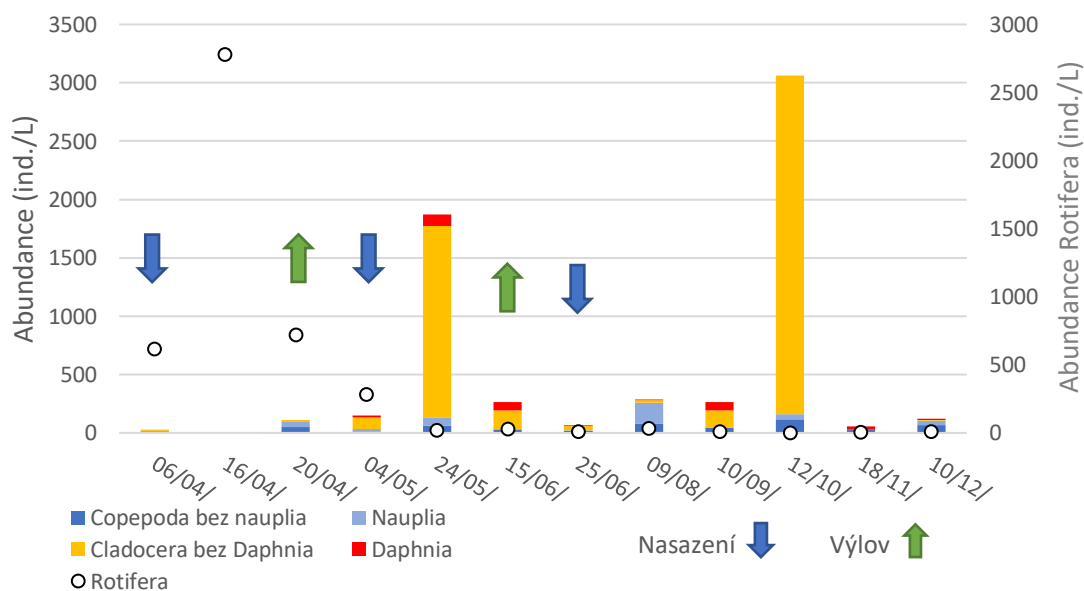
Celková abundance zooplanktonu v průběhu odchovu značně kolísala. Z počátečního stavu 80 ind./L (25/06/2020) před nasazením, přes množství 3061 ind./L (12/10/2020) k 83 ind./L (18/11/2020). Krátce po nasazení tvořily hlavní část perloočky (50 %) zastoupené především druhy *B. longirostris* (75 %) a *C. ovatus* (25 %) a klanonožci reprezentované vývojovými stádii i dospělci již zmiňovaných druhů. Po začátku ochlazování (12/10/2020) zooplanktonu dominovaly perloočky (>95 %) zastoupené téměř výhradně druhem *B. longirostris*. Se snižující se teplotou se zvyšoval podíl

klanonožců, kteří při posledním vzorkování (10/12/2020) tvořili téměř 85 % (Obr. 10 a 11; Tab. 5).

Před výlovem candáta (15/06/2020) jsme naměřili vysokou průhlednost (1,5 m). Během odchovu byly naměřeny nízké hodnoty celkového fosforu (0,081 mg/L; 09/08/2020). Při posledním vzorkování (10/12/2020) byla zaznamenána vysoká hodnota chlorofylu A (200 ug/L) způsobená přítomností řasy *Volvox* sp. (Tab. 6).



Obrázek 10: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v rybníce Ministerský.



Obrázek 11: Přehled abundance jednotlivých skupin zooplanktonu a nasazení/výlovu ryb v rybníce Ministerský.

Tabulka 5: Přehled jednotlivých druhů zooplanktonu a jejich početnosti (ind./L) v rybníce Ministerský během vzorkování v roce 2020.

Datum	Druh ryby	Fáze	<i>Keratella</i> sp.	<i>Asplanchna</i> sp.	<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Filinia longiseta</i>	<i>Synchaeta</i> sp.	Nauplia	Buchanky kopepoditi	<i>Thermocyclops crassus</i>	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Cyclops vicinus</i>	Vznašivky kopepoditi	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Daphnia ambigua/parvula</i>	<i>D. galeata</i>	<i>D. pulicaria/pulex</i>	<i>Scapholeberis mucronata</i>	<i>Chydorus ovatus</i>
06/04	štika	N	78	116	414	4	-	16	2	1	-	-	-	-	6	-	-	-	-	2
16/04	štika	O	2360	198	173	38	9	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/04	štika	S	351	126	184	56	1	45	30	-	17	-	-	2	14	-	-	-	-	-
04/05	candát	N	76	120	73	14	-	23	7	3	2	-	-	-	99	-	15	-	-	-
24/05	candát	O	3	4	7	-	-	73	32	2	8	17	-	-	1642	23	73	2	-	-
15/06	candát	S	13	7	5	-	-	8	24	-	-	2	-	-	94	38	31	-	42	23
25/06	lín	N	6	1	3	-	-	4	10	3	6	-	-	-	27	-	1	-	-	9
09/08	lín	O	9	5	17	-	-	184	68	5	-	-	2	2	4	-	1	-	5	13
10/09	lín	O	-	-	9	-	-	-	42	-	3	-	-	-	145	-	72	-	-	-
12/10	lín	O	-	-	-	-	-	45	101	2	7	-	-	5	2900	-	-	-	-	-
18/11	lín	O	3	-	-	-	-	-	15	1	-	-	-	14	-	-	25	-	-	-
10/12	lín	O	4	3	-	-	-	38	14	2	-	-	2	49	3	-	15	-	-	-

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením



Tabulka 6: Přehled fyzikálně chemických parametrů v rybníce Ministerský během vzorkování v roce 2020. TOC – celkový organický uhlík; DOC – rozpuštěný organický uhlík; TC – celkový uhlík; TIC – celkový anorganický uhlík; N-NO<sub>3</sub> – dusičnanový dusík; N-NO<sub>2</sub> – dusitanový dusík; N-NH<sub>4</sub> – amoniakální dusík; TN – celkový dusík; P-PO<sub>4</sub> – fosforečnanový fosfor; P celk. – celkový fosfor.

Datum	Druh ryby	Fáze	Průhlednost (m)	Teplota (°C)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	TC (mg/l)	TIC (mg/l)	Dusičnany (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	TN (mg/l)	P-PO <sub>4</sub> (mg/l)	P celk. (mg/l)	Chlorofyl-a (ug/l)
06/04	štika	N	0,50	10,8	15	9,9	33	18	8,80	2,00	0,066	0,05	3,4	<0,010	0,20	99
16/04	štika	O	1,15	13,0												
20/04	štika	S	1,20	15,1	9,2	7,2	27	18	1,80	0,41	0,042	0,15	1,6	0,042	0,20	49
04/05	candát	N	0,45	12,0	16	12	35	19	0,29	0,07	0,004	0,05	1,9	0,014	0,20	85
24/05	candát	O	1,40	17,0	14	14	37	23	0,10	<0,03	0,005	0,44	2,0	0,071	0,17	4,9
15/06	candát	S	1,50	22,0	13	12	39	26	0,55	0,12	0,061	0,17	1,7	0,043	0,16	15
25/06	lín	N	0,60	21,0	17	12	40	23	3,90	0,88	0,10	0,77	3,5	0,024	0,24	71
09/08	lín	O	1,40	26,4	14	14	33	19	0,17	0,04	0,003	0,02	1,5	<0,010	0,081	97
10/09	lín	O	0,35	17,5	20	14	46	26	0,21	0,05	0,003	0,04	2,2	0,012	0,19	82
12/10	lín	O	0,80	11,0	19	13	43	24	0,50	0,11	0,013	0,16	2,6	<0,010	0,25	93
18/11	lín	O	0,60	7,0	14	12	38	24	1,30	0,29	0,011	0,02	1,5	<0,010	0,12	93
10/12	lín	O	1,05	3,0	14	13	39	25	0,15	0,03	0,003	0,04	1,0	0,014	0,11	200

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením

### 4.1.3. Rybník Utopený

#### Candátí fáze

Candát obecný byl nasazen na konci dubna (29/04/2020) a sloven v druhém týdnu června (09/06/2020).

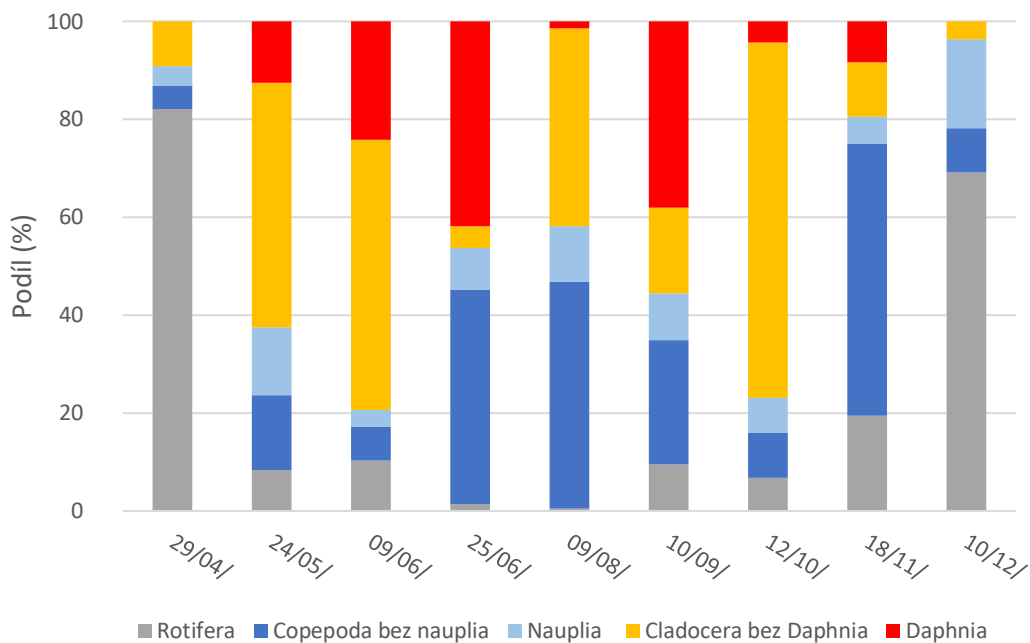
Celková abundance zooplanktonu klesala z 171 ind./L po nasazení až k 35 ind./L v době výlovu. Na počátku odchovu dominovali zástupci vířníků (>80 %), jejichž početnost velmi rychle a významně poklesla (<1 %). Dominantního postavení díky tomu dosáhly perloočky (>50 %) a klanonožci (25 %). Mezi perloočkami dominovaly *B. longirostris* a *D. galeata*, zatímco klanonožce reprezentovala opět zejména naupliová a copepoditová stádia a několik zástupců *C. vicinus* (Obr. 12 a 13; Tab.7).

#### Fáze kaprovitých druhů – Kapr obecný

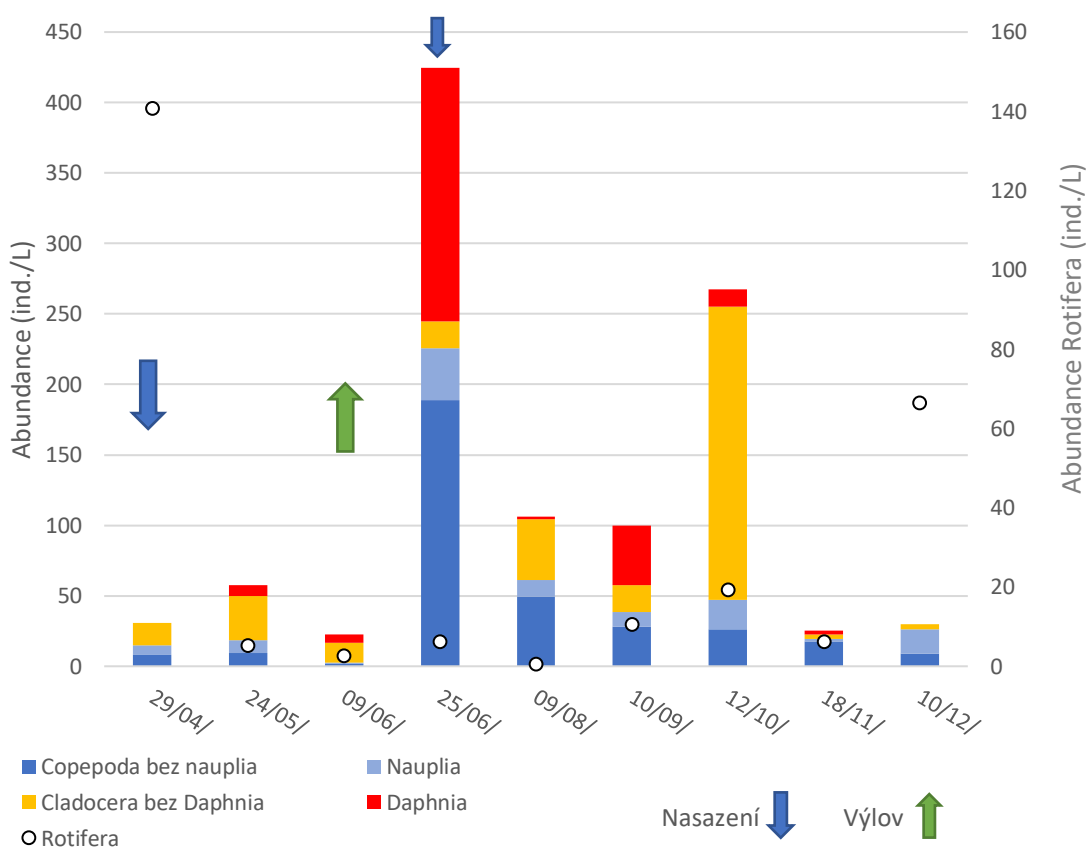
Kapr obecný byl nasazen na konci června (25/6/2020) jako  $K_r$  20 tis. ks o průměrné hmotnosti 2,5g a jeho odchov probíhal až do dubna následujícího roku (08/04/2021), kdy byl sloven jako  $K_1$ .

