

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Diplomová práce

**Chov ryb v rybnících zatížených  
komunálními vodami**

**Autor:** Bc. Petr Chmelický

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Ján Regenda, Ph.D.

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

**Studijní program a obor:** Zootechnika, Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 3.

České Budějovice, 2017

## Prohlášení

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

Datum: 1. 5. 2017

Podpis studenta

.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Jánů Regendovi, Ph.D. i konzultantovi Ing. Janu Potužákovi, Ph.D. za metodické vedení a poskytnuté rady při vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svému předchozímu vedoucímu Ing. Pavlu Hartmanovi, CSc. a předchozímu konzultantovi Ing. Davidu Hlaváčovi, Ph.D. se kterými jsem průběh vlastního sledování navrhoval a konzultoval, oba dva však opustili fakultu ještě před dokončením této práce. Můj velký dík patří také RNDr. Richardu Fainovi za spoustu cenných připomínek. Za velké množství poskytnutých podkladů a možnost sledování realizovat bych rád poděkoval společnosti Rybářství Chlumec nad Cidlinou, a.s. Dík patří také mé rodině a všem, kteří mě při psaní této práce podporovali.

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr CHMELICKÝ**  
Osobní číslo: **V14N003P**  
Studijní program: **N4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Chov ryb v rybnících zatížených komunálními vodami**  
Zadávatel katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

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

Cílem práce je ověření podmínek chovu ryb v hypertrofních rybnících, které jsou extrémně zatěžovány komunálními vodami. Součástí řešení bude sledování konzumace zooplanktonu jako hlavní složky přirozené potravy a ověřování kritických situací pro přežití obsádky ryb z hlediska plynů  $O_2$  a  $CO_2$  rozpuštěných v rybníčních vodách.

Postup řešení: Kontrola kvality vody z hlediska welfare ryb bude zaměřena především na kyslíkovou bilanci, vedle teploty pH,  $KNK_{4,5}$  a průhlednosti vody. Sledování potravních podmínek ryb bude zaměřeno na kvantitu a strukturu zooplanktonu z hlediska konzumovatelnosti kaprem. Primární produkce a produkce  $O_2$  a  $CO_2$  bude sledována metodou "bílých a černých lahví" pro prognózu možných deficitů ve vodě rozpuštěného kyslíku. Výzkum bude orientován do nížinné oblasti hospodářského střediska Březina, Rybářství Chlumeck nad Cidlinou a.s.

---

Rozsah grafických prací: 4 strany fotodokumentace, 6 stran tabulek  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran textu  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

Bilard, R., Gall, G. A. E., 1995. The carp. Aquaculture volume 129, Elsevier Paris, 485 s.  
Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010. Aplikovaná hydrobiologie. VÚRH Vodňany, 350 s.  
Janeček, V., Příkryl, I., 1982. Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících, Metodik č. 2, VÚRH Vodňany, 13 s.  
Füllner, G., Pfeifer, M., Langner, N., 2007. Karpfenteichwirtschaft, Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachsen, Sächsisches Landesanstalt für Landwirtschaft Dresden, Referat Fischerei, 116 s.  
Duras, J., Potužák, J., 2013. Rybníky - účinný nástroj pro recyklaci živin v krajině, sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody, RS ČR, 53-60 s.  
Faina, R., Kubů, F., 1989. Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybnících, Metodiky č. 31, VÚRH Vodňany, 11 s.  
Hartman, P., 2012. Výživa rybníční biocenózy organickými hnojivy, Metodiky, Technologická řada 127, VÚRH Vodňany, 35 s.  
Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H., 1998. Phosphor und Stickstoffbilanzen von Karpfenteichen, Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 7/1998, 181-189 s.  
Vládní nařízení č. 82/1999 Sb. a č. 61/2003 Sb. Imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod, zdroj - Internet

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ján Regenda, Ph.D.  
Ústav akvakultury a ochrany vod  
Konzultant diplomové práce: Ing. Jan Potužák, Ph.D.  
Ústav akvakultury a ochrany vod  
Datum zadání diplomové práce: 16. prosince 2015  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2016

U. z.  
  
prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Jan Mráz, Ph.D.  
ředitel

dne

## Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Úvod.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2. Literární přehled .....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1 Technologie chovu ryb v rybnících a přirozená potrava kapra .....   | 9         |
| 2.2 Vliv rybářského hospodaření na rybniční biocenózu .....   | 11        |
| 2.2.1 Historický pohled na vývoj rybníkářství .....   | 11        |
| 2.2.2 Současný stav rybníků a intenzita rybářského hospodaření .....  | 13        |
| 2.2.3 Fosfor jako klíčová živina ve vodním prostředí .....  | 16        |
| 2.3 Kvalita vody v rybnících .....  | 18        |
| 2.3.1 Teplota vody .....  | 18        |
| 2.3.2 Oxidačně – redukční potenciál .....   | 18        |
| 2.3.3 Reakce vody (pH).....   | 19        |
| 2.3.4 Dusík ve vodním prostředí a jeho formy .....  | 20        |
| 2.3.5 Obsah kyslíku ve vodě .....   | 23        |
| 2.3.6 Organické látky ve vodě, chemická a biochemická spotřeba kyslíku .....  | 25        |
| 2.3.7 Neutralizační kapacita vody .....   | 25        |
| 2.3.8 Přípustné znečištění povrchových vod podle vládního nařízení č. 401/2015 Sb. ...  | 27        |
| 2.4 Čistírny odpadních vod a stabilizační nádrže .....  | 28        |
| <b>3. Metodika .....</b>  | <b>31</b> |
| 3.1 Charakteristika sledovaných rybníků a do nich zaústěných čistíren odpadních vod .....   | 34        |
| 3.1.1 Rybník Ohrada .....   | 34        |
| 3.1.2 Rybník Záhumenní velký .....  | 36        |
| 3.1.3 Vlkavský rybník .....   | 39        |
| 3.2 Postupy stanovení jednotlivých měřených parametrů .....   | 42        |
| 3.2.1 Měření průhlednosti, pH, teploty vody, obsahu a nasycení vody kyslíkem a oxidačně – redukčního potenciálu .....   | 42        |
| 3.2.2 Stanovení celkové alkality (KNK <sub>4,5</sub> ) a celkové zásadové neutralizační kapacity – ZNK <sub>8,3</sub> (neboli acidity) .....                      | 43        |
| 3.2.3 Odběr a determinace vzorků zooplanktonu .....   | 43        |
| 3.3 Hospodářské / Produkční ukazatele .....   | 44        |
| 3.4 Statistické zpracování dat .....  | 47        |
| <b>4. Výsledky .....</b>  | <b>48</b> |
| 4.1 Fyzikálně – chemické parametry kvality vody .....   | 48        |
| 4.2 Anorganické parametry kvality vody .....  | 50        |
| 4.2.1 Zjištěné hodnoty parametrů BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> a NL <sub>105</sub> na odtocích z ČOV a v rybnících ..... | 50        |
| 4.2.1 Zjištěné hodnoty parametrů TN, TP, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na odtocích z ČOV a v rybnících .....                        | 54        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3 Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký v letech 2014 a 2015.....                   | 57         |
| 4.3 Hospodářské výsledky na sledovaných rybnících za rok 2015.....                   | 59         |
| 4.3.1 Rybník Ohrada .....  | 59         |
| 4.3.2 Rybník Záhumenní velký .....   | 60         |
| 4.3.3 Vlkavský rybník .....  | 61         |
| 4.3.4 Bilance fosforu (TP) a dusíku (TN) .....                                       | 62         |
| 4.4 Zooplankton .....  | 63         |
| 4.4.1 Rybník Ohrada .....  | 63         |
| 4.4.2 Rybník Záhumenní velký .....   | 65         |
| 4.4.3 Vlkavský rybník .....  | 67         |
| <b>5. Diskuze .....</b>  | <b>69</b>  |
| 5.1 Změny v kvalitě vody na sledovaných rybnících v průběhu vegetačního období ..... | 69         |
| 5.2 Anorganické parametry kvality vody .....   | 71         |
| 5.3 Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký .....                                       | 72         |
| 5.4 Intenzita rybářské hospodaření na sledovaných rybnících.....                     | 76         |
| 5.5 Dynamika zooplanktonu na sledovaných rybnících.....                              | 77         |
| <b>6. Závěr.....</b>   | <b>79</b>  |
| <b>7. Seznam použité literatury.....</b>   | <b>81</b>  |
| <b>8. Seznam zkratk a zmíněných druhů ryb v této studii .....</b>                    | <b>92</b>  |
| <b>9. Seznam tabulek, obrázků, grafů a příloh.....</b>                               | <b>93</b>  |
| <b>10. Přílohy .....</b>   | <b>96</b>  |
| <b>11. Abstrakt.....</b>   | <b>112</b> |
| <b>12. Abstract .....</b>  | <b>114</b> |

# 1. Úvod

Klíčovou živinou ve vodním prostředí se v současnosti stal fosfor. Jeho nadbytek způsobuje eutrofizaci vod projevující se mimo jiné snížením biodiverzity ekosystému rybníka, ve kterém dochází k masivnímu rozvoji fytoplanktonu (především sinic). Nejenže pak dochází ke zhoršení kvality vody (nízká průhlednost, výskyt toxinů), ale zároveň se celý ekosystém stává značně nestabilním. V průběhu dne dochází k výrazným výkyvům obsahu kyslíku ve vodě i pH (Beděrková a kol., 2016; Velíšek a kol., 2014).

Z nadbytečného přísunu živin do vodního prostředí jsou často obviňováni také rybáři. Negativně je pohlíženo především na příkrmování, popř. doplňování živin hnojením. Tyto zásahy mají za cíl podpořit produkční procesy v rybníce, které poté vyústí do požadovaného přírůstku ryb. Je však důležité uvědomit si, že tyto dodané živiny jsou při racionálním způsobu chovu transformovány do již zmíněného přírůstku, tzn. dodané živiny jsou vytěženy zpět v podobě ryb. Hlavní zdroj dotující vodní prostředí nadbytečnými živinami je tak potřeba hledat jinde. Především čistírny odpadních vod (dále jen ČOV) často vypouštějí do vodního recipientu, potažmo rybníků vodu s vysokým obsahem živin (Hartman, 2012a; Kopp, 2015).

Podnětem pro napsání této diplomové práce se stal totální úhyn rybí obsádky na rybníce Záhumenní velký (okres: Mladá Boleslav) v srpnu roku 2014. Při vyšetřování tohoto úhynu bylo zjištěno, že ČOV, která do rybníku vypouští předčištěné odpadní vody, výrazně překračuje limity maximálního přípustného znečištění povolené vodoprávním úřadem. Rybník tak dlouhodobě vykazuje hypertrofní charakter se všemi riziky, které s tímto stavem souvisí.

Cílem této diplomové práce je přispět ke studiu chovu ryb v hypertrofních rybnících, do kterých jsou zaústěny předčištěné odpadní vody. Zhodnotit vývoj fyzikálně – chemických parametrů kvality vody v průběhu sezóny a intenzitu rybářského hospodaření se zaměřením na dynamiku růstu obsádek a spotřebu krmiva. Dále pak pomocí odběru vzorků vody na odtoku z ČOV a v rybnících zjistit jaký vliv na zhoršenou kvalitu vody v těchto rybnících čistírny mají. Sledované rybníky obhospodařuje středisko Březina společnosti Rybářství Chlumec nad Cidlinou, a.s. Na všech sledovaných rybnících je úplně vyloučeno doplňování živin hnojením, neprovádí se ani vápnění. Příkrmování obsádek probíhá výhradně obilovinami. Rybníky se nachází v úrodné nížinné oblasti Čech v okolí Mladé Boleslavi.