Celková abundance zooplanktonu v průběhu odchovu postupně klesala z 612 ind./L (25/06/2020) až na 34 ind./L (18/11/2020). Krátce po nasazení dominovaly klanonožci (37 %) zastoupené naupliovými a copepoditovými stádii a dospělci druh: *T. crassus* a *A. americanus*. Přičemž podíl mezi nauplii společně s copepoditovými stádii a dospělci byl 50:50. Vedle zmíněných klanonožců tvořili značnou část planktonu zástupci perlooček (30 %) reprezentované především druhy *B. longirostris* (55 %) a *D. galeata* (45 %). Vířníci, kromě prvního a posledního odběru, tvořili zanedbatelnou část (<1 %; Obr. 12 a 13; Tab. 7).

Na tomto rybníce byla po celou dobu udržena velmi vysoká průhlednost (0,6 - 2 metry). Nejvyšší průhlednost jsme zaznamenali 09/08/2020 při nejvyšší naměřené teplotě 26,1 °C během odchovu kapra. Průhlednost činila rovné 2 metry, zde tedy celý vodní sloupec, navíc dno bylo jasně vidět. Zároveň zde byla po celou dobu vzorkování zaznamenávána nízká hodnota celkového fosforu s průměrnou hodnotou 0,14 mg/L (Tab. 8).



Obrázek 12: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v rybníce Utopený.



Obrázek 13: Přehled abundance jednotlivých skupin zooplanktonu a nasazení/výlovu ryb v rybníce Utopený.

Tabulka 7: Přehled jednotlivých druhů zooplanktonu a jejich početnosti v rybníce Utopený během vzorkování v roce 2020.

Datum	Druh ryby	Fáze	<i>Keratella</i> sp.	<i>Asplanchna</i> sp.	<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Filinia longiseta</i>	Nauplia	Buchanky kopepoditi	<i>Thermocyclops crassus</i>	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Cyclops vicinus</i>	Vznášivky kopepoditi	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Daphnia ambigua/parvula</i>	<i>D. galeata</i>	<i>D. magna</i>	<i>Scapholeberis mucronata</i>	<i>Chydorus ovatus</i>
29/04	candát	N	56	53	25	6	7	3	3	1	-	-	-	16	-	-	-	-	-
24/05	candát	O	-	3	3	-	9	6	-	1	3	-	-	31	2	5	1	-	-
09/06	candát	S	-	2	-	1	1	2	-	-	-	-	-	9	2	4	-	2	3
25/06	Kapr	N	3	3	-	-	37	78	57	54	-	-	-	16	-	180	-	3	1
09/08	Kapr	O	-	1	-	-	12	38	2	-	-	-	10	-	-	2	-	43	-
10/09	Kapr	O	5	-	5	-	10	16	3	7	-	-	2	16	2	40	-	-	3
12/10	Kapr	O	9	10	-	-	21	-	-	2	-	9	16	208	-	12	-	-	-
18/11	Kapr	O	5	-	1	-	2	10	1	2	-	-	4	3	-	3	-	-	-
10/12	Kapr	O	59	2	5	-	17	2	-	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením

Tabulka 8: Přehled fyzikálně chemických parametrů v rybníce Utopený během vzorkování v roce 2020. TOC – celkový organický uhlík; DOC – rozpuštěný organický uhlík; TC – celkový uhlík; TIC – celkový anorganický uhlík; N-NO<sub>3</sub> – dusičnanový dusík; N-NO<sub>2</sub> – dusitanový dusík; N-NH<sub>4</sub> – amoniakální dusík; TN – celkový dusík; P-PO<sub>4</sub> – fosforečnanový fosfor; P celk. – celkový fosfor.

Datum	Druh ryby	Fáze	Průhlednost (m)	Teplota (°C)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	TC (mg/l)	TIC (mg/l)	Dusičnany (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	TN (mg/l)	P-PO <sub>4</sub> (mg/l)	P celk. (mg/l)	Chlorofyl-a (ug/l)
29/04	andát	N	0,60	16,0	15	11	32	17	<0,10	<0,03	0,031	0,06	2,0	0,011	0,26	120
24/05	andát	O	1,40	16,0	14	14	34	20	0,17	0,04	0,020	0,46	2,0	0,130	0,20	3,8
09/06	andát	S	1,20	20,0	13	13	35	22	<0,10	<0,03	0,022	0,25	1,6	0,068	0,16	4,3
25/06	Kapr	N	1,50	21,0	13	12	38	25	<0,10	<0,03	0,016	0,11	1,7	0,011	0,077	3,6
09/08	Kapr	O	2,00	26,1	13	13	40	27	<0,10	<0,03	0,013	0,15	1,4	0,019	0,085	4,7
10/09	Kapr	O	0,65	17,0	14	13	40	26	0,20	0,05	0,003	0,03	1,4	<0,010	0,12	33
12/10	Kapr	O	1,00	11,0	14	12	38	24	0,18	0,04	0,003	0,05	1,6	<0,010	0,12	28
18/11	Kapr	O	1,00	7,0	13	11	38	25	<0,10	<0,03	<0,002	0,02	1,2	<0,010	0,098	50
10/12	Kapr	O	1,40	3,0	19	12	47	28	<0,10	<0,03	0,002	0,02	1,1	<0,010	0,14	49

N – před nasazením; O – během odchovu; S – před slovením

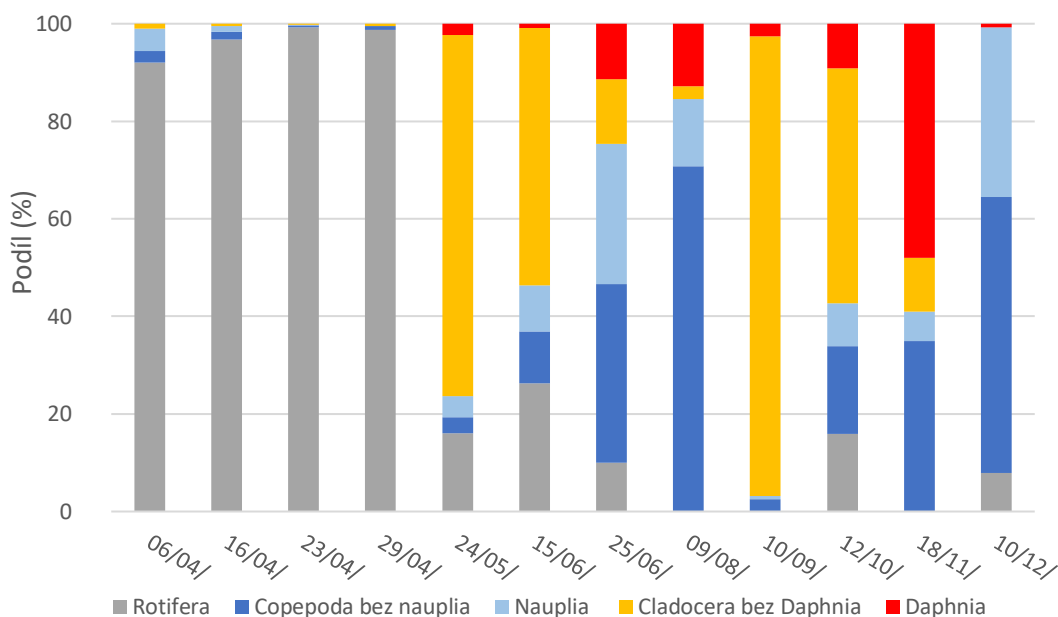
#### 4.1.4. Liderovický - Kontrola

##### Fáze kaprovitých druhů – Kapr obecný

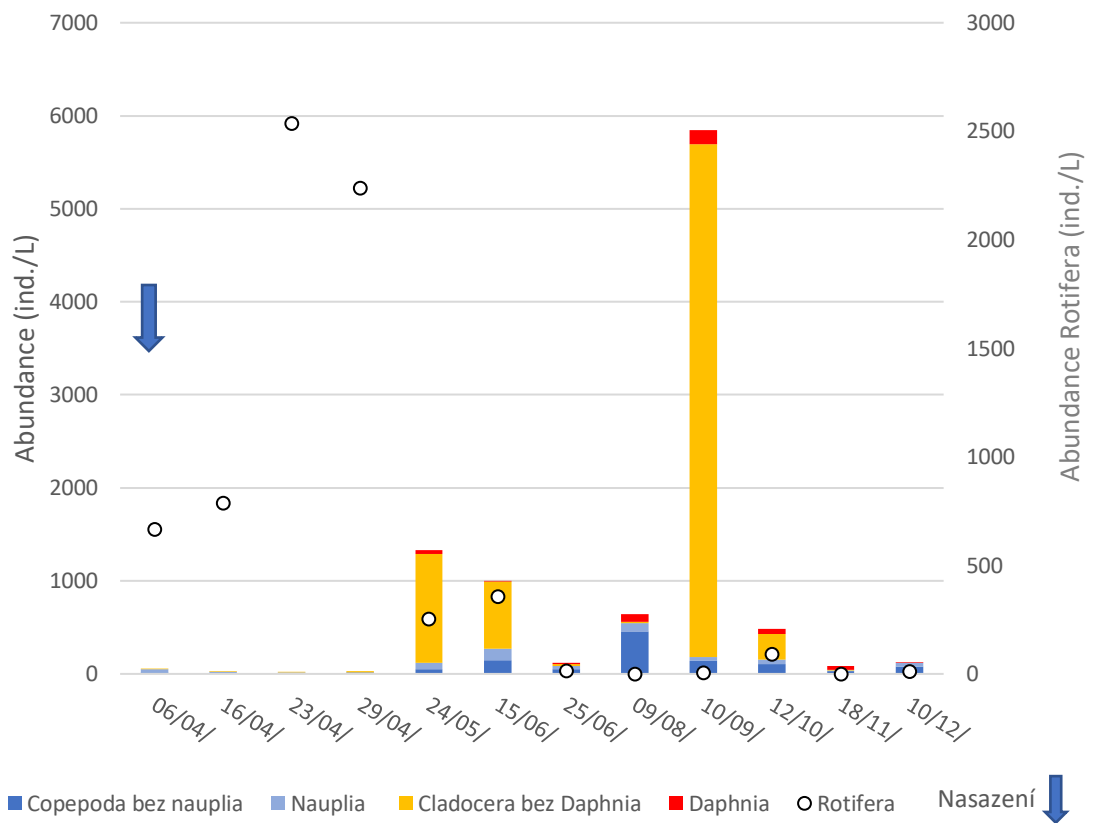
Kapr obecný byl nasazen začátkem dubna (06/04/2020) jako  $K_1$  šupinatá o průměrné váze 8g a celkovém množství 90 tis. ks (resp. 720kg, 243kg/ha).