## 2. Literární přehled

### 2.1 Technologie chovu ryb v rybnících a přirozená potrava kapra

Chov ryb v rybnících je založen na látkové přeměně živin v rybničním prostředí (Hartman, 2010). Přirozená potrava je konzumována obsádkou ryb a tím jsou za pomoci fotosyntetické asimilace uvedeny do oběhu dostupné živiny (Hartman a Regenda, 2014). Nejvýznamnější pro rybniční produkci jsou žádoucí zelené řasy (Dubský, 2015). U nich také začíná primární produkce, následuje sekundární produkce zooplanktonu a na vrcholu potravní pyramidy je přírůstek ryb. Za přístupu světla a přítomnosti ryb probíhá tento proces kontinuálně (Spurný a kol., 2015). Úživnost rybníků, resp. přirozená produkce rybníků představuje přírůstek ryb z přirozených potravních zdrojů (Dubský, 2015). Vliv na ni má celá řada faktorů. Především se jedná o nadmořskou výšku rybníka, kvalitu podloží, množství živin přitékajících s vodou, teplotu vody a délku vegetačního období (Spurný a kol., 2015). K rozlišení úrovně rybniční produkce na základní kategorie jsou využity klimatické oblasti v ČR podle Quitta (1971). S klesající nadmořskou výškou zpravidla roste přirozená produkce rybníků, proto nejúživnější rybníky najdeme na jižní Moravě a v Polabí (Příkryl a kol., 2008). Spurný a kol. (2015) uvádí, že přirozená produkce se v našich podmínkách pohybuje od několika málo desítek kg z hektaru vodní plochy až po více než 500 kg·ha<sup>-1</sup>.

Od počátku 20. století je produkční potenciál rybníků uměle navyšován (hnojením, příkrmováním) (Hartman a kol., 2016; Potužák, 2009). Tyto zásahy vedly ke zvýšení produkce na jednotlivých rybnících, nicméně zároveň způsobily výraznou dotaci živin do rybničního ekosystému (Fasaic a kol., 1989). Výživa rybniční biocenózy (hnojení) je v současné době orientována především na tzv. organická hnojiva (Hartman, 2012a), v minulosti byla používána i minerální hnojiva, tzv. anorganická (Čítek a kol., 1998). Za optimální metodu výživy rybniční biocenózy je v současné době považováno tzv. „zelené hnojení rybníků“. To je založeno na osetí rybničního dna polními plodinami (hořčice bílá, oves, žito), které se po vzejití zatopí. Tím jsou využity vlastní zásoby živin rybníka a vzniklá rostlinná biomasa má podobné složení jaké vyžadují ke svému rozvoji (růstu) zelené řasy. Zároveň rovněž dochází ke zpevnění rybničního sedimentu a po celou dobu vegetace jsou živiny fixovány kořenovým systémem (Füllner a kol., 2000; Hartman, 2012a; Hartman a Regenda, 2014).

Pro efektivnější využití široké nabídky přirozené rybníční produkce jsou využívány tzv. polykulturní obsádky kapra s doplňkovými hospodářsky významnými rybami (Hartman a Regenda, 2014). Přínosem těchto vícedruhových obsádek je lepší využití živin v rybníce, za předpokladu, že krmné niky jednotlivých druhů se významně nepřekrývají (Rahman a kol., 2006). Jeden druh může přitom pozitivně ovlivnit dostupnost potravních zdrojů pro jiné druhy a to bez zvýšení vstupu živin. Vyšší retence živin potravním řetězcem pak pozitivně ovlivní kvalitu vody a sedimentu (Bosma a Verdegam, 2011). V České republice jsou polykulturní obsádky tvořeny převážně kaprem, býložravými rybami a línem (Janeček a Přikryl, 1992). V rybnících se zaručeným zdrojem nežádoucích „plevelných ryb“ jsou orientovány polykultury kapra a dravých druhů ryb. V chladnějších oblastech s hlubším dnem a příznivým kyslíkovým režimem se v minulosti uplatňovaly obsádky kapra a síhů (Hartman a Regenda, 2014). V důsledku zvyšující se eutrofizace vod a přemnožení kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo*), pro něhož jsou síhové snadnou kořistí, poklesla jejich produkce z cca. 138 tun (rok 1997) na 5 tun (rok 2015) (MZe ČR, 2016; Regenda, osobní sdělení).

Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) má vychlípitelná, mírně spodně postavená ústa. To mu umožňuje přijímat potravu ze dna (u velkých ryb až z hloubky 15 cm) – bentos, z listů ponořených rostlin – fytos a ve vodním sloupci se vznášející živočichy – zooplankton (Schäperclaus, 1961). Po vylíhnutí a částečné ztrátě žloutkového váčku se kapří plůdek živí převážně drobnými litorálními perloočkami (*Cladocera*) a vývojovými stádii klanonožců (*Copepoda*) (Lohniský, 1970). V tomto období je bentická potrava přijímána pouze v omezeném rozsahu a za dobré dostupnosti. V případě, že je živočišné potravy nedostatek je kapří plůdek schopen přijímat i tzv. nouzovou potravu (řasy, sinice, okřehek, odumřelá makrofyta), popřípadě může docházet i ke kanibalismu (Hrabě, 1946; Kostomarov a Hrabě, 1943). Od druhého roku života je rozhodující složkou v potravě kapra především bentos (larvy pakomárů a jepic, nitěnky, střechatky, chrostíci, berušky vodní). Zooplankton je kapr schopen využívat i nadále, především pak velké druhy perlooček (*Daphnia magna*, *D. pulicaria*, *D. pulex*) (Adámek a kol., 2010). Schlott a kol. (2011) uvádí, že při odchovu kapra do tržní velikosti je důležitý zooplankton větší než 500  $\mu\text{m}$  (filtrovatelný žaberním aparátem). Za optimálních podmínek je stravitelnost živin z přirozené potravy kaprem 90 až 95 %, na rozdíl od konverze živin v krmivech na bázi obilovin – 60 % (Steffens, 1985). Tělo zooplanktonních živočichů obsahuje jen kolem 10 % sušiny, zatímco zoobentosu až 20 %. Sušina těchto živočichů obsahuje 50 – 65 % proteinů, 3 – 30 % lipidů a 5 – 25 % karbohydrátů (Hartman a kol., 2005).

Struktura zooplanktonu a jeho velikostní složení je v letním období ovlivněna predací rybí obsádky (Adámek a kol., 2010; Hadašová a kol., 2014; Potužák, 2009). Obsádka ryb účinně eliminuje velké druhy zooplanktonu, které jsou nahrazeny menšími druhy. Tento efekt nejlépe vyniká u perlooček (Faina, 1983). V současné době většina rybníků sloužících k chovu ryb vykazuje vysokou úroveň trofie, což má v kombinaci s vysokou hustotou rybí obsádky významný vliv na strukturu zooplanktonního společenstva. Společenstva zooplanktonu se v současnosti v létě skládají převážně z malých druhů, jako jsou naupliová a kopepoditová stádia bucharek, vírníků a malých druhů perlooček, zejména pak ve druhé polovině vegetačního období (Potužák, 2009).

## **2.2 Vliv rybářského hospodaření na rybníční biocenózu**

### **2.2.1 Historický pohled na vývoj rybníkářství**

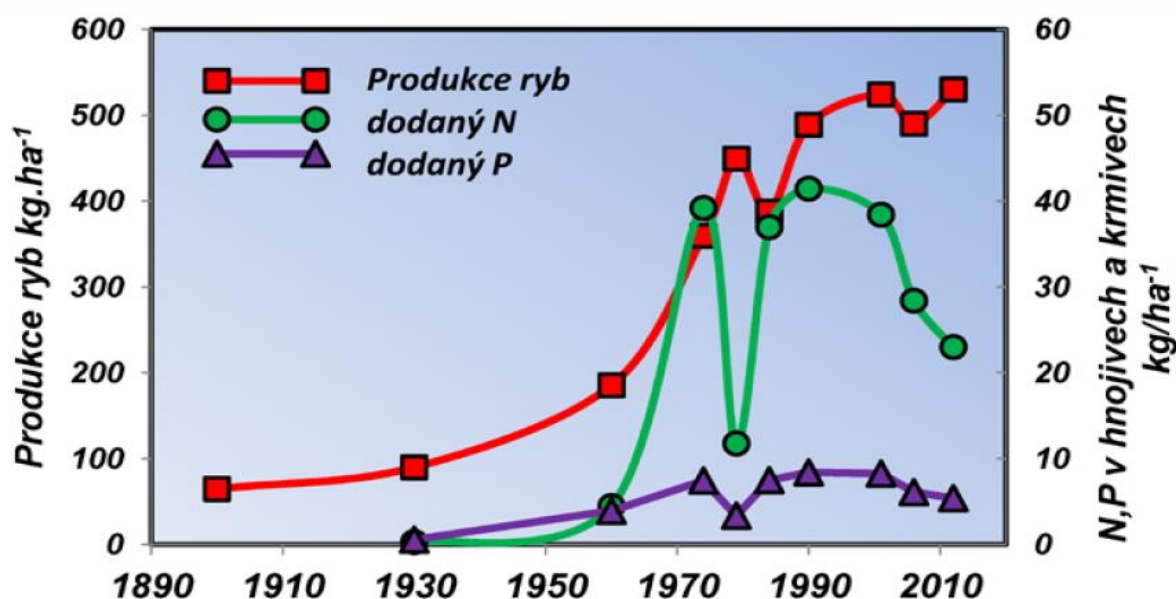
První zmínky o budování rybníků na našem území pochází z 11. století, svědectví o tom přináší Kosmova kronika (Andreska, 1987). K většímu budování rybníků či nádrží pro chov ryb došlo na našem území ve 12. – 13. století, kdy byly rybníky zřizovány prakticky u všech klášterů (Dubský, 2015). Přírůstek ryb se ve středověku pohyboval v rozmezí od 20 do 40 kg·ha<sup>-1</sup>. Celkový výlov ryb v té době lze odhadnout na 3 – 4 tisíce tun (70 % z toho tvořil kapr). Rybníky byly zpravidla vypouštěny jednou za tři roky (Pokorný, 2015a). Stavba rybníků u nás vrcholila v poslední čtvrtině 15. století. Toto období lze právem nazývat zlatou dobou českého rybníkářství. V této době bylo na našem území postaveno nejméně 25 000 rybníků (Andreska, 1987). Z dochovaných údajů vyplývá, že přepočtená hektarová produkce ryb se v této době pohybovala od 40 do 60 kg·ha<sup>-1</sup>. Některé rybníky však vykazovaly produkci výrazně vyšší, jako např. Dřemlinský rybník na Vodňansku, který v polovině 16. století produkoval 236 džberů kapra, což po přepočtu představuje přibližně 220 kg ryby z 1 ha (Křivánek a kol., 2012). Důsledkem třicetileté války došlo k vypuštění a poškození velké části rybníků. K dokonání úpadku našeho rybníkářství pak přispěly v 18. století tereziánské a josefínské reformy. Díky nim byla část rybníků přeměněna na ornou půdu, zejména v zemědělsky úrodných oblastech (Polabí, Podkrušnohoří, střední Morava) (Adámek a kol., 2013). Rybníční soustavy v jižních Čechách však zůstaly zachovány a to vzhledem k nízké bonitě půdy a nevhodnosti k jinému užití (Šusta, 1995).

Přelom 19. a 20. století byl pro produkci ryb i celý rybníční ekosystém charakteristický nedostatkem živin. Většina rybníčních ploch by podle dnešního členění

vykazovala oligotrofní, nejvýše pak mezotrofním charakter. Důsledkem stárnutí (vyčerpání původních živin) rybníků došlo na konci 19. století ke zdatnému poklesu přirozené produkce. Právě to nepochybně simulovalo zájem J. Šusty o pochopení produkční podstaty rybníční biocenózy (Pechar a Baxa, 2016). Na konci 19. století tak J. Šusta začal na Třeboňsku provádět první pokusy s příkrmováním ryb a hnojením rybníků. Díky tomu se jeho zásluhou během krátké doby čisté výnosy z rybníků zdvojnásobily (Berka, 2000).

*„Čím objemněji a intenzivněji se uplatňovalo zlepšování rybníčního dna, čím větší množství hnojiv a krmiv bylo vkládáno do vodních objektů a čím účinněji se projevovalo zmnožené umělé krmivo, tím snáze mohli vycházet mladí, těžcí konsumní kapři“ (Šusta, 1995).*

V roce 1904 dosahovaly výlovky z rybníků v Čechách, na Moravě a ve Slezsku necelých 2000 t. V důsledku rozdílné úrovně hospodaření byly mezi jednotlivými rybníkářstvy značné rozdíly v produkci ryb, od 20 do 120 kg·ha<sup>-1</sup> (Pokorný, 2015a). Během první světové války a těsně po ní došlo k poklesu produkce ryb (rok 1925 – 1200 tun) (Adámek a kol., 2012). Ve druhé polovině 30. let byla přirozená produkce ryb z jednoho hektaru opět velmi různorodá (od 20 do 445 kg·ha<sup>-1</sup>). Průměrná přirozená produkce u výtažníků činila 152 kg·ha<sup>-1</sup> a u hlavních rybníků 130 kg·ha<sup>-1</sup> (Hartman a kol., 2016). Největší nárůst produkce ryb je však zaznamenán v průběhu 50. – 70. let minulého století. V tomto období bylo dosaženo rovnováhy mezi úrovní živin (fosfor a dusík) a produkčním potenciálem rybníční biocenózy (Pechar a Baxa, 2016). Dalším faktorem, který podporoval zvyšování produkce, bylo od roku 1949, tzv. kaprokachní hospodářství (zvýšení přirozené produkce o 40 – 70 %) (Hartman a kol., 2016). Intenzifikací rybníkářství se v této době zabýval např. Janeček (1976). Minerální hnojiva byla v té době poměrně drahá a do středu zájmu se tak více dostávala hnojiva organická, jejichž používání v rybnících vrcholilo v 80. letech. Důsledkem celkové intenzifikace produkčního využití zemědělské krajiny se do rybníků dostávalo také velké množství živin z povodí. Od poloviny 90. let dochází ke změně tohoto trendu a většina velkých rybářských podniků snížila spotřebu hnojiv přibližně na polovinu, současně s tím došlo k úspornějšímu využívání krmiv a granulovaných krmných směsí (Pechar a Baxa, 2016). V České republice se v současné době nachází více než 24 000 rybníků a vodních ploch, jejich celková plocha zaujímá přibližně 52 000 ha (MZe ČR, 2016). Vývoj produkce ryb a rozsah hnojení a krmení ve 20. století zobrazuje obrázek č. 1.



Obrázek č. 1: Dynamika změny produkce ryb v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , (především kapr) a rozsahu hnojení a krmení, vyjádřeného jako přísun N a P v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (převzato z Pechar a Baxa, 2016).

### 2.2.2 Současný stav rybníků a intenzita rybářského hospodaření

Podle trofie (úživnosti) lze rybníky rozdělit do kategorií: **oligotrofní** (málo úživné), **mezotrofní** (středně úživné), **eutrofní** (úživné) až **hypertrofní** (vysoce úživné) (Hartman a Regenda, 2014). Většina rybníků na našem území vykazuje spíše vyšší stupně trofie. Rybníky s nízkou biomasou primární produkce (oligotrofní a mezotrofní) se u nás prakticky nevyskytují (Kopp, 2015). Hlaváč a kol. (2015) uvádí, že převážnou část rybníční plochy v České republice lze označit jako eutrofní až hypertrofní. Podle způsobu intenzity obhospodařování jsou rybníky rozděleny Metodickým pokynem MŽP a MZe do několika kategorií (MŽP, 2002). Pro jednotlivé kategorie je stanovena intenzita příkrmování, hnojení, vápnění a jsou doporučeny i hustoty obsádek. Rybníky dle intenzity hospodaření jsou rozděleny následovně: extenzivní, polointenzivní a intenzifikační (Spurný a kol., 2015).

**Extenzivní** rybníky se zpravidla nachází v chráněných krajinných oblastech, popř. se jedná o rybníky rekreační. Chov ryb je v nich založen pouze na přirozené potravě, příkrmování je vyloučeno. Výživu rybníční biocenózy (hnojení) lze provádět pouze jako tzv. jarní startovací dávku organických hnojiv. K úpravě pH a alkality lze použít vápenaté přípravky. Obsádky je nutné přizpůsobit charakteru rybníka a jeho potravní nabídce (Dubský, 2015; Hartman a Regenda, 2014; Spurný a kol, 2015).

**Polointenzivní** rybníky se na našem území nachází nejčastěji. Chov ryb je v nich založen na konzumaci přirozené potravy a předkládaného krmiva. Pro optimalizaci rybníčního prostředí se může přistupovat k hnojení, popř. vápnění. Snahou je dosahovat vyrovnané bilance živin (především fosforu), tzn. veškerý fosfor, který by byl do rybníku v souvislosti s chovem ryb dodán (krmivo + hnojení + násada ryb) musí být následně výlovem biomasy obsádky ryb zase odebrán. Rybníky by dosáhly tzv. nulového salda fosforu. Spotřeba krmiva od března do října by při tomto způsobu obhospodařování neměla překročit 3000 kg·ha<sup>-1</sup> (Hartman a Regenda, 2014; Hlaváč a kol., 2014, MŽP, 2002).

**Intenzifikační** rybníky se na našem území prakticky nevyužívají. Přírůstek v nich je zajištěn přirozenou potravou, příkrmováním obilovinami a později i kvalitními krmnými směsmi. Maximální rozvoj přirozené potravy je podpořen hnojením. Vyrovnaná bilance živin není podmínkou (Hartman a Regenda, 2014; Spurný a kol., 2015).

Toto členění svým způsobem vychází z dokumentu, který vznikl již v roce 1981. Proto je důležité jej vnímat v kontextu té doby (Regenda, 2015). Z minulosti jsou v obecné rovině rybníky dostatečně zásobeny živinami (dusík a především fosfor) a proto je důležité každou další aplikaci živin do rybníčního prostředí pečlivě zvážit (Hartman, 2010). Nejvýznamnějším intenzifikačním zásahem tak zůstává příkrmování (Regenda, 2015). V našich podmínkách se příkrmuje převážně obilovinami a důvodem k jeho zahájení je úbytek přirozené potravy v rybníce (Adámek a kol., 2010). Předkládaná krmiva (obiloviny) jsou glycidového charakteru a představují tak především zdroj energie, pro růst ryb jsou potřeba proteiny a ty jsou získávány z přirozené potravy. Granulované krmné směsi jsou poměrně drahé a používají se pouze k podzimnímu příkrmování plůdku a násad, popř. jako medikované krmné směsi (Regenda, 2015).

*„Produkce kapra na bázi přirozené potravy a doplňkového krmení má charakter extenzivního využívání rybníka (obdoba pastvy) a z pohledu ekonomického a přírodě vlivného hospodaření je doporučeníhodnou variantou kaprového hospodářství“* (Füllner a kol., 2000).

Při polointenzivním způsobu chovu ryb má na efektivitu využití obilovin jako krmiva vliv především dostatečné množství přirozené potravy (Faina, 1983). Její hodnocení je proto chovatelům doporučováno provádět v pravidelných intervalech (nezbytně však 1x za měsíc) (Hartman a Regenda, 2014). Při posouzení zooplanktonu v rybníce nás zpravidla zajímá jeho druhové složení (kvalitativní rozbor) a celkové množství (kvantitativní rozbor). Kromě toho lze ještě zjišťovat formy aktivity planktonu – produkce nové

organické hmoty, produkce a spotřeba kyslíku, popř. intenzita a způsob rozmnožování (Hartman a kol., 2005).

**Kvalitativní posouzení** – zpravidla se jedná o odběr zooplanktonu pomocí planktonní síťky z různých míst rybníka. Tah se provádí ode dna ke hladině tak, aby bylo možné zachytit složení zooplanktonu z celého vodního sloupce. Vzorek se poté přelije na Petriho misku s milimetrovým papírem a vyhodnocuje se zastoupení jednotlivých velikostních skupin. Podle kvalitativního určení lze posoudit nedosazenost rybníka, nemocnost obsádky, popř. produkční rezervy (Faina, 1983). Podle skladby zooplanktonu lze také zjistit výskyt nežádoucích druhů ryb jako je střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) nebo karas stříbřitý (*Carassius gibelio*). Ty jsou na rozdíl od kapra schopny využít i menší druhy zooplanktonu. Absence, popř. malá kvantita těchto menších druhů (*Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*) v druhé polovině vegetace, kdy by právě tyto druhy měly mít v důsledku vyžíracího tlaku kapra v zooplanktonním společenstvu dominantní roli, je tak pro chovatele ryb signálem o výskytu nežádoucích druhů ryb (Faina, osobní sdělení).

**Kvantitativní posouzení** umožňuje odběr přesného objemu vody z předem určené hloubky. K tomuto vyhodnocení se používají různé typy sběračů (Friedingerův sběrač, Patalasův sběrač, Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda). Po odběru se planktonní organismy počítají v různých typech počítacích komůrek, k vyhodnocení fytoplanktonu se zpravidla používá Cyrusova komůrka, pro vyhodnocení zooplanktonu pak různé velké Sedgwick – Rafterovy komůrky (Hartman a kol., 2005; Schlott a kol., 2011). Poměrně nový způsob kvantitativního vyhodnocení zooplanktonu pocházející z Rakouska je založen na měření objemu zooplanktonu po jeho sedimentaci a následném posouzení potřeby příkrmování (Schlott a kol., 2011).

Podle zdrojů přirozené potravy se k příkrmování obilovinami přistupuje zpravidla již v květnu (Hartman a Regenda, 2014). Janeček a Příkryl (1982) navrhli jednoduchý způsob kontroly přítomnosti perlooček větších než 2 mm a dle frekvence jejich výskytu sestavili tabulku příkrmování. Při jejich masovém výskytu doporučují krmení úplně zastavit. Rozdělení celkové spotřeby krmiv v % celkové plánované spotřeby pro kapra, na jednotlivé měsíce v roce podle různých autorů zobrazuje tabulka č. 1.

V měsících květnu a červnu „předbíhá“ přírůstek kapra spotřebu krmiva. Je to způsobeno dostatkem přirozené potravy a příznivými kyslíkovými poměry. Naopak vlivem zhoršených kyslíkových poměrů, krátkému se dennímu svitu a sníženou nabídkou

přirozené potraviny (vyšší vyžírání tlak obsádky ryb) dochází od poloviny července a v srpnu k opožďování přírůstu (Hartman a Regenda, 2014; Šindler, 2015).

**Tabulka č. 1:** Doporučené rozdělení spotřeby krmiv do měsíců v roce podle různých autorů.

|          | (Pokorný a kol., 2004) |         |            | (Shäperclaus a Lukowicz, 1998) |            | (ON 46 6864, 1965) |
|----------|------------------------|---------|------------|--------------------------------|------------|--------------------|
|          | plůdek                 | násada  | tržní ryba | násada                         | tržní ryba | bez rozlišení      |
| Duben    | -                      | 5 (K)   | 5 (K)      | 4 (K)                          | -          | -                  |
| Květen   | -                      | 5 - 10  | 5 - 10     | 6                              | 5          | 4                  |
| Červen   | 5                      | 10 - 15 | 15 - 20    | 15                             | 20 - 25    | 13                 |
| červenec | 30 - 35                | 20 - 25 | 25 - 30    | 30                             | 40 - 45    | 26                 |
| Srpen    | 35 - 40                | 30 - 35 | 30 - 35    | 25                             | 20 + V     | 3                  |
| Září     | 10 - 15                | 10 - 15 | 5 - 10     | 15 + K                         | 10 + V     | 20                 |
| Říjen    | 5                      | 5       | -          | 5 + K                          | -          | -                  |

**Poznámka:** K – kondiční krmiva, V – vyrovnávací příkrmování pro lepší prodejnost

Intenzita příkrmování se upřesňuje podle skutečné spotřeby krmiva, na základě pravidelné kontroly krmných míst. Pokud jsou zjištěny zbytky, krmení se zastavuje. Intenzita se dále upravuje podle aktuální teploty vody, koncentrace obsahu kyslíku a průběhu růstu obsádky. Při poklesu teploty pod 10 °C nebo poklesu obsahu kyslíku pod 3 mg·l<sup>-1</sup> se krmení zcela zastavuje (Janeček a Přikryl, 1982). Krmiva je vhodné aplikovat na více místech rybníční plochy, popř. krmná místa střídát, neboť část jedinců rybí obsádky se zdržuje pouze na krmných místech a nevyužívá přirozenou potravu, což se negativně projeví v obsahu tuku (Adámek a kol., 2017).