Celková abundance zooplanktonu v průběhu odchovu značně kolísala. Z počátečního stavu před nasazením 724 ind./L (06/04/2020) přes 5998 ind./L (10/09/2020) na 133 ind./L (18/11/2020) měsíc před koncem našeho sledování. Po nasazení dlouho dominovali vířníci (>90 %) zastoupené především druhy rodu *Keratella* a *Brachionus* až do 24/05/2020, kdy se do popředí dostaly perloočky (75 %) reprezentované hlavně druhem *B. longirostris*. Ze vzorkování 09/08/2020 je patrné, že po krátkou dobu dominovali klanonožci (>70 %), tvořené především kopepoditovými stadii. Při dalším měření byly výrazně v popředí opět perloočky, reprezentované opět druhem *B. longirostris* (>95 %; Obr. 14 a 15; Tab. 9).

Průměrná průhlednost v našem kontrolním rybníce byla 0,6 m. Průměrná hodnota celkového fosforu na tomto rybníce s kapří obsádkou byla 0,21 mg/l (Tab. 10).



Obrázek 14: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v rybníce Liderovický.



Obrázek 15: Přehled abundance jednotlivých skupin zooplanktonu a nasazení/výlovu/částečného odlovu ryb v rybníce Liderovický.

Tabulka 9: Přehled jednotlivých druhů zooplanktonu a jejich početnosti (ind./L) v rybníce Liderovický během vzorkování v roce 2020.

datum	Druh ryby	Fáze	<i>Keratella</i> sp.	<i>Asplanchna</i> sp.	<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Filinia longiseta</i>	<i>Synchaeta</i> sp.	Nauplia (Růž + Vžnáž)	Buchanky copepoditi	<i>Thermocyclops crassus</i>	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Cyclops vicinus</i>	Vžnášivky copepoditi	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Daphnia ambigua/parvula</i>	<i>D. galeata</i>	<i>D. magna</i>	<i>Scapholeberis mucronata</i>	<i>Chydorus ovatus</i>
06/04	Kapr	Kontrola	82	47	526	9	2	33	10	-	7	-	-	-	7	-	-	-	-	-
16/04	Kapr	Kontrola	184	6	598	1	-	10	11	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	3
23/04	Kapr	Kontrola	2404	37	77	18	-	5	7	-	3	-	-	-	4	-	-	-	-	-
29/04	Kapr	Kontrola	2127	20	73	17	-	-	12	3	3	-	-	-	10	-	-	-	-	-
24/05	Kapr	Kontrola	55	123	46	28	-	68	40	1	5	6	-	-	1170	7	31	-	-	-
15/06	Kapr	Kontrola	184	30	143	-	-	128	103	27	3	9	-	3	701	-	11	-	-	17
25/06	Kapr	Kontrola	1	6	6	-	-	38	19	24	4	-	-	1	17	3	11	-	-	-
09/08	Kapr	Kontrola	-	-	-	-	-	89	331	53	71	-	-	-	5	-	80	2	2	10
10/09	Kapr	Kontrola	-	-	5	-	-	42	26	21	94	-	-	-	5512	-	149	-	-	-
12/10	Kapr	Kontrola	19	68	3	-	-	51	59	12	21	-	-	10	129	-	52	-	-	147
18/11	Kapr	Kontrola	-	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-	3-	6	-	42	-	-	3
10/12	Kapr	Kontrola	6	3	2	-	-	46	47	17	8	-	-	4	-	-	1	-	-	-

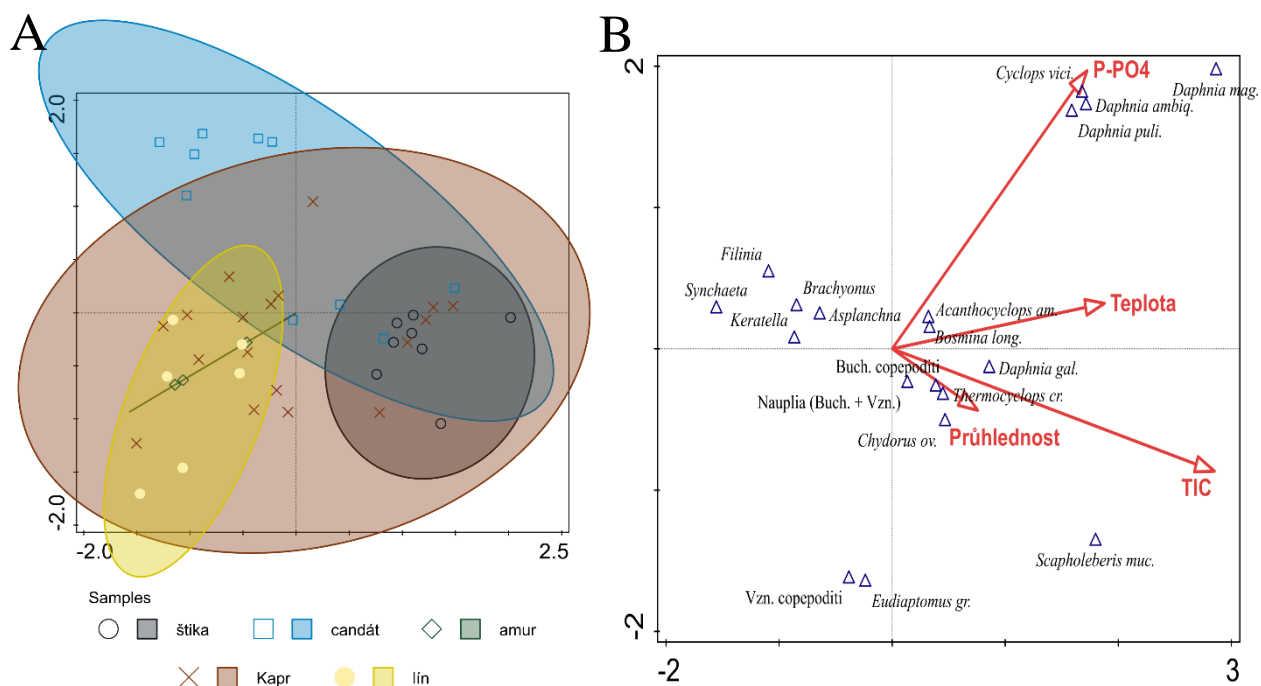


Tabulka 10: Přehled fyzikálně chemických parametrů v rybníce Liderovický během vzorkování v roce 2020. TOC – celkový organický uhlík; DOC – rozpuštěný organický uhlík; TC – celkový uhlík; TIC – celkový anorganický uhlík; N-NO<sub>3</sub> – dusičnanový dusík; N-NO<sub>2</sub> – dusitanový dusík; N-NH<sub>4</sub> – amoniakální dusík; TN – celkový dusík; P-PO<sub>4</sub> – fosforečnanový fosfor; P celk. – celkový fosfor.

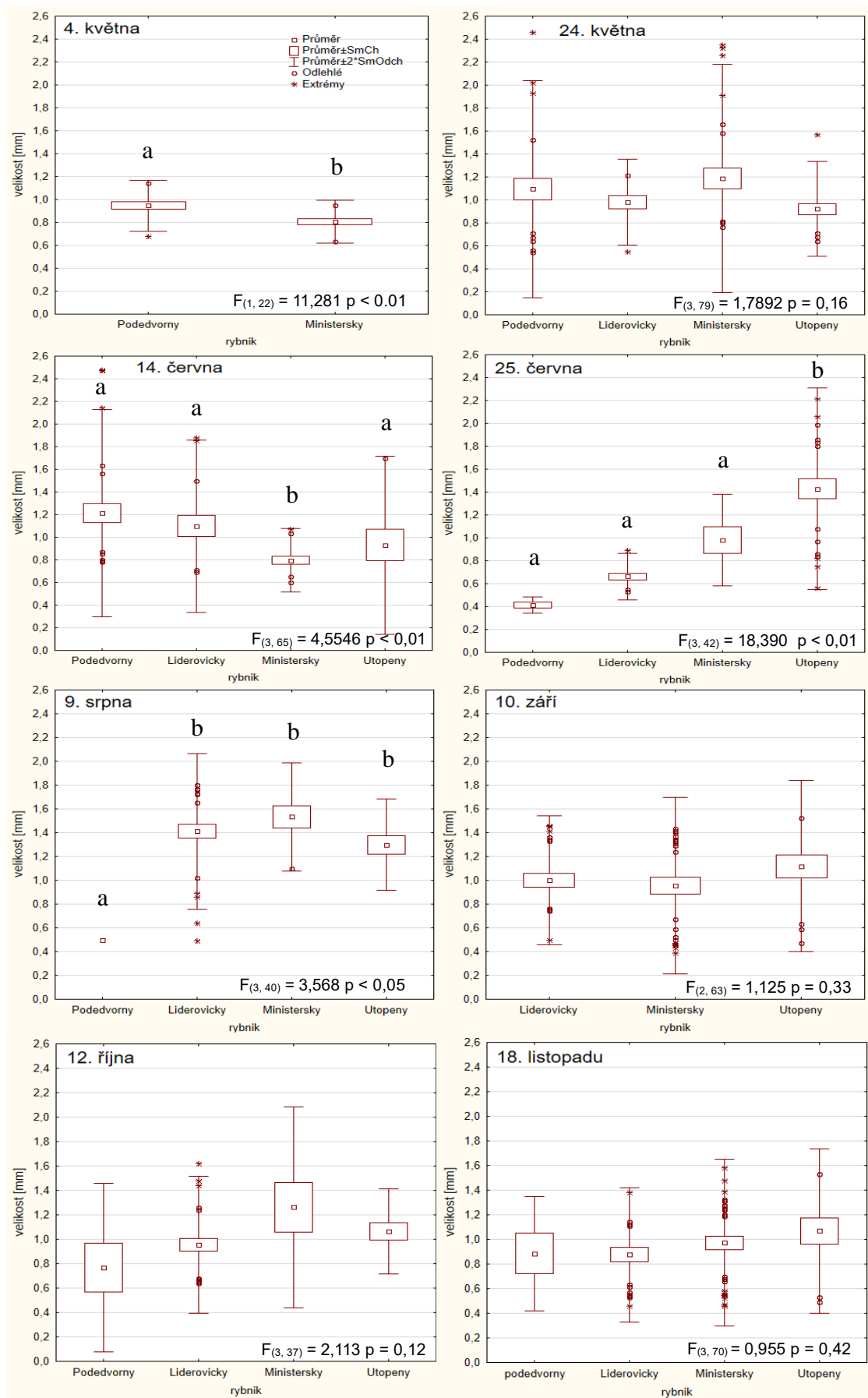
Datum	Druh ryby	Fáze	Průhlednost (m)	Teplota (°C)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	TC (mg/l)	TIC (mg/l)	Dusičnany (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	TN (mg/l)	P-PO <sub>4</sub> (mg/l)	P celk. (mg/l)	Chlorofyl-a (ug/l)
06/04	Kapr	Kontrola	0,50	9,5	16	10,0	33	17	10,00	2,30	0,056	0,05	3,9	<0,010	0,10	49
16/04	Kapr	Kontrola	0,65	14,0												
23/04	Kapr	Kontrola	0,50	15,7	14	10	29	15	1,60	0,36	0,038	0,05	2,1	0,010	0,16	83
29/04	Kapr	Kontrola	0,55	15,0	14	11	32	18	0,22	0,05	0,015	0,04	1,9	0,015	0,19	120
24/05	Kapr	Kontrola	0,45	15,0	14	11	37	23	<0,10	<0,03	0,002	0,29	2,1	0,012	0,22	90
15/06	Kapr	Kontrola	0,45	21,5	16	12	41	25	0,19	0,04	0,003	0,07	1,7	0,019	0,25	150
25/06	Kapr	Kontrola	0,40	19,0	16	12	38	22	5,00	1,10	0,11	0,33	3,5	0,021	0,25	110
09/08	Kapr	Kontrola	0,45	27,0	18	13	44	26	<0,10	<0,03	<0,002	<0,02	1,6	<0,010	0,20	120
10/09	Kapr	Kontrola	0,55	17,0	33	14	57	23	0,27	0,06	0,010	0,29	4,2	0,015	0,38	220
12/10	Kapr	Kontrola	0,30	11,0	16	12	38	22	1,10	0,25	0,029	0,84	2,8	0,011	0,28	110
18/11	Kapr	Kontrola	1,30	6,5	10	9,2	30	20	8,10	1,80	0,064	0,99	3,4	0,025	0,15	66
10/12	Kapr	Kontrola	1,10	3,5	9,5	7,5	33	23	6,60	1,50	0,030	0,70	3,0	<0,010	0,09	33

## 4.2. Statistické hodnocení dat

Z korespondenční analýzy (CCA) je patrné, že mezi sledovanými chovy ryb nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ve složení společenstva zooplanktonu. Jediný rozdíl ve složení společenstva zooplanktonu, patrný v grafu (Obr. 15A), jsme zaznamenali u odchovu candáta ve vzorcích z období odchovu a před výlovem (nikoliv před nasazením). V porovnání s Liderovickým rybníkem, který sloužil jako kontrola, nebyly nalezeny žádné rozdíly v abundanci zooplanktonu, či jeho jednotlivých složek v období odchovu štiky. Z hlediska posunu složení společenstva zooplanktonu a jeho abundance nejlépe posloužily ukazatele teplota, průhlednost, P-PO<sub>4</sub> a TIC. Zcela zřejmý je vztah koncentrace P-PO<sub>4</sub> s výskytem druhů *Cyclops vicinus*, *Daphnia magna*, *D. ambigua* nebo *D. pulicaria* (Obr. 15B).