### 2.2.3 Fosfor jako klíčová živina ve vodním prostředí

V minulosti byl fosfor považován za limitující prvek pro úroveň primární produkce (Hartman a Regenda, 2014). V současné době se stává klíčovou živinou, neboť jeho nadbytek způsobuje eutrofizaci, která má za následek masový rozvoj sinicových vodních květů (Duras a Potužák, 2013). Ze strany vodohospodářů a ochránců přírody, kteří se zabývají vlivem fosforu na povodí, jsou rybáři obviňováni z přísunu živin (fosfor a dusík) do vodního ekosystému. Negativně je hodnoceno především příkrmování, neboť je známo, že část živin z krmiv je nevstřebatelná a odchází do rybníčního prostředí (Hartman, 2012b; Rahman a kol., 2008). K diskuzím o negativním působení rybářského hospodaření na povodí pod rybníkem docházelo v Německu již v závěru 90. let. Aby se minimalizovali negativní projevy hypertrofie a odtok fosforu z rybníků, je důležité uplatňovat vyrovnanou



bilanci vnosu fosforu (přikrmováním a hnojením) vůči výnosu fosforu získaného přírůstkem ryb (Knösche a kol., 1998). Tento tlak na minimalizaci environmentální zátěže z rybářského hospodaření vyvolal potřebu najít nové způsoby a nástroje, jak maximalizovat využití živin (především fosforu) a snížit tak eutrofní zatížení rybníčních vod při současném zachování rentabilní produkce ryb (Hlaváč a kol., 2015). Produkci metabolitů vzniklých při chovu ryb je možné výrazně snížit nastavením správné krmné technologie, používáním lépe stravitelného krmiva a dodržováním bilance živin (Hlaváč a kol., 2012). V současné době se v chovech ryb začínají uplatňovat nové technologie úpravy obilovin (máčení, mačkání, granulace, tepelná úprava). Díky tomu dochází přikrmováním upravenými obilovinami k účinnější retenci živin do biomasy přírůstku ryb a snížení spotřeby krmiv (Hlaváč a kol., 2014; Másílko, 2014; Másílko a kol., 2009).

Nejvýznamnějším zdrojem fosforu pro rybníky jsou však komunální odpadní vody z čistíren odpadních vod (ČOV), volná vyústění kanalizací a odlehčovače, které během deště převádějí vodu z kanalizace přímo do rybníka nebo potoka (Marcel a Duras, 2013). Dalším faktorem přispívajícím k vysokým koncentracím nutrientů v sedimentech rybníků je eroze zemědělsky obhospodařované půdy a rovněž častá praxe ČOV – vypouštění část aktivovaného kalu do toků, popř. rybníků. Vzhledem k výše uvedenému je tak vliv rybářského obhospodaření na zvyšování obsahu živin v rybníce výrazně nižší (Kopp, 2015). Na druhou stranu nelze opomenout, že v rámci bilančního monitoringu zaznamenali Potužák a Duras (2016) i několik případů, kde hlavní vliv na negativní fungování rybníku z pohledu záchytu fosforu měla právě nepřiměřená intenzita rybářského hospodaření (nadměrné krmení a hnojení).

Intenzivním sledováním některých rybníků na Třeboňsku se v posledních 10 letech zabývali Pechar a Baxa (2016) a zjistili, že ani úplné upuštění od aplikace jakýchkoli hnojiv do rybníků se zatím neprojevílo na snížení koncentrace celkového fosforu, dusíku a množství fytoplanktonu. To je důsledek staré ekologické zátěže, neboť rybníky mají svoji paměť. Tou je bahno, v němž jsou uloženy obrovské zásoby fosforu, které jsou schopny se zapojovat do koloběhu látek v rybníce po mnoho dalších let (Duras a Potužák, 2016). MZe ČR (2016) uvádí, že množství sedimentů uložených v rybnících ČR je odhadováno na 200 milionů m<sup>3</sup>, což je přibližně třetina odhadované kubatury rybníků v ČR. Nabízí se tedy možnost vrátit sediment (bohatě zásobený živinami) na pole a umožnit tak dusíku a fosforu zapojení se do koloběhu látek v krajině (Potužák a kol., 2015). Dříve bylo bahno považováno za poměrně kvalitní hnojivo a k zúrodňování svých polí ho používali již staří Egypťané a Sumérové. Na počátku 20. století bylo u nás součástí deputátu pracovníků

v rybnářství. S tím, jak bylo do oběhu postupně zavedeno široké spektrum cizorodých látek a začaly být více používána průmyslová hnojiva, zájem o tuto surovinu značně opadl. V současné době je rybníční sediment považován spíše za odpad (Potužák a Duras, 2016). Důvodem je především možná přítomnost těžkých kovů (Cd, Pb, Hg apod.), organických polutantů (PAU, PCB), pesticidů a dalších látek, které mohou být toxické již při velmi nízkých koncentracích. Do budoucna je však nutné se touto problematikou začít více zabývat, jinak bude stále nedostatečnější fosfor unikat ze zemědělsky obhospodařované krajiny pryč a rybníky budou naopak plné na fosfor bohatého sedimentu, který však v této formě bude považovaný za odpad (Potužák a Duras, 2016; Potužák a kol., 2015).

## **2.3 Kvalita vody v rybnících**

Následující kapitola bude zahrnovat z hlediska chovu ryb významné fyzikálně – chemické a anorganické parametry kvality vody, které byly v rámci této práce monitorovány.

### **2.3.1 Teplota vody**

Teplota vody je jedním z nejdůležitějších parametrů, který ovlivňuje nejen fyzikální a chemické vlastnosti vody, ale také intenzitu metabolismu vodních organismů. Vliv teploty vody je proto třeba posuzovat ve dvou rovinách (Alabaster a Lloyd, 1980; Adámek a kol., 2013). První rovinou je ovlivnění formy výskytu některých látek ve vodě a tím i jejich biodostupnosti (typickým příkladem je amoniak, viz kapitola 2.3.4). Za druhou rovinu lze považovat ovlivnění metabolismu ryb z hlediska intenzity a frekvence žaberní ventilace, průtoku vody přes žábry a resorpci látek. Dále pak ovlivnění intenzity detoxikačních procesů s následnou exkrecí látek nebo jejich metabolitů (Velíšek a kol., 2014). Ryby jsou „studenokrevní“ živočichové, což znamená, že jejich teplota je prakticky shodná s aktuální teplotou vody nebo se liší o 0,5 – 1,0 °C (Adámek a kol., 2012; Kopp a kol., 2015). Optimální teplota vody z pohledu růstu obsádky je pro kaprovité ryby 18 až 28 °C, pro lososovité ryby 8 až 18 °C (Svobodová a kol., 1987).

### **2.3.2 Oxidačně – redukční potenciál**

Některé prvky se ve vodním prostředí mohou vyskytovat ve více oxidačních stupních. O existenci konkrétních forem nerozhoduje jen hodnota pH, ale především oxidačně – redukční potenciál (dále jen ORP) prostředí v kapalně a tuhé fázi (Pitter, 2015). Pomocí ORP tak lze vypočítat poměrné zastoupení jednotlivých oxidačních stupňů daného prvku

ve vodě nebo naopak na základě chemického složení vody odhadnout jeho hodnotu (Vachta a kol., 2015). Dominantním oxidačním činidlem v přírodních vodách je kyslík a hodnota ORP bývá obvykle dána jeho koncentrací ve vodním prostředí. Pokud je kyslíku nedostatek pak je hodnota ORP zpravidla určována dalšími oxidačně – redukčními systémy (např.  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{Fe}^{\text{III}}$ ,  $\text{Mn}^{\text{II}} - \text{Mn}^{\text{III,IV}}$ ,  $\text{S}^{\text{-II}} - \text{S}^{\text{VI}}$ ,  $\text{CH}_4 - \text{CO}_2$ ). Hodnota ORP ve vodách se obvykle pohybuje od -500 mV do +500mV. Pozitivní hodnoty odpovídají aerobním (kyslíkatým, oxickým) podmínkám, negativní hodnoty anaerobním (bezokyslíkatým) podmínkám. Hodnoty od +150 mV do +250 mV pak značí tzv. anoxické podmínky (Pitter, 2015). Pokud je v rybnících zjištěn záporný ORP potenciál, jedná se zpravidla o spodní vrstvy vodního sloupce, kde jsou současně naměřeny nulové koncentrace rozpuštěného kyslíku. Voda u dna takového rybníka je až inkoustově černá (Faina, osobní sdělení). Za těchto podmínek (anaerobní) probíhá rozklad organické hmoty v procesu zvaném desulfurikace (redukce síranů). Jako oxidační činidlo zde působí sírany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), které jsou redukovány za vzniku sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Ten dále reaguje s hydroxidy a fosforečnany trojmocného železa ( $\text{FeO}(\text{OH})$  a  $\text{FePO}_4$ ). Výsledným produktem reakce je vznik sulfidu železnatého ( $\text{FeS}$ ). Současně s tím dojde i k uvolnění fosforečnanů ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Ty se při cirkulaci vody dostávají do vodního sloupce a mohou být využity pro tvorbu rostlinné biomasy (Adámek a kol., 2010). Zjištění negativních hodnot ORP tedy zvyšuje rizikost chovu ryb především z důvodu zvyšování trofie a možného rozvoje sinic. Řešením se pak stává odbahňování, zimování, letnění, popř. provzdušňování hypolimnia (Faina, osobní sdělení).

### 2.3.3 Reakce vody (pH)

Molekula vody se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku (Pitter, 2015). Část molekul je disociována na ionty  $\text{H}^+$  (vodíkové) a část na  $\text{OH}^-$  (hydroxylové). Nadbytek vodíkových  $\text{H}^+$  iontů způsobuje kyselost vodního roztoku, nadbytek hydroxylových  $\text{OH}^-$  iontů naopak zásaditost (Kopp, 2015). Pokud je množství  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$  iontů stejné, má voda tzv. neutrální pH – 7 (Sukop, 2006). Díky rovnováze mezi volným  $\text{CO}_2$  a vázaným  $\text{CO}_2$  (uhličitanová rovnováha) dosahují přírodní vody hodnot pH v rozmezí 4,5 – 8,3 (Pitter, 2015).

Hodnota pH ovlivňuje fyzikálně – chemický režim vody a rozpustnost celé řady látek, má tedy značný význam ve fyziologických procesech vodních organismů (Kopp a kol., 2015). Pro ryby je optimální hodnota pH v rozmezí 6,5 – 8,5 (Svobodová a kol., 2007). K poškození a úhynu dochází u lososovitých ryb při pH nad 9,2 a pod 4,8, u kaprovitých

pak při hodnotách pH nad 10,8 a pod 5,0. K nízkým hodnotám pH je velmi odolný siven americký (*Salvelinus fontinalis*), který je schopen snášet hodnoty 4,5 – 5 (Svobodová a kol., 1987). Nízké hodnoty pH jsou v přírodě typické při jarním tání sněhu a ledu. Někdy bývají problematické rovněž padající srážky zachytávající kyselé reagující sloučeniny ze vzduchu („kyselé deště“). Kyselé vody s nízkým pH se také nacházejí v oblastech s kyselým geologickým podkladem (rašeliniště, smrkové monokultury) (Adámek a kol., 2012). V rybničním prostředí je nízké pH způsobeno intenzivním dýcháním a rozkladem organické hmoty. V těchto dvou případech dochází ke snižování pH v důsledku tvorby oxidu uhličitého, který s vodou reaguje za vzniku kyseliny uhličitě (Adámek a kol., 2013). Pokud vyloučíme znečištění zásadami, bývá vysoké pH v rybničním prostředí způsobeno především intenzivní fotosyntézou, při které se spotřebovává oxid uhličitý (Adámek a kol., 2010; Hartman a kol., 2005). Volný CO<sub>2</sub> není schopen pokrýt potřebné množství uhlíku pro fotosyntézu. Po jeho odčerpání dochází k odbourávání hydrogenuhličitanů (pH 10) a poté i uhličitanů (pH 11) (Heteša a Sukop, 1985; Kopp, 2015) Při takto mimořádně vysokých hodnotách pH dochází k poškození tkání ryb, především žaber. Může docházet až k výskytu krvácenin na spodině tělní a na žábrách (Svobodová a kol., 1987). Pokud je však ve vodě dostatek kyslíku (svrchní vrstva v silně eutrofních rybnících) mohou ryby dlouhodobě snášet i hodnoty pH nad 10. Při vysokých koncentracích rozpuštěného kyslíku ve vodě totiž dochází při povrchu žaber díky dýchání ke zvýšení koncentrace volného CO<sub>2</sub>, což ve výsledku zapříčiní lokálně nižší hodnoty pH v tomto prostoru (Svobodová a kol., 2008). Z toxikologického hlediska je hodnota pH významná také proto, že ovlivňuje formu výskytu a tím také toxicitu celé řady látek (např. amoniakální dusík, sulfan, kyanidy, toxické kovy, aj.) (Kopp a kol., 2015; Svobodová a kol., 1987; Svobodová a kol., 2008).

### **2.3.4 Dusík ve vodním prostředí a jeho formy**

Spolu s fosforem patří dusík mezi jedny z nejdůležitějších makrobiogenních prvků. Účastní se všech biologických procesů, které probíhají v povrchových, podzemních a odpadních vodách. Dusík se ve vodním prostředí vyskytuje v iontové i neiontové formě a v různých oxidačních stupních (Pitter, 2015). Z hlediska chovu ryb jsou významné především iontové formy minerálního dusíku, a to dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), dusitany (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) a amoniakální dusík (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Hartman a Regenda, 2014). Ve vodním prostředí jsou sloučeniny dusíku málo stabilní a v závislosti na ORP a pH podléhají biochemickým přeměnám (Pitter, 2015).

## Dusičnany

Dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) vznikají především sekundárně nitrifikací amoniakálního dusíku. Zdrojem dusičnanů mohou být také splachy ze zemědělsky obdělávané půdy a odtoky z čistíren odpadních vod (Kopp, 2015). Samy o sobě jsou dusičnany pro ryby málo škodlivé (Vachta a kol., 2015). Pokorný a kol. (2004) uvádí, že se pro vodní živočichy stávají nebezpečnými, když jsou v anaerobních podmínkách redukovány na dusitany ( $\text{NO}_2^-$ ). Stejně jako amoniak mohou být dusičnany z vody odčerpány vodními rostlinami a řasami, které je redukují na dusitany a ty následně využívají při růstu jako zdroj dusíku (Camargo a kol., 2005). Obsah dusičnanů v povrchových vodách patří mezi ukazatele, které se používají ke klasifikaci vod do tříd čistoty, neboť souvisí se stupněm eutrofizace. Zároveň je obsah dusičnanů sledován i ve vypouštěných odpadních vodách (Kopp, 2015). V rybnících s chovem kapra je obsah dusičnanů ve vodě velmi nízký, v průběhu vegetační sezóny se pohybuje do  $1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$  (Pokorný a kol., 2004). Nejvyšší přípustná koncentrace pro kaprovité ryby je  $80 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  a pro pstruha duhového  $20 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Schreckenbach, 1982; Vachta a kol., 2015).

## Dusitany

Dusitany ( $\text{NO}_2^-$ ) ve vodním prostředí vznikají jako meziprodukt biochemické oxidace amoniakálního dusíku (nitrifikace) nebo biochemické redukce dusičnanů (denitrifikace) (Jensen, 2003). Dusitany jsou poměrně nestálé a vzhledem k tomu se ve vodách obvykle vyskytují jen ve velmi nízkých koncentracích (setiny až desetiny  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), koncentrace vyšší než  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  lze nalézt ve splaškových odpadních vodách a koncentrace až stovek  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  se vyskytují v odpadních vodách ze strojírenských závodů, kde se používají při povrchové úpravě kovů (Valentová a kol., 2009). Hartman a Regenda (2014) uvádí, že s vysokými koncentracemi  $\text{N-NO}_2^-$  (až v jednotkách  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) se můžeme setkat v recirkulačních systémech, především v době, kdy ještě nejsou dostatečně zapracované biologické filtry. Toxicita dusitanů pro ryby je závislá na mnoha vnitřních a vnějších faktorech (druh a věk ryby, kvalita vody atd.). Letální koncentrace se pohybuje v rozmezí  $0,3 - 300 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ NO}_2^-$  (Svobodová a kol., 2008). Velmi odolný k dusitanům je okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*), nejcitlivější jsou naopak lososovité druhy ryb (Palachek a Tomasso, 1984). Do organismu ryb se dusitany dostávají přes chloridové buňky žaber. V krvi pak oxidují  $\text{Fe}^{2+}$  v hemoglobinu na  $\text{Fe}^{3+}$ . To způsobí konverzi hemoglobinu na methemoglobin a tím dojde ke snížení transportní kapacity krve pro kyslík, neboť methemoglobin není schopen kyslík

vázat (Svobodová a kol., 2008). Zvýšená koncentrace methemoglobinu se projevuje hnědým zbarvením krve a žaber (Kopp a kol., 2015). Před příjmem dusitanů a jejich toxickými účinky je možné ryby chránit zvýšením koncentrace chloridů ve vodě. Chloridy se naváží chloridové buňky a díky tomu je vstřebávání dusitanů do těla ryb sníženo (Kopp, 2015; Svobodová a kol., 2008). V případě chovu lososovitých ryb by měl být hmotnostní poměr  $\text{Cl}^-$  a  $\text{N-NO}_2$  (chloridové číslo) nad hodnotou 20, v chovu kaprovitých ryb pak nad hodnotou 10 (Kopp, 2015).

### **Amoniakální dusík**

Amoniakální dusík ( $\text{NH}_4^+$  /  $\text{NH}_3$ ) vzniká jako primární produkt při rozkladu organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu (Pitter, 2015). Proto je ve vysokých koncentracích přítomný ve splaškových odpadních vodách a v odpadních vodách ze zemědělství (Tölgyessy a kol., 1989). Kromě toho je také hlavním metabolickým produktem ryb, zooplanktonu a dalších vodních organismů (Valentová a kol., 2009). Ryby vylučují amoniak pomocí žaberního aparátu (Brune a Drapcho, 1991). Ve vodě se vyskytuje amoniakální dusík ve dvou formách, a to jako  $\text{NH}_4^+$  (disociovaná forma) a  $\text{NH}_3$  (nedisociovaná „volná“ forma) (Valentová a kol., 2009). Nedisociovaná „volná“ forma ( $\text{NH}_3$ ) je pro vodní organismy silně toxická (Cutrofello a Durant, 2007). Poměr jednotlivých forem ve vodě je závislý na pH a teplotě vody (Svobodová a kol., 2008). Na základě znalosti koncentrace celkového amoniaku, hodnoty pH a teploty vody lze tedy vypočítat koncentraci volného amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) ve vodě (Velíšek a kol., 2014). Alabaster a Lloyd (1980) uvádí, že hodnota pH větší než 8 je spojena se zvýšením nedisociovaného amoniaku na úkor jeho disociované frakce. Pokud je hodnota pH neutrální veškerý žábami vyloučený amoniak se změní na  $\text{NH}_4^+$  (Wilkie, 2002). U eutrofních až hypertrofních rybníků s velkým množstvím organické hmoty dochází ke zvyšování koncentrace amoniaku v důsledku jejího rozkladu. Nejnebezpečnější je situace při rozkladu vysoké biomasy vodního květu sinic, kdy mohou koncentrace amoniaku dosáhnout i  $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Valentová a kol., 2009). Koncentrace větší jak  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  se v přírodních vodách zpravidla nevyskytují, avšak mohou přicházet v úvahu např. ve stabilizačních nádržích pro dočištění odpadních vod (Arauzo, 2003).

Amoniak je z těla ryb vylučován na základě koncentračního spádu, pokud však koncentrace amoniaku v okolní vodě stoupá, může být jeho uvolňování z těla ryb zablokováno, dojde k porušení rovnováhy mezi produkcí a exkrecí amoniaku žábami. To může postupně vést až k tzv. autointoxikace amoniakem. Ryby následně hynou v důsledku

otravy jejich vlastním metabolitem (Kopp a kol., 2015; Svobodová a kol., 2008). Rovnováha mezi produkcí a exkrecí amoniaku může být také narušena náhlým poklesem teploty. S tím se lze poměrně často setkat při letních odlovech, kdy jsou ryby z teplejší vody (rybník) přesazeny do chladnější vody (sádky). Tím dojde ke zpomalení intenzity metabolismu, včetně vylučování amoniaku přes žábry (Svobodová a kol., 2008). V testu akutní toxicity byla zjištěna hodnota  $48\text{hLC}_{50}$  u kaprovitých ryb  $1 - 1,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$ , u lososovitých ryb  $0,5 - 0,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ NH}_3$  (Svobodová a kol., 1987; Svobodová a kol., 2008). Nejvyšší přípustná koncentrace volného amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) je pro kaprovité ryby  $0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a pro lososovité ryby  $0,0125 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Svobodová a kol., 2008).

### 2.3.5 Obsah kyslíku ve vodě

Obsah rozpuštěného kyslíku ovlivňuje většinu biochemických pochodů ve vodním prostředí, bývá proto limitujícím faktorem pro život různých organismů (Spurný a kol., 2015). Kyslík je nezbytný pro dýchání vodních organismů, řas i rozkladné procesy (Bosma a Verdegam, 2011). S rostoucí teplotou klesá obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (Hartman a Regenda, 2014). Kromě teploty je obsah rozpuštěného kyslíku ovlivněn také atmosférickým tlakem, nadmořskou výškou a vývojem počasí. S klesajícím tlakem obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě klesá (Hartman a kol., 2005). Na obsah kyslíku ve vodě jsou velmi náročné lososovité ryby a někteří hydrobionti, jako např. larvy chrostíků, blešivců apod. ( $7 - 8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Naopak méně náročné jsou kaprovité ryby a hydrobionti jako např. nitěnky a patentky ( $4 - 5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (Adámek a kol., 2013).

V letním období, na silně eutrofních rybnících, kulminuje obsah rozpuštěného kyslíku v odpoledních až podvečerních hodinách, v důsledku fotosyntetické činnosti zelených rostlin (Hartman a kol., 2005). Vlivem fotosyntetické asimilace zároveň klesá obsah  $\text{CO}_2$  u hladiny (zvyšuje se pH), u dna rybníka dochází k vzrůstu koncentrace iontů fosforu, železa a amoniakálního dusíku (Kopp, 2015). Ke snížení koncentrace kyslíku (deficitu) naopak dochází na těchto rybnících v časných ranních hodinách a to v důsledku respirace zelených vodních organismů a bakteriálního rozkladu organických látek (Svobodová a kol., 2008). Na konci srpna a v září se kvůli zkrácení světelné periody snižuje intenzita fotosyntézy, což spolu s intenzivní respirací zooplanktonu a vysokými teplotami představuje pro chovatele ryb nejkritičtější období v roce (Pechar a kol., 2002). Toto období je také charakteristické vysokou biomasou fytoplanktonu, která způsobí zhoršení světelných podmínek pod vodou, tzv. „samozastínění“ hustým fytoplanktonem (Pechar, 2015). Zároveň dochází i ke vznosu nerozpuštěných látek – sedimentu, který ryby soustavně

uvolňují při hledání zoobentosu (Regenda, osobní sdělení). Průhlednost vody je pak velmi nízká a zpravidla nepřesáhne 30 cm (Pechar, 2015). V noci mohou koncentrace kyslíku klesnout až na hodnoty kritické pro přežití rybí obsádky (Pechar a kol., 2002). I když deficity kyslíku nemusí nutně vyvolat úhyn ryb, mohou způsobit např. zhoršený příjem potravy, zhoršenou konverzi krmiva nebo zvýšit citlivost k bakteriálním a plísňovým onemocněním (Faina a kol., 2011). Kyslíkové deficity lze do jisté míry řešit preventivním nasazením aerační techniky, která vodu rozpožhybuje a saturuje tak kyslík do vodního prostředí přímo ze vzduchu (Hartman a Regenda, 2014; Siegel, 1987). Za podmínek dobře fungující fotosyntézy sinic a řas ve většině vodního sloupce však není použití aerátorů opodstatitelné. Fytoplankton se z horní (eufotické) vrstvy, kde díky intenzivní fotosyntéze produkoval kyslík, dostane ke dnu, kde je světla nedostatek a fotosyntéza je tak redukována. K hladině se naopak dostanou primární producenti z hlubších částí rybníka, kde byla jejich fotosyntetická činnost výrazně inhibována. A až po určité době adaptaci na změnu světelných podmínek jsou schopni fotosyntetické činnosti (Kopp a kol., 2013). Pokorný (2014) k této problematice dále uvádí, že aerační techniku je vhodné nasadit spíše na hlubší typy nádrží, kde nedojde k výraznému zviření sedimentu a bakteriální vrstvy ode dna nádrže.