Obrázek 15: Biploty vycházející z kanonických korespondenčních analýz (CCA). (A) zobrazuje polohu vzorků danou kompozicí druhů v rámci jednotlivých chovů ryb. Příslušné elipsy a přímka pro kategoriální proměnnou „amur“ vymezují rozložení vzorků v prostoru. (B) Korelace nejvýznamnějších environmentálních proměnných vybraných z datasetu pomocí metody postupného výběru (stepwise selection) se společenstvem zooplanktonu.



Obrázek 16: Velikostní struktura perlooček rodu *Daphnia* v jednotlivých rybnících a odběrových datech, ve kterých byly zaznamenány. Písmena nad body v grafu znamenají statisticky signifikantní odlišnost velikosti. Vpravo dole v každém grafu je hodnota testového kritéria z ANOVA analýzy.

## 5. Diskuse

Výsledky diplomové práce prezentují predační tlak plůdku štiky obecné, candáta obecného a kaprovitých druhů (kapra obecného, lína obecného a amura bílého) na společenstvo zooplanktonu v rybníčních podmínkách plůdkových výtažníků. Ačkoliv jsou druhy komerčně významné, jejich vliv na jednotlivé skupiny zooplanktonu není důkladně prostudován. Dá se však předpokládat, že vzhledem k faktu, že právě zooplankton je pro raná vývojová stádia ryb základní složkou potravy (Kibria a kol., 1997; Anton-Pardo a Adámek, 2015) bude mít plůdek ryb významný vliv na jeho abundanci i druhové složení, kdy velikost přijímané potravy raných vývojových stádií ryb je limitovaná velikostí jejich ústního otvoru (Werner, 1974; Keast, 1985; Mittelbach a Persson, 1998; Scharf a kol., 1998). Přestože produkce rychleného plůdku je v rybníčních podmínkách nejistá, přežití se udává většinou okolo 25 % u štiky, 30 % u kapra, 5-50 % u candáta (Čítek a kol., 1998; Dubský, 1998; Füllner a kol., 2007; Hartman a Regenda, 2016), v ČR je celoplošně favorizovaná. A to hlavně z důvodu nízkých počátečních nákladů a vysoké poptávce na trhu (Adámek a kol., 2013). V optimálních podmínkách (teplota, kyslík, potrava, nízké riziko predátorů) se i přesto dá dosáhnout relativně vysokého přežití v prvních měsících života plůdku. Právě ty determinují úspěch přežití většiny druhů ryb (Buijse a Houthuijzen, 1992; Mittelbach a Persson, 1998). Zooplankton z tohoto pohledu hraje esenciální roli – kromě zdroje živin je zároveň nezbytný pro nastartování trávicích procesů díky enzymům, které plankton obsahuje (Munilla-Moran a kol., 1990; Kolkovski, 2001).

### Štičí fáze – Rybník Podedvorný a Ministerský

Potravní základnu plůdku štiky obecné tvořili především zástupci vírníků (Rotifera) a to v obou rybnících, kde byla štika nasazena. Ve všech jarních odběrech tvořili vírníci většinu (>95 %) celkového zooplanktonu. Dominance vírníků v tomto období je v rybníčním ekosystému zcela běžná (např. Fott a kol., 1980; Kořínek a kol., 1987; Potužák a kol., 2007) z důvodu limitace větších druhů zooplanktonu teplotou a dostupnými živinami (Sommer a kol., 1986).

Na rybníce Podedvorný bylo dosaženo výrazně větší velikosti plůdku štiky (průměrně o 1 cm) v porovnání s výsledkem na rybníku Ministerský. Na druhou stranu zde bylo vyloveno pouze 12,1 tis. kusů  $\check{S}_r$  (7,29 tis./ha) v porovnání s Ministerským rybníkem, kde výlovek činil 48,5 tis. kusů  $\check{S}_r$  (48,5 tis./ha) a to i přesto, že na Podedvorném bylo nasazeno o 100 tis.  $\check{S}_0$  více váčkového plůdku (Tab. 2). Nízké přežití plůdku štiky v rybníce

Podedvorný (3 %) mohlo být způsobeno i následkem predace vodních bezobratlých: ploštic či larev brouků a vážek (Bry, 1996; Le Louarn a Cloarec, 1997), kteří jsou v litorální zóně rybníků běžní (Kajgrova a kol. 2021), stejně jako štikou samotnou (Bry, 1996). Domníváme se, že hlavní roli ve vysoké mortalitě štiky hrál právě kanibalismus, u štiky velmi známý fenomén (Chodorowski, 1973; Bry a kol., 1995; Bry, 1996). Ve srovnání s rybníkem Ministerský byl na rybníce Podedvorný patrný nárůst početnosti vírníků, kterými se živí štika během prvního týdne života (Mamcarz a kol., 1998). Zřejmě štiky od 2. odběru (16.04.) přestaly mít o kořist v podobě jedinců vírníků zájem (2. odběr 2309 ind./L; 3. odběr (23.04.) 6041 ind./L) a pravděpodobně se orientovaly na menší, nedorostlé štiky, které pro větší jedince znamenaly nutričně i energeticky zajímavější přísun potravy s následným rychlejším růstem (Nickum, 1978; Li a Mathias, 1982). Nutné je také zmínit, že rybník Podedvorný je hlubší než rybník Ministerský a zároveň má menší výměru litorálních ploch, ve kterých se štika převážně zdržuje. Právě nedostatek stanovišť mohl vést k vyšší míře kanibalismu. Kanibalismus mohl být podpořen i pozdějším termínem výlovu rybníka. Podedvorný byl totiž loven o 3 dny později než Ministerský (den nasazení stejný). Nicméně potvrzení domněnky, zda se kanibalismus na rybníce rozvinul, nám přinese až analýza zaživačích traktů štik, které byly v průběhu odchovu ovzorkovány, bohužel z časových důvodů již nebylo možné jejich analýzu provést a zahrnout do výsledků této diplomové práce. Nicméně možnou variantou vysoké mortality je i náhlý úhyn, bohužel, námi nezachycený.

V průběhu ontogenetického vývoje štiky se mění i její potravní preference. Potravní základnu štičího plůdku tvoří nejprve drobné druhy zooplanktonu (Mamcarz a kol., 1998), následované larvami vodního hmyzu, makroskopickými druhy korýšů a následně obratlovci, tedy rybami po přechodu na piscivorii (Bry a kol., 1995; Bry, 1996). Avšak, celková délka těla, od které jsou ryby převážnou potravou štiky se v literatuře zásadně liší - například Frost (1954) uvádí velikosti 30–40 mm, zatímco Grimm a Klinge (1996) odhadují >120 mm. Nicméně, kanibalismus může propuknout již od velikosti 21 mm (Hunt a Carbine, 1951). Vše souvisí s aktuální nabídkou potravy, neboť štika loví nejjednodušeji dostupnou kořist, tedy tu, které je nejvíc (Franklin a Smith, 1963; Diana 1996). Zároveň si většina predátorů vybírá svou kořist na základě úsilí, které by museli vynaložit na její polapení a strávení, proto preferují menší a snadno polapitelnou kořist (Nilsson a Brönmark, 2000). Tento jev je jasně patrný na datech z Ministerského, kde je zřetelný pokles abundance jedinců skupiny Rotifera mezi 2. (2777 ind./L) a 3. (718 ind./L) odběrem.

Na rybníce Podedvorný byla před nasazením naměřena vysoká hodnota chlorofylu A (160 µg/l), z důvodu vyšší abundance řas a tedy nízkého filtrujícího tlaku velkých hrotnatek, což dokládá i jejich nízká abundance.

### **Candátí fáze – Rybník Podedvorný, Ministerský, Utopený**

Rybník Ministerský byl, co se týče produkce, nejméně úspěšný rybník během candátí fáze. Bylo zde sloveno nejvíce kusů plůdku (107,67 tis. Ca<sub>r</sub>/ha). Vysokou produkci i přežití na tomto rybníce přikládáme přítomnosti velkých filtrujících perlooček, jež tvoří potravní základnu plůdku candáta (Spanovskaya a Grigorash, 1977; Van Densen a Vijverberg, 1982; Hartmann, 1986; Fox, 1989). Plůdek požírá zpočátku drobný zooplankton jako vířníky, nauplia, kopepoditová stádia a dospělé klanonožců (Verreth a Kleyn, 1987) a má tak zásadní vliv na skladbu zooplanktonu (Van Densen a Vijverberg, 1982). Velký filtrující zooplankton byl přítomen pouze na rybníce Ministerský, a to již před nasazením candátů. Důvodem bylo pravděpodobně napouštění rybníka vodou z Liderovického rybníka, který v tu dobu měl relativně vysokou početnost perlooček v porovnání například s Podedvorným rybníkem. Průměrná teplota během celé candátí fáze byla však  $17 \pm 4,2$  °C. Nicméně dle Steffense (1996) odchov Ca<sub>r</sub> postrádá smysl, pokud má teplota vody méně než 18-20 °C, jelikož je příjem potravy i růst nízký. To je v rozporu s výsledkem produkce, jež byl na rybníce Ministerský dosažen – produkci 107,67 tis. Ca<sub>r</sub> z hektaru rybníka hodnotíme velmi kladně.

Rybník Podedvorný se ukázal jako nejméně produktivní z trojice rybníků během odchovu candátího rychleného plůdku (sloveno 35,5 tis. Ca<sub>r</sub>). Předpokládáme, že nízká produkce byla následkem propuknutí kanibalismu, jež byl vyvolán nedostatkem potravy, resp. výrazným poklesem zooplanktonu, a to především jedinců rodu *Daphnia*. Dostatek potravy je zásadní faktor pro růst candátího plůdku (Ljunggren, 2002; Peterka a kol., 2003) a její nedostatek může způsobovat vysokou mortalitu (Braun, 1967). Steffens (1996) uvádí, že vysoká hustota candátího plůdku má dokonce vyšší vyžírací tlak než vysoká hustota obsádky kapřího plůdku. K podobnému jevu došlo při zkoumání přechodu z planktivorie na piscivorii candátího plůdku během výzkumu na německých jezerech, kde Mehner a kol. (1996) zaznamenali piscivorní jedince (kanibaly) o celkové délce pouhých 20 mm, a to především kvůli nedostatku jiné potravy. Nicméně Antalfi (1979) uvádí, že přechod na piscivorii začíná od 4 cm celkové délky. A tak výrazný pokles jedinců rodu *Daphnia* sp. nejspíše inicioval nástup piscivorie, resp. kanibalismu. To

potvrzuje i velikost slovených candátů, kteří byli výrazně větší ve srovnání s dalšími candáty z naší trojice rybníků (data nejsou součástí této práce).

### **Fáze kaprovitých ryb**

Také plůdek kaprovitých ryb je planktivorní (Dabrowski a Poczyczynski, 1988; Anton-Pardo a Adámek, 2015). Klesající trend v početnosti velkých hrotnatek, například na rybníku Utopený, odpovídá požadavkům na zvětšující se potravu u plůdku kapra publikovanou odbornými studiemi (Dabrowski a Poczyczynski, 1988; Gisbert a kol., 1996; Anton-Pardo a Adámek, 2015). Nicméně jak dlouho planktivorní fáze u plůdku kapra přetrvává, je stále nejasné. Khan (2003) uvádí, že plůdek kapra menší než 2 cm se živí výhradně zooplanktonem (perloočkami a klanonožci), zatímco kapři větší než 2 cm se začali postupně živit i makrozoobentosem (larvy pakomárů a maloštětinatí červi). Jiné studie uvádí, že makrozoobentos představuje důležitou potravu u ryb, které byly větší než 30–50 mm (Kloskowski, 2011). Velikost, při které jednotlivci přecházejí z planktivorie na bentivorii, závisí na mnoha faktorech, např. dostupnost planktonních a bentických organismů a poměr mezi oběma druhy potravy (Anton-Pardo a Adámek, 2015).