Na rybnících s vyšší hustotou rybí obsádky v době příkrmování a při vyšších teplotách vody lze zjistit kyslíkový deficit, vyvolaný nedostatkem disponibilního fosforu, jehož absence dočasně snižuje fotosyntetickou aktivitu fytoplanktonu. Tento stav lze řešit aplikacemi nízkých dávek superfosfátu v rozpuštěné formě v dopoledních hodinách. Dávka superfosfátu na 1 ha rybníční plochy při průměrné hloubce 1 m je 2 kg (Faina a kol., 2011).

Deficity kyslíku mohou na silně eutrofizovaných rybnících nastat také vlivem rozpadu makrovegetace, řas a sinic – v důsledku náhlého rozkladu organické hmoty. Při jejím rozkladu se spotřebovává prakticky veškerý kyslík a vznikají toxické látky ( $\text{NH}_3$  a  $\text{H}_2\text{S}$ ) (Velíšek a kol., 2014). Na intenzivně obhospodařovaných rybnících s pravidelným příkrmováním je důležité měřit obsah rozpuštěného kyslíku nejen u hladiny, ale i ve větších hloubkách a u dna. Na základě sledování kyslíkového režimu rybníka lze zvolit vhodnou krmnou strategii, která maximalizuje využití předkládaného krmiva a sníží riziko ohrožení rybí obsádky potenciálními kyslíkovými deficity na únosnou mez (Kopp a kol., 2012). K vyrovnání obsahu kyslíku mezi jednotlivými vrstvami vodního sloupce dochází zpravidla v září, kdy dojde k poklesu teploty (Chmelický, 2014).



### 2.3.6 Organické látky ve vodě, chemická a biochemická spotřeba kyslíku

Organické látky lze najít ve všech typech vod, jsou buď přírodního, nebo antropogenního původu. Organické znečištění přírodního původu pochází nejčastěji z výluhů půdy a sedimentů a činnosti organismů a bakterií (produkty látkové výměny, rozklad odumřelých těl). Zdrojem organického znečištění antropogenního původu jsou splaškové a průmyslové odpadní vody, činnosti v zemědělství, úpravní vody a další (Adámek a kol., 2013; Kopp, 2015). Vyjádření přítomnosti organických látek a míry oživení v povrchových vodách vyjadřují hodnoty CHSK (chemická spotřeba kyslíku) nebo BSK (biochemická spotřeba kyslíku) (Hartman a Regenda, 2014). Stanovení CHSK je založeno na posouzení množství oxidačního činidla, které se spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě za určitých podmínek (Pitter, 2015). Jako oxidační činidlo se používá manganistan draselný ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ) nebo dichroman draselný ( $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ ) (Hartman a Regenda, 2014). V současné době se používá především metoda  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ , metoda  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  se používá jen výjimečně při analýze pitných, podzemních a užitkových vod. Stanovení  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  totiž výrazně podhodnocuje skutečnou míru organického znečištění a zásadně by se tato metoda neměla používat při analýzách odpadních vod (Pitter, 2015).

Biochemická spotřeba kyslíku vyjadřuje množství kyslíku, který spotřebují mikroorganismy, za stanovených podmínek v aerobním prostředí, na rozklad organické hmoty (Kopp, 2015). Inkubace trvá 5 dnů ( $\text{BSK}_5$ ) nebo 7 dnů ( $\text{BSK}_7$ ) a probíhá při teplotě 20 °C. Inkubace musí probíhat bez přístupu světla, aby nedocházelo k produkci kyslíku přítomnými fotosyntetizujícími řasami. Pomocí kyslíkové elektrody se měří úbytek kyslíku ve vzorku vody na počátku a na konci inkubace (Pitter, 2015). Hodnota  $\text{BSK}_5$  dosahuje přibližně poloviční hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  (Faina, osobní sdělení).

### 2.3.7 Neutralizační kapacita vody

Při stanovení neutralizační kapacity vody stanovujeme množství silné jednosytné kyseliny nebo zásady v  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , které spotřebuje jeden litr vody k tomu, aby dosáhl určité hodnoty pH (Pitter, 2015). Neutralizační kapacita vody určuje stálost hodnoty pH. V případě, že má voda dostatečnou neutralizační kapacitu, nedochází v průběhu dne a noci k výraznému růstu nebo poklesu pH vlivem změny obsahu oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), popř. přítokem kyselých nebo zásaditých odpadních vod (Adámek a kol., 2013; Kopp, 2015).

Kyselinová neutralizační kapacita – KNK (alkalita) je schopnost vody vyrovnat se s přítokem kyselých vod, aniž by došlo k výraznému poklesu pH. Při jejím stanovení

(titraci odebraného vzorku vody do pH 4,5) se jako silná kyselina používá 0,1 M HCl (Valentová a kol., 2009). Pokud pH nepřekročí hodnotu 8,3, používá se jako indikátor metyloranž nebo „Tashir“. V období plné vegetace, kdy se běžně stává, že je tato hodnota vlivem intenzivní fotosyntézy překročena, se jako indikátor používá fenolftalein (Hartman, osobní sdělení). Optimální hodnota  $KNK_{4,5}$  z hlediska chovu ryb je  $2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  (Dubský, 2015). Pokud je hodnota  $KNK_{4,5}$  nižší než  $2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  je vhodné ji zvýšit aplikací vápence nebo páleného vápna (Janeček, 1976).  $KNK_{4,5}$  je snižována fotosyntetickou asimilací, naopak nejvyšší hodnoty jsou zjišťovány v zimním období pod ledem v důsledku hromadění  $\text{CO}_2$  (Faina, osobní sdělení).

Zásadová neutralizační kapacita – ZNK (acidita) se stanovuje titrací zásadou do pH 8,3 (Hartman a Regenda, 2014). V rybníkářské praxi patří společně se stanovením alkality k rozhodujícím analýzám kvality vody z hlediska chovu ryb (Hartman a kol., 2005). Na základě stanovení  $ZNK_{8,3}$  lze odhadnout koncentraci  $\text{CO}_2$ . Při jejím stanovení se jako indikátor používá fenolftalein. Pokud se po jeho přidání vzorek vody zbarví do růžova, značí to, že veškerý volný oxid uhličitý je vyčerpán fotoasimilací. V tomto případě se přistupuje k titraci 0,1 M HCl do odbarvení, to je při pH 8,2 – 8,4. Spotřeba = zjevná alkalita, rybářsky záporná acidita. Zpravidla to signalizuje zvýšené pH, nebezpečí žaberních nekróz, intoxikaci volným amoniakem apod. V případě, že se po přidání fenolftaleinu barva vody nezmění, přistupuje se k titraci 0,1 M NaOH až do růžového zbarvení na pH 8,2 – 8,4. Stanovuje se celková acidita. Z toho vyplývá, že voda má k dispozici  $\text{CO}_2$  a pH je relativně ve stabilizované úrovni pro přežití ryb (Hartman, osobní sdělení).

S neutralizační kapacitou vody úzce souvisí obsah  $\text{CO}_2$  ve vodním prostředí. Ten vzniká při dýchání vodních živočichů a rozkladných procesech, zároveň je spotřebováván při fotosyntéze (Dubský, 2015). Součet koncentrací volně hydratovaného  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{CO}_3$  nazýváme volný oxid uhličitý (ve vodním prostředí rozpuštěný  $\text{CO}_2$ ). Ionty  $\text{HCO}_3^-$  (hydrogenuhlíčitany) a  $\text{CO}_3^{2-}$  (uhlíčitany) pak představují tzv. iontové formy oxidu uhličitého (Spurný a kol., 2015). Na distribuci jednotlivých forem má vliv především hodnota pH. Oxid uhličitý a jeho iontové formy tvoří ve vodním prostředí tzv. uhlíčitanový komplex (Velíšek a kol., 2014). V rybnících určených pro chov ryb by měl být hmotnostní poměr uhlíku v  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (volného) a vázaného v  $\text{HCO}_3^-$  1 : 5. To zajistí stabilní reakci pH v rozmezí hodnot 6,7 – 8,3 (Hartman a Regenda, 2014).

### 2.3.8 Přípustné znečištění povrchových vod podle vládního nařízení č. 401/2015 Sb.

Přípustné hodnoty znečištění povrchových vod jsou v současné době dány nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Obecně lze říci, že v čase dochází ke zpřísnování těchto hodnot s každým novým nařízením, které se této problematice týká. Trend zpřísnování přípustných hodnot znečištění povrchových vod je zobrazen v tabulce č. 2.

**Tabulka č. 2:** Srovnání vybraných imisních standardů přípustného znečištění povrchových vod.

| Parametr   | Nařízení vlády |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|
|  | č.82/1999 Sb.  | č.229/2007 Sb. | č.401/2015 Sb. |
| Obsah kyslíku [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                  | min. 5         | min. 6         | min. 9         |
| pH   | 6 - 9          | 6 - 8          | 5 - 9          |
| BSK <sub>5</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]               | 8              | 6              | 3,8            |
| Celkový dusík [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                  | -              | 8              | 6              |
| CHSK <sub>Cr</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]             | 50             | 35             | 26             |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ] | 2,5            | 0,5            | 0,23           |
| Celkový fosfor [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                 | 0,4            | 0,2            | 0,15           |
| Dusitanový dusík [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]               | 0,05           | 0,14           | -              |
| Dusičnanový dusík [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]              | 11             | 7              | 5,4            |

Shrnutím a vyhodnocením anorganických parametrů kvality vody na rybářsky obhospodařovaných rybnících se zabýval Krejčí (2015). Ten zjistil, že problematické se jeví především dodržování parametrů jako je BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> a celkový fosfor (TP). A to i přesto, že vycházel z nařízení č. 229/2007 Sb., kde byly přípustné hodnoty mírnější, než v nařízení, které platí v současné době. Hodnocením kvality vody v rybnících nádrží na Třeboňsku se zabýval rovněž pilotní projekt OP Rybářství 2007 – 2013 (Balík, 2012). V rámci tohoto projektu bylo monitorováno celkem 44 rybníků. Bylo zjištěno, že v 86 % případů docházelo k překračování imisního standardu NV č. 229/2007 Sb. pro celkový fosfor. Průměrná hodnota TP na těchto rybnících byla 0,25  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Naproti tomu limit pro celkový dusík (TN) se ve většině případů splnit podařilo, podobně jako v případě N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, kdy pravděpodobnost překročení limitu pro tento parametr byla menší než 10 %. Na části rybníků monitorovaných v rámci tohoto projektu bylo o čtyři roky později měření zopakováno (Pokorný, 2014). Výsledky byly v obou případech velmi podobné (Balík, 2012; Pokorný, 2014).

## 2.4 Čistírny odpadních vod a stabilizační nádrže

Kvalita povrchových vod je ovlivněna především bodovými zdroji znečištění. Ty představují města a obce, průmyslové závody, popř. objekty zemědělské výroby (Vítěz a Groda, 2008). V letech 1993 – 2010 u nás došlo k výraznému poklesu znečištění z těchto zdrojů. V současné době je na ČOV napojena většina větších sídel ČR. Odvádění a čištění odpadních vod zbývá vyřešit pouze v menších obcích (Kopp a kol., 2015). Vypouštění odpadních vod do vod povrchových povoluje příslušný vodoprávní úřad (obec s rozšířenou působností, referát nebo odbor životního prostředí). Ten zároveň stanoví nejvyšší přípustné hodnoty pro vybrané parametry, jejich množství a znečištění, přičemž se musí řídit ukazateli přípustného znečištění povrchových vod, které jsou uvedeny v Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (Adámek a kol., 2010; NV č. 401/2015 Sb., Vítěz a Groda, 2008). Kopp a kol. (2015) uvádí, že mezi hlavní sledované ukazatele patří hodnota  $CHSK_{Cr}$ , NL (nerozpuštěné látky), amoniakální dusík ( $N-NH_4^+$ ), celkový dusík (TN) a celkový fosfor (TP).