Právě ontogenetická změna potravní základny kapra obecného hraje významnou roli v turbiditě a pravděpodobně i trofii rybničního ekosystému (Weber a Brown, 2009; Kloskowski, 2011), neboť kapři plůdek ovlivňuje systém shora dolů (top-down) predací vodních bezobratlých (Carpenter a kol., 1985). Dospělci kapra obecného ovlivňují systém i druhým směrem, zdola nahoru (bottom-up; McQueen a kol. 1986), neboť při hledání potravy na dně nádrže kapr přerývá a okysličuje sediment, a tím dochází k uvolnění živin ze sedimentu (Adámek a Maršálek, 2013). Při hledání potravy v sedimentu navíc zvyšuje i turbiditu, která neprospívá makrofytům (Skubinna a kol., 1995; Francová a kol. 2019) ani zooplanktonu při filtrování potravy (Kirk a Gilbert, 1990; Kirk, 1991). Na rybníce Utopený jsme v rámci celé studie naměřili rekordní průhlednost. Průměrná průhlednost během odchovu kapra byla vždy vyšší než jeden metr. V chovu kapra není vysoká průhlednost častým jevem, nicméně, obecně platí, že juvenilní kapři ( $TL \leq 15$  cm) vykazují vysokou preferenci k zooplanktonu a mají tendenci se vyhýbat makrozoobentosu (Anton-Pardo a Adámek, 2015), tudíž turbidita a tedy i průhlednost systému, zůstává nízká (Kloskowski, 2011). Potravní základna amura bílého je v prvních týdnech života stejná jako u kapra (Dabrowski a Poczyczynski, 1988). To se potvrdilo i v této práci, kdy byl jejich vliv na skladbu zooplanktonu podobný. U amura však nepozorujeme přechod na bentivorii, nýbrž na herbivorii. Ni a W, (1999) tvrdí, že se

amurům při celkové délce těla 26 mm vytvoří požerákové zuby a tím začíná jejich přechod na vodní makrofyta (Ni a W, 1999). Pravděpodobně v rybníce Podedvorný potlačovali také letní rozvoj řasy *Volvox* spp., která se po jejich částečném odlovu rapidně rozrostla. Stravovací návyky v rané fázi vývoje lína obecného jsou stejné jako u kapra. Evert (1974) dále zmiňuje *Microcystis* spp. jako další složku jeho potravy.

Během vzorkování množství zooplanktonu postupně klesalo. Jediný výkyv jsme zaznamenali 12.10.2020 na rybníce Utopený, kdy došlo ke zvýšení početnosti zooplanktonu, zejména zástupci *Bosmina longirostris*.

### **Liderovický – kontrola**

Od konce května až do konce vegetační sezóny byla zaznamenána vysoká abundance velkého filtrujícího zooplanktonu. Zároveň byl v průběhu vegetační sezóny pozorován minimální příjem příkrmovaných obilovin kaprem. To nás vedlo k domněnce, že došlo k náhlému úhynu obsádky z dosud nezjištěných důvodů. Tato domněnka se následně potvrdila během výlovu ryb, mortalita byla téměř 99%. Běžnou rybářskou praxí je aplikace první dávky obilovin, kdy je vizuálně sledována ochota přijímat předkládaná krmiva – tato první dávka byla aplikována na konci května. Krmení bylo rybami spotřebováno. Nicméně druhá dávka byla spotřebována pouze z části, a tak byla další dávka omezena na polovinu. I v tomto případě krmivo nebylo zcela spotřebováno.

I přes vysokou početnost velkých filtrujících hrotnatek, průhlednost dosahovala nízkých hodnot (v průměru 0,6 m) a také množství chlorofylu A bylo vysoké (Tab. 10). Nízká průhlednost mohla být i následkem morfologie rybníka, a to především malé hloubky (prům. 1,2 m) související s častým mícháním vodního sloupce větrem. To způsobuje víření sedimentu a zapojování živin ode dna do potravní sítě, což mělo za následek rozvoj řas způsobující vegetační zákal, který spolu se zvířeným sedimentem snižoval průhlednost. Výlov samotný pro nás znamenal vysoké kusové ztráty, i přesto však činil 140kg/ha (podmínky odpovídající extenzivnímu chovu) s průměrnou kusovou hmotností 0,42kg. Kapr takové velikosti již aktivně vyhledává potravu ve dně a jeho aktivita se pravděpodobně mohla podepsat na snížené průhlednosti.

### **Potravní řetězec, rybářské hospodaření a mimoprodukční funkce rybníků**

Zvolený management obhospodařování razantně ovlivnil průhlednost vody, která na rybníce Utopený byla i 2 metry (srpen). Začátek vegetační sezóny se projevil shodně ve všech monitorovaných rybnících vysokým počtem vířníků a následným nárůstem perlooček. Jarní nástup zooplanktonu se tudíž nijak nelišil od většiny produkčních



rybníků střední Evropy (Fott a kol., 1980; Kořínek a kol., 1987; Potužák a kol., 2007; Šimek a kol., 2019). Abundance hrotnatek rodu *Daphnia* od května rostla, nejvyšších hodnot ve všech sledovaných experimentálních variantách dosáhla na přelomu května/června. Právě velký filtrující zooplankton představuje esenciální složku v potravě plůdku ryb (Fott a kol., 1980; Kořínek a kol., 1987; Kainz a kol., 2004; Potužák, 2007; Ogorelec a kol., 2021). Velké filtrující hrotnatky dokáží přefiltrovat částice od 1-50  $\mu\text{m}$  (až 70  $\mu\text{m}$ ) (Ebert, 2005), a tak je díky nim ve vodních nádržích obecně udržována žádoucí průhlednost vody (Fott a kol., 1980). Díky filtrační schopnosti velkých hrotnatek jsou energie a živiny efektivně transportovány do vyšších trofických úrovní, resp. k rybám, a nezůstanou zamčeny v mikrobiální smyčce (Šimek a kol., 2019). Právě mikrobiální společenstvo v eutrofních rybnících má společně s vodním květem za následek fluktuace kyslíku (Baxa a kol., 2021), jež je zásadní pro přežití ryb, potažmo všech vodních organismů (Kramer, 1987). Koncem vegetačního období byl pozorován sestupný trend abundance velkých hrotnatek, to především v důsledku predace plůdkem ryb, tzv. top-down efektu. S poklesem teploty je viditelný nástup „zimního“ planktonu (Copepoda). Ryby jsou ve stadiu plůdku velikostně selektivními predátory orientující se pomocí zraku. Právě velké hrotnatky jsou snadným cílem predátorů řídících se zrakem (Zemanová a kol., 2020). Díky viditelnému střevu i vajíčkám jsou snadno zpozorovatelné a mají pomalejší únikové schopnosti než buchanky (Drenner a kol., 1978; Anton-Pardo a Adámek, 2015). Nicméně velké hrotnatky se ve všech rybnících udržely po celou vegetační sezónu, což se pozitivně projevilo na průhlednosti vody, především na Utopeném. Právě průhlednost vody pozitivně koreluje s biodiverzitou (Kloskowski, 2011). Voda s vyšší průhledností a ponořenou vegetací přitahuje široké spektrum organismů, včetně obratlovců (obojživelníci, ptáci) (Mallory a kol., 1994).

Rybníky plní mnoho celospolečenských funkcí, mezi něž patří „klimatizace“ krajiny, rekreační využití nebo jsou místem výskytu početných zástupců vodní a mokřadní fauny i flóry. Mezi jmenované funkce se řadí například i retence živin (Potužák a kol., 2016; Francová a kol., 2019). Naše sledované rybníky, jež leží v jedné soustavě, jsou toho příkladem. Při mírném dešti byla na konci dubna v přítoku nad soustavou naměřena nejvyšší hodnota celkového fosforu (dále P-celk) ze všech provedených vzorkování (0,5 mg/L). Oproti tomu nejnižší hodnoty P-celk vykazoval poslední rybník v soustavě – Utopený s průměrnou hodnotou 0,14 mg/L. Z toho vyplývá, že rybníky jsou i účinným nástrojem zadržujícím živiny (Potužák a kol., 2016). V současné době probíhá diskuze mezi rybáři a zástupci resortu ochrany přírody ve smyslu snižování znečištění

(eutrofizace) rybničního ekosystému, resp. dodržování emisních limitů a podpoření (lepší) retence živin, za účelem podpoření jak rekreačních funkcí rybníka, tak především ochrany přírody. Pro rybářské podniky je však zásadní udržení fungující ekonomiky podniku. Cestou se zdá být optimalizace chovu ryb v rybničním ekosystému, resp. zefektivnění přirozené produkce rybníků a způsobu managementu (krmení, hnojení, atp.). Pokud by rybníky byly správně obhospodařovány, emise z nich by mohly být (minimálně) neutrální (Roy a kol., 2020). Navíc existují rybníky (či soustavy), na kterých lze i bez jakékoliv optimalizace či změny již nyní zvolit takový management obhospodařování, kterým lze splnit požadavky vodohospodářů a zároveň vytvořit přiměřený ekonomický zisk (např. rybník Ministerský, Podedvorný). Z výsledků této diplomové práce (udržení vysoké průhlednosti vody i velkého filtrujícího zooplanktonu) vyplývá, že právě plůdkové rybníky mohou sloužit pro tyto účely, což potvrdila i studie Kloskowského (2011). Tudiž rybářští hospodáři nebudou nuceni obětovat produkci a zároveň splní požadavky vodohospodářů i širší veřejnosti.

Korespondenční analýza (CCA) nám ukázala, že opětovné vypouštění a napouštění rybníků nemělo signifikantní vliv na strukturu zooplanktonu. Stejně platí pro druh ryby. Jedná se o raná stádia ryb, které se orientují na podobný druh potravy a loví stejným způsobem pomocí zraku. Nutno zmínit, že voda z horních rybníků byla přepouštěna do rybníků níže v soustavě. To znamená, že obsahovala inokulum, které nastartovalo rychlý rozvoj zooplanktonu (inokulovaných, stejných druhů). Jediný rozdíl jsme zaznamenali u candáta, který se dle analýzy částečně nekryje s potravní základnou ostatních sledovaných druhů.

Jednotlivé druhy zooplanktonu však reagují na fyzikálně chemické parametry. Například se zvýšenou koncentrací P-PO<sub>4</sub> na našich rybnících pozitivně koreloval výskyt druhů *Cyclops vicinus*, *Daphnia magna*, *D. ambigua* nebo *D. pulicaria*. Právě perloočky vyžadují fosfor pro svůj růst a vývoj vajíček (Kopáček a Hejzlar, 1993; Sterner a kol., 1993; Lürling a Van Donk, 1997; Brett a kol., 2000).

## 6. Závěr

V průběhu řešení mé diplomové práce jsme zjistili, že chov plůdku různých druhů ryb v rybnících téže soustavy, tedy ležících na stejné vodě, nemá vliv na skladbu zooplanktonu po opětovném napouštění a vypouštění za sebou ležících rybníků. Zároveň se potvrdilo, že rybníky jsou schopny efektivně zachytávat živiny z povodí a využívat je pro svou produkci. O to silnější je pak efekt celé soustavy. Při mírném dešti byla nad soustavou naměřena koncentrace celkového fosforu 0,50 mg/L, naopak v posledním rybníce sledované soustavy jsme naměřili i hodnoty pod 0,08 mg/L. Toto zjištění je zároveň velmi pozitivní, protože právě pod Liderovickou rybníční soustavou leží vodní nádrž Jordán, která původně sloužila jako zásobárna pitné vody pro Tábor. Dnes plní především rekreační účely.

V současné době probíhá diskuze mezi rybáři a zástupci resortu ochrany přírody ve smyslu snižování znečištění (eutrofizace) rybníčního ekosystému, resp. dodržování emisních limitů a podpoření (lepší) retence živin, za účelem podpoření jak rekreačních funkcí rybníka, tak především ochrany přírody. Z výsledků této diplomové práce (udržení vysoké průhlednosti vody i velkého filtrujícího zooplanktonu) vyplývá, že právě plůdkové rybníky mohou sloužit pro tyto účely. Na soustavě byla udržena vysoká průhlednost a byl vytvořen přiměřený ekonomický zisk. Výsledky ukazují vodohospodářsky přijatelné řešení jak pro ochranu přírody a širší veřejnost, tak pro hospodařící subjekty. Nicméně, takový management hospodaření lze aplikovat pouze na některé rybníky (soustavy).