Za odpadní vodu je považována taková voda, která byla použita v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních a dopravních prostředcích a došlo přitom ke změně jejího složení nebo teploty (zákon č. 254/2001 Sb.). Podle původu se odpadní vody dělí do tří hlavních skupin: komunální odpadní vody (splaškové), městské odpadní vody a průmyslové odpadní vody (Svobodová a kol., 2007). Komunální odpadní vody (splaškové) pocházejí z domácností, ubytoven, objektů společného stravování apod. Hartman a kol. (2005) uvádí, že komunální odpadní vody ohrožují přírodní vody především z hygienických a epidemiologických hledisek. Z fyzikálního hlediska obsahují komunální odpadní vody rozpuštěné i nerozpuštěné látky. Nerozpuštěné látky se dále dělí na usaditelné (např. písek, škvára) a neusaditelné (např. plastové lahve, papír, textilie). Největší podíl znečišťujících látek v komunálních odpadních vodách tvoří moč a fekálie (Svobodová a kol., 1992; Pitter, 2015). Během dne, týdne i roku složení a množství komunálních odpadních vod značně kolísá. Maximální hodnoty znečištění jsou ve středoevropské oblasti dosahovány zpravidla v poledních, popř. večerních hodinách (Pitter, 2015). Základní jednotkou, která se používá pro vyjádření znečištění je člověk, tj. znečištění, která v průměru za jeden den vyprodukuje jedna osoba. Používá se termín tzv. ekvivalentní obyvatel (EO) (Herle a Bareš, 1990). Obvyklé složení

splaškových odpadních vod a průměrné znečištění vyprodukované 1 EO zobrazuje tabulka č. 3. Mezi průmyslové odpadní vody patří vody znečištěné a použité při různých výrobních procesech (chemický průmysl, kovovýroba, papírenský průmysl apod.). Jejich složení závisí na jejich původu. Mezi průmyslové odpadní vody patří i odpadní vody ze zemědělské činnosti (Pitter, 2015; Velíšek a kol., 2014). Městské odpadní vody pak představují směs splaškových a průmyslových odpadních vod (Pitter, 2015).

**Tabulka č. 3:** Obvyklé složení splaškových odpadních vod a průměrné hodnoty znečištění vyprodukované 1 EO (upraveno podle různých autorů).

| Ukazatel                      | Složení splaškových odpadních vod |                        |                       | 1 EO                              |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
|                               | Koncentrace (mg·l <sup>-1</sup> ) |                        |                       | Koncentrace (mg·l <sup>-1</sup> ) |
|                               | (Herle a Bareš, 1990)             | (Atlas a Bartha, 1998) | (Vítěz a Groda, 2008) | (ČSN 756402, 1998)                |
| pH                            | 7,2 - 7,8                         | -                      | 7 - 8                 | -                                 |
| BSK <sub>5</sub>              | 100 - 400                         | 300                    | 150 - 400             | 60                                |
| CHSK <sub>Cr</sub>            | 250 - 1000                        | 400                    | 300 - 800             | 120                               |
| TOC                           | -                                 | 200                    | -                     | 11                                |
| dusík (jako N)                | -                                 | 40                     | -                     | -                                 |
| organický N                   | -                                 | 15                     | 10 - 50               | -                                 |
| volný amoniak                 | 20 - 42                           | 25                     | 10 - 50               | -                                 |
| dusitany                      | -                                 | 0                      | desetiny - jednotky   | -                                 |
| dusičnany                     | -                                 | 0                      | desetiny - jednotky   | -                                 |
| fosfor (jako P)               | -                                 | 10                     | jednotky              | 2,5                               |
| organický P                   | -                                 | 3                      | -                     | -                                 |
| anorganický P                 | -                                 | 7                      | -                     | -                                 |
| NL <sub>105</sub> po 1 hodině | 3 - 4,5                           | -                      | -                     | -                                 |
| nerozpuštěné látky            | 500 - 700                         | 700                    | 100 - 500             | 55                                |
| rozpuštěné látky              | 600 - 800                         | 500                    | 500 - 1000            | -                                 |

### Stabilizační nádrže

Do čistírenských procesů odpadních vod je zapojeno více než 50 % rybníků, které se u nás nachází (Pokorný, 2015b). Rybníky jsou totiž velmi účinnými nástroji k eliminaci tzv. koncového znečištění, tj. biogenních prvků. Pokud do rybníka přitéká silné organické znečištění, dochází na odtoku ke zlepšení kvality vody, bez ohledu na intenzitu rybářského obhospodařování (Faina a Kubů, 1989; Pokorný, 2015b; Přikryl a kol., 1983). Podle Potužáka a Durase (2012a) je však schopnost rybníků zadržovat živiny v současné době nedoceněna.

Využívám rybníků jako stabilizačních nádrží k částečnému snížení nebo eliminaci znečištění se zabývali např. Faina, 1987; Faina a Kubů, 1989; Hartman a kol., 2014. Tyto rybníky se vyznačují velmi vysokou přirozenou produkcí ryb. Například Svoboda (1982) uvádí, že v letech 1979 – 1981 bylo na asimilačním rybníce Dvorec u Nepomuku

docilováno celkového přírůstku kapra až kolem  $1300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Brož (1987) uvádí, že na rybníce Hladov, do kterého byly záměrně čerpány odpadní vody ze škrobárny, bylo v roce 1985 docíleno přírůstku  $1219 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . To potvrzuje i Regenda (2015), který uvádí, že v těchto typech nádrží lze v rámci extenzivního chovu (jižní Čechy, bez hnojení a příkrmování) dosáhnout přírůstku kapra na úrovni cca.  $1000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Chov ryb v těchto typech nádrží má však svá rizika a rozhodujícím obdobím pro přežití je jaro, popř. začátek léta. V této době zpravidla dochází masovému rozvoji fytoplanktonu, zvyšování hodnoty pH a koncentrace volného amoniaku a výrazné stratifikaci ve vodě rozpuštěného kyslíku. Dalším rizikem se pak stává období masového rozvoje zooplanktonu, které je doprovázené deficitem ve vodě rozpuštěného kyslíku (Faina, 1987). Hrubý dafniový zooplankton redukuje producenty kyslíku (fytoplankton) a navíc vylučuje amoniak jako svůj metabolický produkt. Vlivem úbytku fytoplanktonu obsah kyslíku ve vodě prudce klesá a právě úbytek kyslíku ve vodním prostředí je iniciátorem k propuknutí toxické nekrózy žaber. I při mírném poškození žaberního aparátu ryb dojde k výraznému poklesu vyžíracího tlaku rybí obsádky, což má za následek další rozvoj hrubého zooplanktonu a ještě větší prohloubení kyslíkových deficitů (Faina a kol., 2007; Svobodová, 1987). K redukci nadměrného množství zooplanktonu bylo v minulosti možné používat přípravky Soldep a Diazinon 60 EC (Svobodová a Faina, 1984; Faina a kol., 2007). V současné době jsou však oba tyto přípravky zakázány (Hartman, osobní sdělení). Jedinou možností jak zamezit nadměrnému rozvoji hrubého zooplanktonu tak zůstává nasazení dostatečně silné počáteční obsádky ryb – kaprů ( $600 - 700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Adámek a kol., 1987; Faina, 1987; Faina a Kubů, 1989).

### 3. Metodika

Pro účely této diplomové práce byly vybrány tři rybníky (Ohrada – 0,85 ha, Záhumenní velký – 5,85 ha a Vlkava – 22,1 ha), které obhospodařuje společnost Rybářství Chlumec nad Cidlinou, a.s. Hlavní zřetel při výběru rybníků byl kladen na to, aby vykazovaly hypertrofní charakter a byly do nich zaústěny předčištěné komunální vody z čistíren odpadních vod. Jednotlivé rybníky jsou rozdílné jak z hlediska rozlohy tak i způsobem rybářského obhospodařování. Sledování na těchto rybnících je potřeba rozlišit na dvě části.

První částí práce bylo sledování v průběhu roku 2015 (od 1. května do 20. září). V tomto období byly na těchto rybnících ve čtrnáctidenních intervalech sledovány a zaznamenávány následující parametry: průhlednost vody, teplota vody u hladiny a v hloubce 1,5 m vodního sloupce (popř. u dna rybníka), obsah a nasycení vody kyslíkem u hladiny a v hloubce 1,5 m vodního sloupce (popř. u dna rybníka), oxidačně redukční potenciál (ORP) u hladiny, v hloubce 0,5 a 1,5 m vodního sloupce (popř. u dna rybníka), pH vody v hloubce cca. 30 cm, alkalita a celková nebo záporná acidita. Sledování těchto parametrů probíhalo vždy ve stejnou denní dobu (12:00 – 14:30). Současně se sledovaným měřením vody byly také prováděny odběry zooplanktonu. Dále byla sledována při kontrolních odlovech dynamika růstu obsádek těchto rybníků pomocí odchyty vrhací sítě (1x za měsíc), zaznamenávána spotřeba krmiva mezi jednotlivými odlovy a byl sledován celkový stav rybníční biocenózy.

Druhou část práce tvoří odběr vzorků vody pro analýzu v akreditované laboratoři (ALS Czech Republic s.r.o. (dále jen ALS CZ, s.r.o.), Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem – Centrum hygienických laboratoří (dále jen ZÚ Ústí nad Labem) a Státní veterinární ústav v Praze – oddělení chemie (dále jen SVÚ Praha)). Všechny odběry pro tuto část práce probíhali na všech třech rybnících v dopoledních hodinách na odtoku z ČOV a přímo v rybníce (u vypustního zařízení). Na rybnících Ohrada a Vlkava probíhala tato část sledování jen v průběhu vegetační sezóny roku 2015. Přehled o analyzovaných parametrech, typech vzorků, vzorkovatelích a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, v rámci rybníku Ohrada (0,85 ha) a Vlkava (22,1 ha) je zachycen v tabulce č. 4. Na rybníce Záhumenní velký bylo z důvodu totálního úhynu rybí obsádky, v srpnu roku 2014, provedeno rozborů více. Kromě roku 2015 zasahovali i do let 2014 a 2016. Přehled o analyzovaných parametrech, typech vzorků, vzorkovatelích a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, u rybníku Záhumenní velký (5,85 ha), je zobrazen v tabulce č. 5.

**Tabulka č. 4:** Přehled o analyzovaných anorganických parametrech kvality vody, typech vzorků, vzorkovatelích a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, v rámci rybníků Ohrada (0,85 ha) a Vlkava (22,1 ha) v průběhu roku 2015.

| Rok  | Datum | Analyzované parametry   | Provedený odběr |        | Vzorkovatel | Typ vzorku            | Laboratoř     |
|------|-------|---|-----------------|--------|-------------|-----------------------|---------------|
|      |       |   | Odtok z ČOV     | Rybník |             |                       |               |
| 2015 | 19.5. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN | ANO             | ANO    | autor       | bodový - prostý (1 l) | ALS CZ, s.r.o |
|      | 16.6. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN | ANO             | ANO    | autor       | bodový - prostý (1 l) | ALS CZ, s.r.o |
|      | 21.7. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN | ANO             | ANO    | autor       | bodový - prostý (1 l) | ALS CZ, s.r.o |
|      | 25.8. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN | ANO             | ANO    | autor       | bodový - prostý (1 l) | ALS CZ, s.r.o |
|      | 21.9. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN | ANO             | ANO    | autor       | bodový - prostý (1 l) | ALS CZ, s.r.o |



**Tabulka č. 5:** Přehled o analyzovaných anorganických parametrech kvality vody, typech vzorků, vzorkovateli a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, v rámci rybníku Záhumní velký (5,85 ha) v průběhu let 2014, 2015 a 2016.

| Rok  | Datum  | Analyzované parametry  | Provedený odběr |        | Vzorkovatel       | Typ vzorku                            | Laborať           |
|------|--------|--|-----------------|--------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
|      |        |  | Odtok z ČOV     | Rybník |                   |                                       |                   |
| 2014 | 14.8.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN, CL <sup>-</sup> | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 19.5.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 16.6.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 21.7.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
| 2015 | 14.8.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
|      |        | CHSK <sub>Mn</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NH <sub>3</sub> , CL <sup>-</sup>          | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | SVÚ Praha         |
|      | 21.9.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 30.10. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , TP, TN                  | ANO             | ANO    | autor             | bodový - prostý (1 l)                 | ALS CZ, s.r.o.    |
| 2016 | 11.1.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NL <sub>105</sub>   | ANO             | NE     | ALS CZ, s.r.o     | 2 hodinový směsný vzorek (0,6 l - 8x) | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 9.6.   | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NL <sub>105</sub>   | ANO             | NE     | ALS CZ, s.r.o     | 2 hodinový směsný vzorek (0,6 l - 8x) | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 27.9.  | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NL <sub>105</sub>   | ANO             | NE     | ALS CZ, s.r.o     | 2 hodinový směsný vzorek (0,6 l - 8x) | ALS CZ, s.r.o.    |
|      | 24.10. | BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>Cr</sub> , N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NL <sub>105</sub>   | ANO             | NE     | ZÚ Ústí nad Labem | 2 hodinový směsný vzorek (1 l - 8x)   | ZÚ Ústí nad Labem |