## 7. Literatura

- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Policar, T., Masojídek, J., Kozák, P., 2012. Aquaculture the Czech Republic in 2012: modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquaculture Europe*, 37,5-14.
- Adámek, Z., Dubský, K., Jarolímková, B., Just, T., Kolářová, J., Lusk, S., Navrátil, S., Nusl, P., Svobodová, Z., Šíma, A., Štípek, J., Vančura, Z., Vrána, K., 2013. Příručka pro rybářské hospodáře. Český rybářský svaz, Praha, 507 s.
- Adámek, Z., Maršálek, B., 2013. Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: a review. *Aquaculture International*, 21(1), 1-17.
- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2014. *Applied Hydrobiology*. Univ. South Bohemia in České Budějovice, 376 s.
- Alaş, A., Altındağ, A., Muhitdin, Y., Yilmaz, M., Kirpik, A., Ak, A., 2010. Feeding habits of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) in Beyşehir Lake (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 187–194.
- Antalfi, A., 1979. Propagation and rearing of pikeperch in pond culture. *EIFAC Tech Paper* 35,120–125.
- Anton-Pardo, M., Adámek, Z., 2015. The role of zooplankton as food in carp pond farming: a review. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 7-14.
- Austin, J., Colman, S., 2008. A century of temperature variability in Lake Superior. *Limnology and Oceanography*, 53(6), 2724-2730.
- Bardach, J. E., Ryther, J. H., McLarney, W. O., 1972. *Aquaculture: The farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley-Interscience, New York, 868 s.
- Baxa, M., Musil, M., Kummel, M., Hanzlík, P., Tesařová, B., Pechar, L., 2021. Dissolved oxygen deficits in a shallow eutrophic aquatic ecosystem (fishpond)—Sediment oxygen demand and water column respiration alternately drive the oxygen regime. *Science of The Total Environment*, 766, 142647.
- Beattie, D. M., Golterman, H. L., Vijverberg, J., 1978. An introduction to the limnology of the Friesian lakes. *Hydrobiologia*, 58(1), 49-64.
- Bhatnagar, A., Devi, P., 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International journal of environmental sciences*, 3(6), 1980.
- Boyd, C. E., 1997. Practical aspects of chemistry in pond aquaculture. *The Progressive Fish-Culturist*, 59(2), 85-93.
- Braum, E., 1967. The survival of fish larvae with reference to their feeding behaviour and the food supply. *The biological basis of freshwater fish production*, 113-131.
- Brett, M. T., Müller-Navarra, D. C., Sang-Kyu, P., 2000 . Empirical analysis of the effect of phosphorus limitation on algal food quality for freshwater zooplankton. *Limnology and Oceanography*, 45(7), 1564-1575.
- Brönmark, C., Hansson, L.-A., 1998. *The Biology of Lakes and Ponds*. Oxford University Press Inc, New York, 275 s.
- Bry, C., Bonamy, F., Manelphe, J., Duranthon, B., 1995. Early life characteristics of pike, *Esox lucius*, in rearing ponds: temporal survival pattern and ontogenetic diet shifts. *Journal of Fish Biology*, 46(1), 99-113.
- Bry, C., 1996. Role of vegetation in the life cycle of pike. In *Pike*. Springer, Dordrecht, 45-67.

- Buijse, A.D., Houthuijzen, R.P., 1992. Piscivory, growth and sizeselective mortality of age 0 pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 894-902.
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F., Hodgson, J. R., 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience*, 35(10), 634-639.
- Cook, R. B., Kelly, C. A., Schindler, D. W., Turner, M. A., 1986. Mechanisma of hydrogen ion neutralization in an experimentally acidified lake, *Limnology and Oceanography*, 31, 134-148.
- Copp, G. H., Mann, R. H. K., 1993. Comparative growth and diet of tench *Tinca tinca* (L.) larvae and juveniles from river floodplain biotopes in France and England. *Ecology of Freshwater Fish*, 2(2), 58–66.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. *Rybníkářství. 2. aktualizované vydání. Informatorium, Praha, 307 s.*
- Dabrowski, K., Poczyczyński, P., 1988. Comparative experiments on starter diets for grass carp and common carp. *Aquaculture*, 69(3-4), 317-332.
- Degani, G., 2006. Digestible energy in dietary sorghum, wheat bran, and rye in the common carp. *Cyprinus carpio*, 8 s.
- Densen, W. V., 1985. Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 1(3), 119-131.
- Dewan, S., Ali, M., Islam, M. A., 1977. Study on the size and pattern of feeding of fries and fingerlings of three major carps, eg. *Labeo rohita* (Ham), *Catla catla* and *Cirrhina mrgala*. *Bangladesh J. Agri.* 2(2), 223-228.
- Diana, J. S., 1996. Energetics. *Teoksessa: Craig JF (toim.). Pike-Biology and exploitation*, 103-124.
- Drenner, R. W., Strickler, J. R., O'Brien, W. J., 1978. Capture probability: the role of zooplankter escape in the selective feeding of planktivorous fish. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 35(10), 1370-1373.
- Dubský, K., 1998. *Základy chovu vedlejších druhů ryb. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha, 35 s.*
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. *Obecné rybářství. Informatorium, Praha, 308 s.*
- Dvořák, J., Hartman, P., Holický, J., Rusov, I., Siegel, M., 1981. *Odchov kapřího plůdku na rybnících Státního rybářství, o.p. – Metodika, Útvar chovu ryb Státního rybářství, o.p., Severografia Chomutov č. 135/81, 22 s.*
- Dvořák, P., Pyszko, M., Velíšek, J., Dvořáková Líšková, Z., Andreji, J., 2020. *Anatomie a fyziologie ryb. FROV JU, Vodňany, 189 s.*
- Ebert, D., 2005. *Ecology, epidemiology, and evolution of parasitism in Daphnia. National Library of Medicine, 110 s.*
- Ejmont-Karabin, J., 2012. The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: Rotifer Trophic State Index. *Pol. J. Ecol.* 60, 339–350.
- Evert, H., 1974. *Ergebnisse bei der Erbrütung der Schleie und Aufzucht der Larven bis zum Alter von 30 Tagen. Zeitsch. Binnenfisch*, 12, 353-384.
- Fott, J., Pechar, L., Pražáková, M., 1980. Fish as a factor controlling water quality in ponds. *In Hypertrophic ecosystems. Springer, Dordrecht, 255-261.*
- Fox, M. G., 1989. Effect of prey density and prey size on growth and survival of juvenile walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(8), 1323-1328.

- Francová K., Šumberová K., Janauer G. A., Adámek Z., 2019. Effects of fish farming on macrophytes in temperate carp ponds. *Aquaculture International*, 27, 413–436.
- Franklin, D. R., Smith Jr., L. L., 1963. Early life history of the northern pike, *Esox lucius* L., with special reference to the factors influencing the numerical strength of year classes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 92(2), 91-110.
- Frost, W. E., 1954. The food of pike, *Esox lucius* L., in Windermere. *The Journal of Animal Ecology*, 339-360.
- Füllner, G., Pfeifer, M., Langer, N., 2007. Karpfenteichwirtschaft, Bewirtschaftung von Karpfenteichen, Gute fachliche Praxis. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, Germany, 129 s.
- George, T. T., 1982. The Chinese grasscarp, *Ctenopharyngodon idella*. its biology, introduction, control of aquatic macrophytes and breeding in the Sudan. Elsevier Scientific Publishing Company *Aquaculture*, 27 (1982), 317-327.
- Giles, N., Wright, R. M., Nord, M. E., 1986. Cannibalism in pike fry, *Esox lucius* L.: some experiments with fry densities. *Journal of Fish Biology*, 29(1), 107-113.
- Giles, N., Street, M., Wright, R. M., 1990. Diet composition and prey preference of tench, *Tinca tinca* (L.), common bream, *Abramis brama* (L.), perch, *Perca fluviatilis* L. and roach, *Rutilus rutilus* (L.), in two contrasting gravel pit lakes: potential trophic overlap with wildfowl. *Journal of Fish Biology* 37, 945–951.
- Gisbert, E., Cardona, L., Castelló, F., 1996. Resource partitioning among planktivorous fish larvae and fry in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43,723-735.
- Goldman, J., C., Carpenter, E., J., 1974. A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth 1. *Limnology and Oceanography*, 19(5), 756-766.
- González, G., Mazé, R. A., Domínguez, J., Pena, J. C., 2000. Trophic ecology of tench, *Tinca tinca*, in two difference habitats in North-West of Spain. *Cybiurn* 24, 123–138.
- Grimm, M. P., Klinge, M., 1996. Pike and some aspects of its dependence on vegetation. In *Pike*. Springer, Dordrecht, 125-156.
- Hartmann, J., 1986. Interspecific predictors of selected prey of young fishes. *Arch. Hydrobiol*, 22, 373-386.
- Hartman, P., Regenda, J., 2016. *Praktika v rybníkářství*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 261 s.
- Herrero, M.J., Madrid, J.A., Sánchez-Vázquez, F. J., 2003. Entrainment to light of circadian activity rhythms in Tench (*Tinca tinca*). *Chronobiology International* 20, 1001–1017.
- Hestand, R. S., Carter, C. C., 1978. Comparative effects of grass carp and selected herbicides on macrophyte and phytoplankton communities. *J. Aquatic Plant Management*, 16, 43-50.
- Hilge, V., Steffens, W., 1996. Aquaculture of fry and fingerling of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) a short review. *Journal of applied Ichthyology*, 12(3-4), 167-170.
- Holland, L. E., Huston, M. L., 1984. Relationship of young-of-the-year northern pike to aquatic vegetation types in backwaters of the Upper Mississippi River. *North American Journal of Fisheries Management*, 4(4 B), 514-522.
- Horváth, L., Tamás, G., Seagrave, Ch., 2002. *Carp and Pond Fish Culture*. Second edition. Fishing News Books, Oxford, 170 s.

- Hrbáček, J., Dvořáková, M., Kořínek, V., Procházková, L., 1961. Demonstration of the effect of fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verhandlungen Internationale der Vereinigung; Theoretische und Angewandte Limnologie*. 14, 192-195.
- Hunt, B. P., Carbine, W. F., 1951. Food of young pike, *Esox lucius* L., and associated fishes in Peterson's ditches, Houghton Lake, Michigan. *Transactions of the American Fisheries Society*, 80(1), 67-83.
- Chodorowski, A., 1973. Quelques problèmes écologiques concernant l'élevage combiné des carnassiers en pisciculture de repeuplement. *Ann. Stat. Biol. Besse-en-Chandesse*, 7, 235-272.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J., Jensen, L., 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. In *Shallow Lakes' 95*. Springer, Dordrecht, 151-164.
- Jirásek, J., 1989. Biologické a technologické aspekty intenzivního odchovu kapřího plůdku. *Dizertační práce – autoreferát, VŠZ, Praha*, 63 s.
- Kainz, M., Arts, M. T., Mazumder, A., 2004. Essential fatty acids in the planktonic food web and their ecological role for higher trophic levels. *Limnology and Oceanography*, 49(5), 1784-1793.
- Kajgrova, L., Adamek, Z., Regenda, J., Bauer, C., Stejskal, V., Pecha, O., Hlavac, D., 2021. Macrozoobenthos assemblage patterns in European carp (*Cyprinus carpio*) ponds – the importance of emerged macrophyte beds. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (422), 9.
- Kalff, J., 2002. *Limnology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 592 s.
- Keast, A., 1985. The piscivore feeding guild of the fishes in small freshwater ecosystems. *Environ. Biol. Fishes*, 12, 119-129.
- Khan, T. A., 2003. Dietary studies on exotic carp (*Cyprinus carpio* L.) from two lakes of western Victoria, Australia. *Aquatic Sciences* 65,272-286.
- Kibria, G., Nugegoda, D., Fairclough, R., Lam, P., Bradly, A., 1997. Zooplankton: Its biochemistry and significance in aquaculture. *NAGA, The ICLARM Quarterly*, 20(2), 8-14.
- Kirk, K. L., Gilbert, J. J., 1990. Suspended clay and the population dynamics of planktonic rotifers and cladocerans. *Ecology*, 71(5), 1741-1755.
- Kirk, K. L., 1991. Inorganic particles alter competition in grazing plankton: the role of selective feeding. *Ecology*, 72(3), 915-923.
- Klimeš, J., Kouřil, J., 2003. Odchov rychleného plůdku a ročka candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *Bulletin VÚRH Vodňany* 39 (1/2), 43-48.
- Kloskowski, J., 2011. Differential effects of age-structured common carp (*Cyprinus carpio*) stocks on pond invertebrate communities: implications for recreational and wildlife use of farm ponds. *Aquaculture International*, 19(6), 1151-1164.
- Kolkovski, S., 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles—implications and applications to formulated diets. *Aquaculture*, 200(1-2), 181-201.
- Konradt, A. G., 1966. Methods of Breeding the Grass Carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) and the Silver Carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.). In *FAO World Symp. Warm-water Pond Fish Culture*, Rome, Paper FR-IV/E-9.
- Kopáček, J., Hejzlar, J., 1993. Semi-micro determination of total phosphorus in fresh waters with perchloric acid digestion. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 53(3), 173-183.

- Kořínek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., Pražáková, M., 1987. Carp ponds of Central Europe. In: Michel G (ed) *Managed aquatic ecosystems. Ecosystems of the world*, 29. Elsevier, New York, 29–62.
- Kořínek, V., 2005. Dichotomický klíč perlooček (Cladocera) České republiky, 38 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., 2005. Metody poloumělé a umělé reprodukce candáta obecného (*Sander lucioperca*) a odchov jeho plůdku v rybnících. *Bulletin VÚRH Vodňany* 41 (3), 122-127.
- Kramer, D. L., 1987. Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental biology of fishes*, 18(2), 81-92.
- Krupauer, V., 1974. Zásady chovu amura bílého v rybnících. Metodika pro zavádění výsledků výzkumu do praxe. Československá akademie zemědělských věd, Ústav vědeckotechnických informací, V-4, 25 s.
- Krupauer, V., 1989. Býložravé ryby. Státní zemědělské nakladatelství, Český rybářský svaz a MZVŽ. ČSR, Praha, 116 s.
- Lampert, W., Sommer, U., 2007. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford university press, 324 s.
- Le Louarn, H., Cloarec, A., 1997. Insect predation on pike fry. *Journal of Fish Biology*, 50(2), 366-370.
- Li, S., Mathias, J. A., 1982. Causes of high mortality among cultured larval walleyes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111(6), 710-721.
- Ljunggren, L., 2002. Growth response of pikeperch larvae in relation to body size and zooplankton abundance. *Journal of Fish Biology*, 60(2), 405-414.
- Lohniský, K., 1970. Metody určování a hlavní výsledky studia potravy larev a juvenilních ryb. *Vertebratologické zprávy* (2), 89-102.
- Lusková, V., Lusk, S., Halačka, K., Vetešník, L., 2010. *Carassius auratus gibelio*—The most successful invasive fish in waters of the Czech Republic. *Russian journal of biological invasions* 1,176-180.
- Lürling, M., Van Donk, E., 1997. Life history consequences for *Daphnia pulex* feeding on nutrient-limited phytoplankton. *Freshwater Biology*, 38(3), 693-709.
- Mallory, M. L., Blancher, P. J., Weatherhead, P. J., McNicol, D. K., 1994. Presence or absence of fish as a cue to macroinvertebrate abundance in boreal wetlands. *Hydrobiologia*, 279(1), 345-351.
- Mamcarz, A., Kucharczyk, D., Kujawa, R., Skrzypczak, A., Furgala-Selezniow, G., 1998. Ontogeny of feeding habits in northern pike, *Esox lucius* (Esocidae), larvae reared in illuminated cages. *Italian Journal of Zoology*, 65(S1), 251-253.
- Mareš, J., Suchý, J., Hochman, L., 1970. *Rybníkářství*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 387 s.
- Mareš, J., Burleová, J., 1983. *Rybářská technologie II*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství v Praze, 256 s.
- McQueen, D. J., Post, J. R., Mills, E. L., 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(8), 1571-1581.
- Mehner, T., Schultz, H., Bauer, D., Herbst, R., Voigt, H., Benndorf, J., 1996. Intraguild predation and cannibalism in age-0 perch (*Perca fluviatilis*) and age-0 zander (*Stizostedion lucioperca*): Interactions with zooplankton succession, prey fish availability and temperature. In *Annales Zoologici Fennici*. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, 353-361.

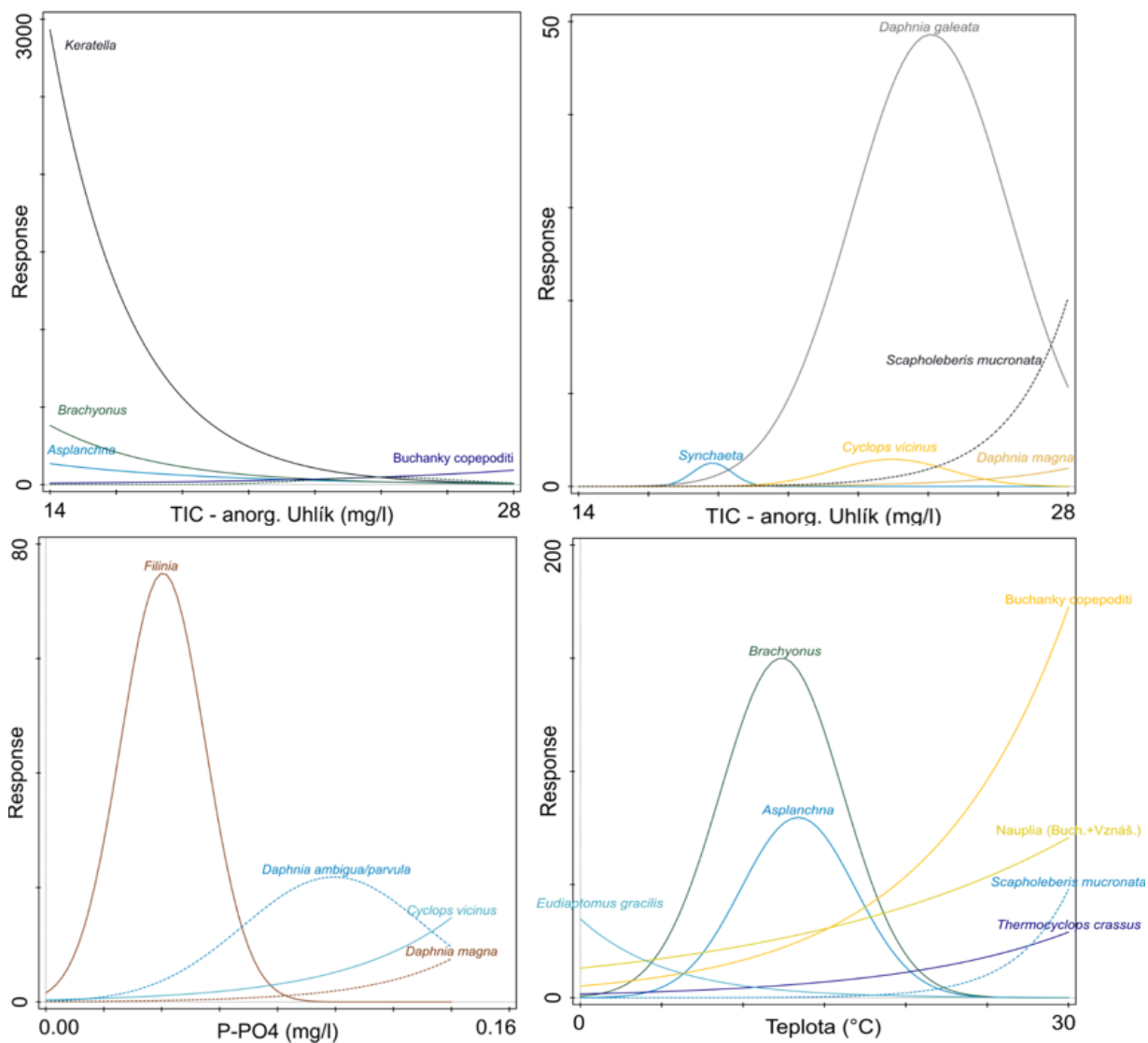


- Michel, P., Oberdorff, T., 1995. Feeding habits of 14 European fish species. *Cybiurn* 19, 5–46.
- Mittelbach, G. G., Persson, L., 1998. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(6), 1454-1465.
- Munilla-Moran, R., Stark, J. R., Barbour, A., 1990. The role of exogenous enzymes in digestion in cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 88(3-4), 337-350.
- Musil, J., Peterka, J., 2005. Potrava 0+ okouna a candáta - Některé aspekty přechodu od planktivorie k piscivorii. *Bulletin VÚRH Vodňany* 41 (3), 99 – 106.
- Musil, M., Novotná, K., Potužák, J., Hůda, J., Pechar, L., 2014. Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*)—question of natural food structure. *Biologia* 69, 1757-1769.
- Ni, D. S., W, J. G., 1999. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) biology and disease. Science Press, Beijing, P. R. China. (in Chinese).
- Nickum, J. G., 1978. Intensive culture of walleyes: the state of the art. American Fisheries Society Special Publication, 11, 187-194.
- Nikolskii, C.V., 1956. Fishes of the Amur Basin. Acad Sci. U.S.S.R., Moscow (in Russian).
- Nilsson, P. A., Brönmark, C., 2000. Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos*, 88(3), 539-546.
- NRC, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Nunn, A. D., Tewson, L. H., Cowx, I. G., 2012. The foraging ecology of larval and juvenile fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22, 377-408.
- Ogorelec, Z., Wunsch, C., Kunzmann, A. J., Octorina, P., Isanta Navarro, J., 2021. Large daphniids are keystone species that link fish predation and phytoplankton in trophic cascades. *Fundamental and Applied Limnology*, 194(4), 297-309
- Pechar, L. 1995. Long-term changes in fish pond management as 'an unplanned ecosystem experiment': Importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science and Technology* 32(4), 187-196.
- Pechar, L., 2000. Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. *Fisheries management and Ecology*, 7(1-2), 23-31.
- Pechar, L., P. I., Faina, R., 2002. Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of 19th century. In: Květ J, Jeník J, Soukupová L (eds) *Freshwater wetlands and their sustainable future: a case study of the Třeboň Basin biosphere reserve*. UNESCO, Paris, 31-61.
- Pechar L., M. M., Baxa, M., Petru, A., Benedová, Z., Kröpfelová, L., Šulcová, J., 2017. Tři roky bez kapra na rybníce Rod (Třeboňsko)-aneb, jak reálná je možnost zlepšit kvalitu vody rybníčního biotopu absencí obsádky kapra? 4. ročník odborné konference Sborník referátů, Rybářské sdružení České republiky, 55-59.
- Perrow, M. R., Jowitt, A. J. D., Johnson, S. R., 1996. Factors affecting the habitat selection of tench in a shallow eutrophic lake. *Journal of Fish Biology* 48, 859–870.
- Peterka, J., Matěna, J., Lipka, J., 2003. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International*, 11(4), 337-348.
- Potužák, J., Hůda, J., Pechar, L., 2007. Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds—impact of zooplankton structure. *Aquaculture International* 15, 201-210.
- Potužák, J., Duras, J., 2012. 7 Látkové bilance rybníků a k čemu jsou dobré?. *SBORNÍK REFERÁTŮ*, 49.

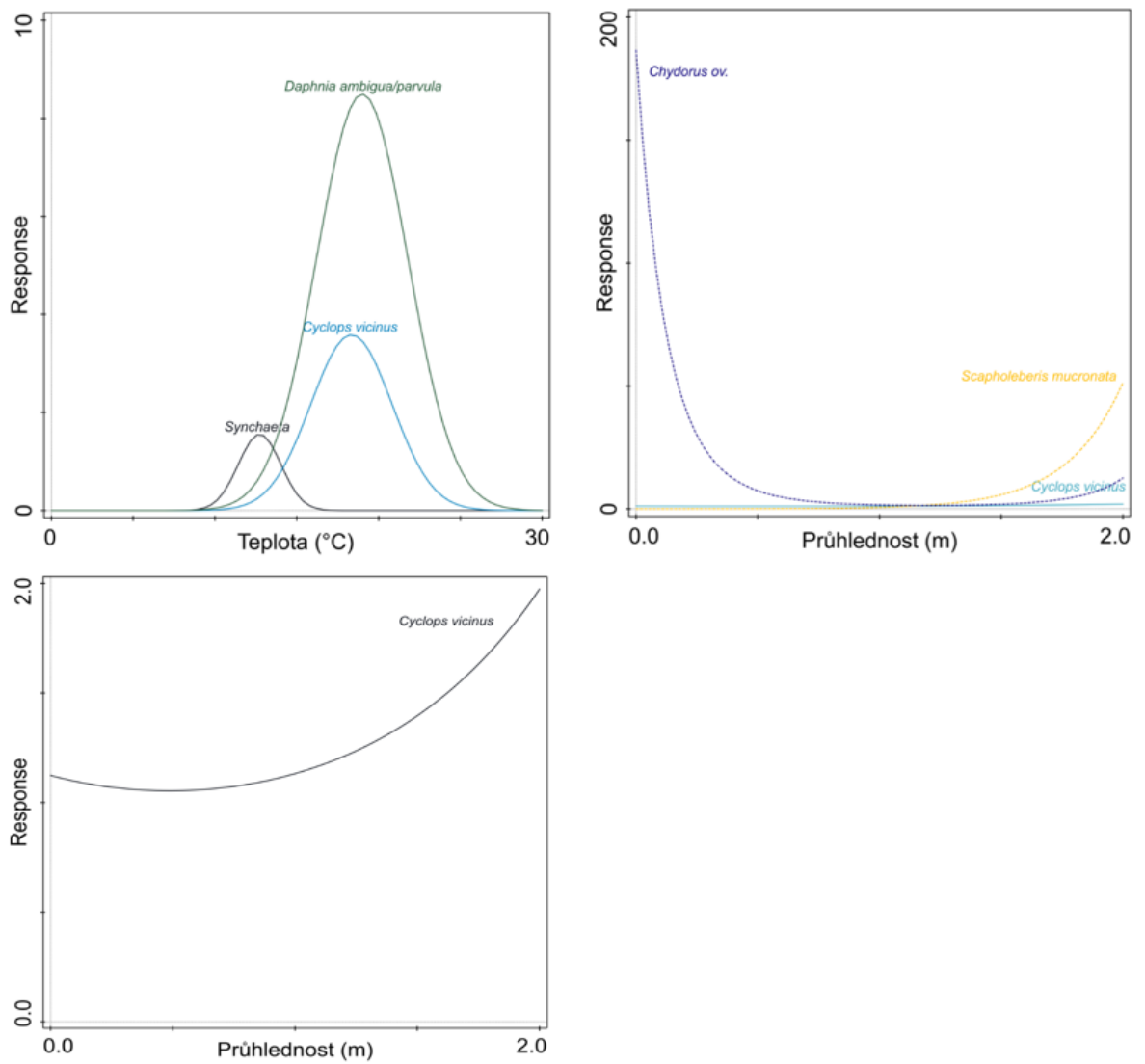
- Potužák, J., Duras, J., Drozd, B., 2016. Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus? *Aquaculture international*, 24(6), 1725-1745.
- Příkryl, I., Bláha, M., 2007. Klíč středoevropských Cyclopinae (Nepublikovaný rukopis), 36 p.
- Rahman, M. M., Kadowaki, S., Balcombe, S. R., Wahab, M. A., 2009. Common carp (*Cyprinus carpio* L.) alters its feeding niche in response to changing food resources: direct observations in simulated ponds. *Ecological Research*, 25(2), 303–309.
- Ranta, E., Nuutinen, V., 1984. Zooplankton predation by rock-pool fish (*Tinca tinca* L. and *Pungitius pungitius* L.): an experimental study. *Annales Zoologici Fennici* 21, 441–449.
- Ringø, E., Gatesoupe, F. J., 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture*, 160(3-4), 177–203.
- Roy, K., Vrba, J., Kaushik, S. J., Mraz, J., 2020. Nutrient footprint and ecosystem services of carp production in European fishponds in contrast to EU crop and livestock sectors. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122268.
- Ruuhijärvi, J., Hyvärinen, P., 1996. The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 185-188.
- Scharf, F. S., Buckel, J. A., Juanes, F., Conover, D. O., 1998. Predation by juvenile piscivorous bluefish (*Pomatomus saltatrix*): the influence of prey to predator size ratio and prey type on predator capture success and prey profitability. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(7), 1695-1703.
- Sibbing, F. A., 1988. Specialisations and limitations in the utilisation of food resources by the carp, *Cyprinus carpio*: a study of oral food processing. *Environmental Biology of fishes* 22, 161-178.
- Sibbing, F. A., Osse, J. W., Terlouw, A., 1986. Food handling in the carp (*Cyprinus carpio*): its movement patterns, mechanisms and limitations. *Journal of Zoology* 210, 161-203.
- Skubinna, J. P., Coon, T. G., Batterson, T. R., 1995. Increased abundance and depth of submersed macrophytes in response to decreased turbidity in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 21(4), 476-488.
- Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W., Duncan, A., 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.*, 106(4), 433-471.
- Sommer, U., Adrian, R., De Senerpont Domis, L., Elser, J. J., Gaedke, U., Ibelings, B., Winder, M., 2012. Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) model: mechanisms driving plankton succession. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 43, 429-448.
- Spanovskaya, V. D., 1963. Feeding of pike yearlings (*Esox lucius* L.). *Zoologicesky Zhurnal Akademija Nauk SSSR*, 42(7), 1071-1079.
- Spanovskaya, V. D., Grygorash, V. A., 1977. Development and food of age-0 Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) in reservoirs near Moscow, USSR. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34(10), 1551-1558.
- Steffens, W., 1960. Ernährung und Wachstum des jungen Zanders (*Lucioperca lucioperca*) in Teichen. *ZFisch N.F.* 9, 161–271.
- Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner, P., Hilge, V., 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). In *Annales Zoologici Fennici* (pp. 627-634). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Sterner, R. W., Hagemeyer, D. D., Smith, W. L., Smith, R. F., 1993. Phytoplankton nutrient limitation and food quality for *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, 38(4), 857-871.
- Stumm, W., Morgan, J. J., 1981. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters, *Aquatic chemistry*. 2ND Ed., John Wiley and Sons, New York, pp 780.

- Šilhavý, V., Hule, M., Pokorný, J., Hartman, P., Berka, R., Andreska, J., Vácha, F., Stupka, P., Linhart, O., Mareš, J., Dubský, K., Vávře, K., Pánský, K., 2012. Naše rybníkářství. Rybníkářské sdružení České republiky, České Budějovice, 244 s.
- Šimek, K., Grujić, V., Nedoma, J., Jezberová, J., Šorf, M., Matoušů, A., Vrba, J., 2019. Microbial food webs in hypertrophic fishponds: Omnivorous ciliate taxa are major protistan bacterivores. *Limnology and Oceanography*, 64(5), 2295-2309.
- Telesh, I. V., 1993. The effect of fish on planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 255, 289–296.
- Tessier, A. J., Welser, J., 1991. Cladoceran assemblages, seasonal succession and the importance of a hypolimnetic refuge. *Freshwater Biology* 25, 85–93.
- Van Densen, W. L. T., Vijverberg, J., 1982. The relations between 0+ fish density, zooplankton size and the vulnerability of pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, to angling in the Frisian lakes. *Hydrobiologia*, 95(1), 321-336.
- Verreth, J., Kleyn, K., 1987. The effect of biomanipulation of the zooplankton on the growth, feeding and survival of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in nursing ponds. *J Appl Ichthyol* 3, 13–23.
- Weatherley, A. H., 1959. Some features of the biology of the tench *Tinca tinca* (Linnaeus) in Tasmania. *Journal of Animal Ecology* 28, 73–87.
- Weber, M. J., Brown, M. L., 2009. Effects of common carp on aquatic ecosystems 80 years after “carp as a dominant”: ecological insights for fisheries management. *Reviews in Fisheries Science*, 17(4), 524-537.
- Werner, E. E., 1974. The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31(9), 1531-1536.
- Wu, Z., Zou, R., Jiang, Q., Elser, J. J., Zhao, L., Ye, R., Liu, Y., 2020. What maintains seasonal nitrogen limitation in hyper-eutrophic Lake Dianchi? Insights from stoichiometric three-dimensional numerical modeling. *Aquatic Sciences*, 82(4), 1-12.
- Wurts, W. A., Masser, M. P., 2004. Liming ponds for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center.
- Zemanová, J., Šorf, M., Hejzlar, J., Šorfova, V., Vrba, J., 2020. Planktivorous fish positively select *Daphnia* bearing advanced embryos. *Marine and Freshwater Research*, 71(4), 505-511.

## 8. Přílohy



Obrázek P1: Specifické reakce populací jednotlivých druhů zooplanktonu na rostoucí gradienty nejdůležitějších environmentálních proměnných vybraných z datasetu pomocí metody postupného výběru (stepwise selection) při CCA.



Obrázek P2: Specifické reakce populací jednotlivých druhů zooplanktonu na rostoucí gradienty nejdůležitějších environmentálních proměnných vybraných z datasetu pomocí metody postupného výběru (stepwise selection) při CCA.

## 9. Abstrakt

Tato diplomová práce byla zaměřena na rozvoj zooplanktonu v rybnících s produkcí rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb. Pro naši studii byla zvolena rybníční soustava pod správou firmy Štičí líheň – ESOX, spol. s r.o. v obci Liderovice, v blízkosti Tábora. Právě zde probíhá každoroční produkce rychlených stádií hospodářsky významných druhů ryb, a to konkrétně štiky obecné, candáta obecného, kapra obecného, lína obecného a amura bílého. Tyto rybníky jsou během jedné vegetační sezóny využity hned několikrát, a právě zooplankton je hlavní potravou všech raných stádií ryb. Pro produkci rychlených stádií ryb sloužily 3 rybníky, které byly vypuštěny a znovu napuštěny 2–3x za sezónu. Čtvrtý rybník sloužil jako kontrola bez vypouštění a napouštění pod trvalým vyžíracím tlakem ryb – obsádky K<sub>1</sub>. Po slovení ryb a vypuštění rybníku sloužila voda výše položeného rybníka jako inokulum zooplanktonu níže položeného rybníka.

Dle statistických analýzy chov plůdku různých druhů ryb v rybnících téže soustavy, nemá vliv na skladbu zooplanktonu po opětovném napouštění a vypouštění za sebou ležících rybníků. Jediný rozdíl jsme zaznamenali u candáta, který se dle analýzy částečně nekryje s potravní základnou ostatních sledovaných druhů. Zároveň jsme prokázali, že například druhy *Cyclops vicinus*, *Daphnia magna*, *D. ambigua* nebo *D. pulicaria* pozitivně korelovali se zvýšenou koncentrací P-PO<sub>4</sub>. Rovněž jsme potvrdili, že jsou rybníky schopny efektivně zachytávat živiny z povodí a využívat je pro svou produkci. O to silnější je pak efekt celé soustavy. Důkazem toho je i fakt, že při mírném dešti byla nad soustavou naměřena koncentrace celkového fosforu 0,50 mg/L, naopak v posledním rybníce sledované soustavy jsme naměřili hodnoty pod 0,08 mg/L. Toto zjištění je zároveň velmi pozitivní pro vodní nádrž Jordán, kde je kvalita vody bedlivě sledována. Právě naše soustava leží na hlavním přítoku této nádrže. Na soustavě byla udržena po celou dobu sledování vysoká průhlednost a byl vytvořen přiměřený ekonomický zisk. Takový management hospodaření lze aplikovat pouze na některé rybníky (soustavy). Jedná se však o postup, kde si na své přijdou jak rybáři, tak environmentalisté.

**Klíčová slova :** zooplankton, rychlený plůdek, rybníky, vyžírací tlak, štika, candát, kapr, lín, amur

## 10. Abstract

This master thesis was focused on zooplankton development in ponds with advanced fry rearing of economically important fish species. For the purpose of my study, we sampled pond cascade that is managed by Štičí líheň - ESOX, spol. s r.o. in the village Liderovice, near Tábor. In this particular pond cascade, the annual production of advanced fry of economically important fish species takes place, namely pike, pikeperch, carp, tench and grass carp. Importantly, pond cascade is used several times during one growing season, and zooplankton is the main food source of all early stages of reared fish. For the production of advanced fry of fish served 3 ponds, which were released and refilled 2-3 times a season. Fourth pond served as a control stocked with one year old carp throughout the whole season. The water from an upper pond in the cascade served as zooplankton inoculum to a lower pond after the pond harvesting.

Statistical analyses showed that the fry of different fish species in ponds lying in the same cascade does not affect the composition of zooplankton after restocking and water refilling. The only difference we noticed was in the treatment with pikeperch, which partially does not share the food base of other monitored species. We also found out, that the occurrence of *Cyclops vicinus*, *Daphnia magna*, *D. ambigua* or *D. pulicaria* was positively correlated with increased P-PO<sub>4</sub> concentrations. We also confirmed that pond ecosystem can effectively retain nutrients from basins and use them for its production. As was shown after a short rain when the measured concentration of total phosphorus in the inflow in our pond system was 0.50 mg/L, on the contrary in the last pond of our cascade we measured values below 0.08 mg/L. High transparency was maintained in the whole cascade throughout the monitoring period, and an adequate economic profit was generated. Such management can be applied to only a few ponds (systems).

**Keywords:** zooplankton, advanced fry, ponds, feeding pressure, pike, pikeperch, carp, tench, grass carp