## 3.1 Charakteristika sledovaných rybníků a do nich zaústěných čistíren odpadních vod

### 3.1.1 Rybník Ohrada

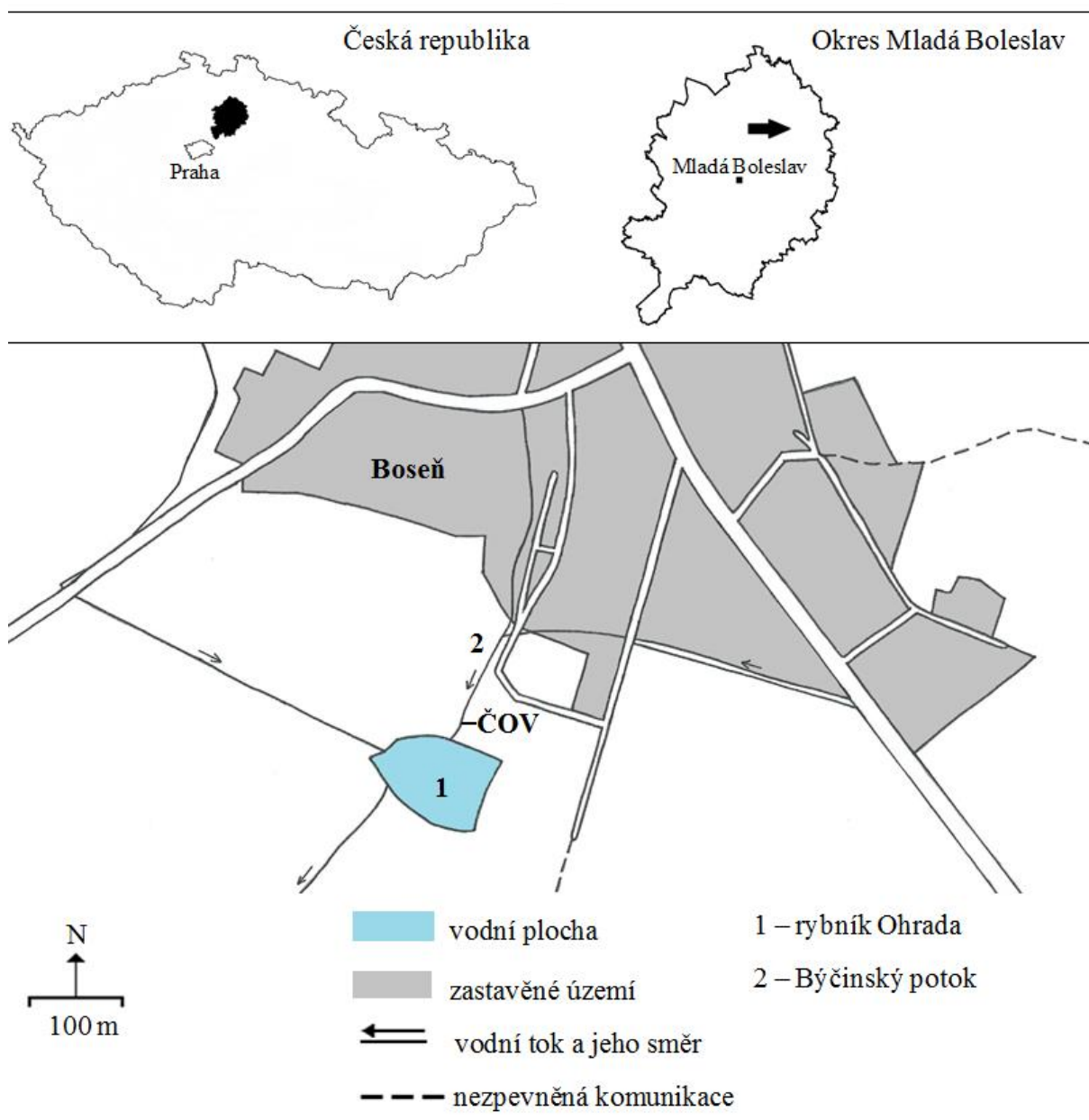
Katastrální území: Boseň

Rybník Ohrada (0,85 ha, někdy zvaný též Boseňský) se nachází na jižním okraji obce Boseň, ležící v okrese Mladá Boleslav. Hlavním zdrojem vody je Býčinský potok, pramenící jen několik desítek metrů od rybníka v pramenné nádrži, blízko hranice CHKO Český ráj. Do tohoto toku jsou zaústěny předčištěné odpadní vody z ČOV Boseň. Z levé strany je do rybníka zaústěna bezejmenná vodoteč, odvádějící vodu z příkopů kolem silnice č. 268 (Dobrá Voda – Boseň). Nad rybníkem se nachází okrasná školka společnosti Agarden, s.r.o. o rozloze 7,5 ha. Z rybochovného hlediska je rybník využíván coby komorový a hlavní. Jako výpustné zařízení slouží dvouřadý požerák. Vzdušná strana hráze je převážně zatravněná s ojedinělým výskytem stromů a náletových dřevin.

Do rybníku Ohrada bylo 25. 3. 2015 nasazeno celkem 750 ks násady  $K_2$  o průměrné kusové hmotnosti 0,27 kg ( $235 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Výlov rybníka proběhl 13. 3. 2016. Přikrmování probíhalo od května do září třikrát do týdne a spotřebováno při něm bylo 1900 kg ( $2235 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) obilovin (převážně pšenice). Základní hydrologickou charakteristiku rybníka zobrazuje tabulka č. 6. Situační náhled rybníka zobrazuje obrázek č. 2.

**Tabulka č. 6:** Hydrologická charakteristika rybníka Ohrada.

|  |                    |
|--|--------------------|
| Vodní tok                              | Býčinský potok     |
| Číslo hydrologického pořadí            | 1 - 05 - 02 - 0740 |
| Kategorie vodního díla                 | IV.                |
| Zatopená plocha [ha]                   | 0,85               |
| Průměrná hloubka [m]                   | 0,7                |
| Zadržovaný objem vody [ $\text{m}^3$ ] | cca. 6000          |
| Nadmořská výška [m. n. m.]             | 277                |



**Obrázek č. 2:** Přehledová mapa rybníka Ohrada (autor, 2016).

### ČOV Boseň

Dle volně přístupných informací je na čistírnu napojena obec Boseň (470 obyvatel) a obec Zásadka (86 obyvatel). Čistírna je typu OMS Walter a její stavba byla realizována v letech 2001 – 2003. Hodnoty povoleného množství a znečištění vypouštěné odpadní vody se nepodařilo zjistit. S ohledem na skutečnost, že na všechny sledované čistírny je napojen relativně stejný počet obyvatel tak je pravděpodobné, že povolené hodnoty množství vypuštěné odpadní vody a povolené hodnoty znečištění odpadní vody budou

podobné, stejně jako v případě ČOV Jabkenice a ČOV Vlkava (viz. kapitoly 3.1.2 a 3.1.3). Provozovatelem čistírny je obec Boseň.

### 3.1.2 Rybník Záhumenní velký

Katastrální území: Charvátce

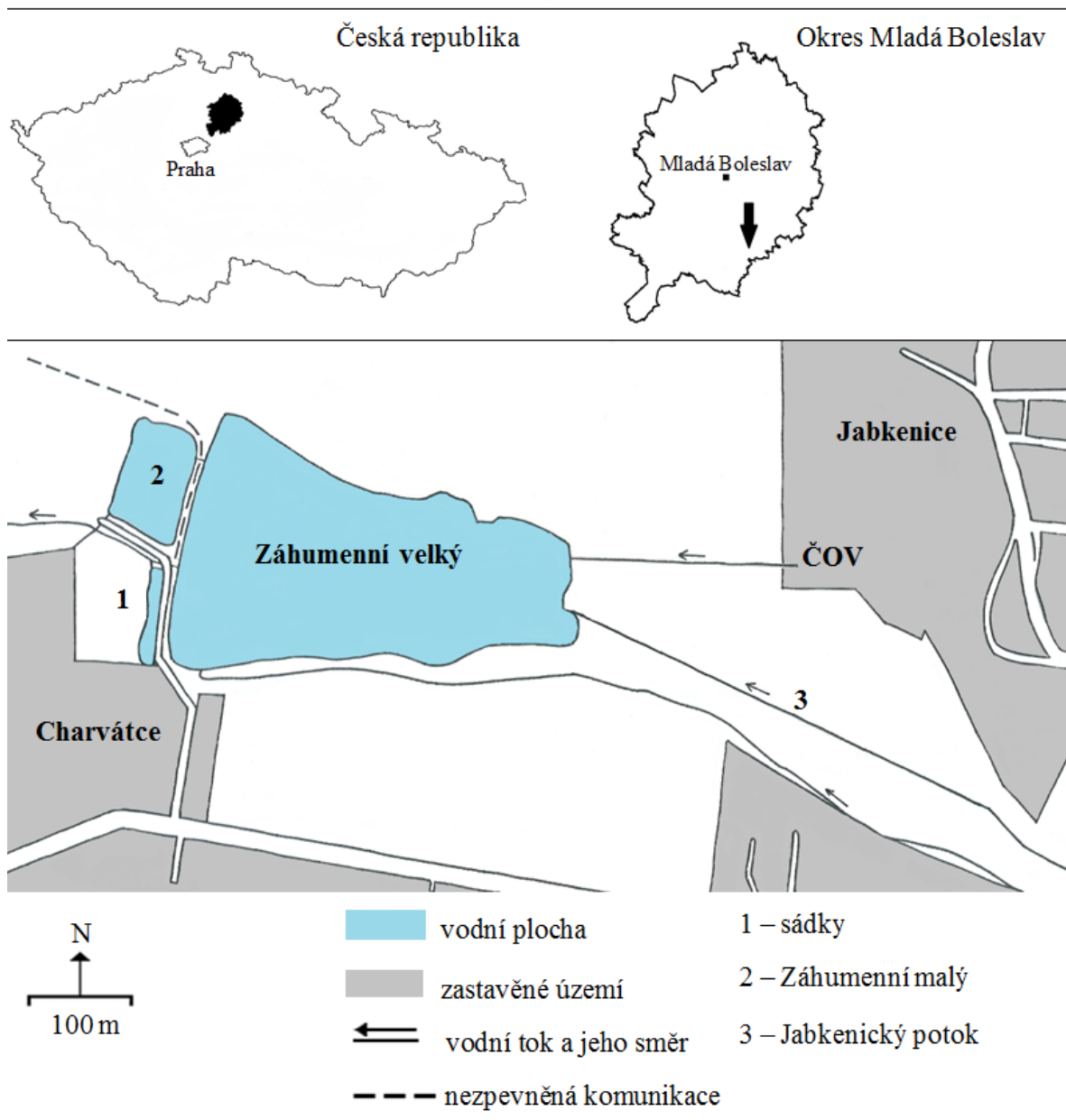
Rybník Záhumenní velký (5,85 ha) se nachází na okraji obce Charvátce v okrese Mladá Boleslav. Slouží především k chovu ryb a jako zdroj vody pro níže položené sádky. Dále pak plní přirozenou vodohospodářskou funkci vyplývající z možnosti manipulace s vodou, jako např. zmírnění velkých průtoků, stabilizace vodohospodářských poměrů v povodí apod. Z rybochovného hlediska je rybník využíván jako hlavní a komorový, výlov probíhá zpravidla na podzim. Jedná se o průtočný rybník, jehož jediným přítokem je Jabkenický potok, který z větší části protéká Jabkenickou oborou a několika dalšími rybníky. Průtok je poměrně vyrovnaný s minimem výskytů povodňových stavů. Do rybníka je zaústěn odtok předčištěných odpadních vod z ČOV Jabkenice. Vzhledem k tomu, že tato vypouštěná voda výrazně překračuje maximální povolené limity, z hlediska její kvality, vykazuje rybník silně hypertrofní charakter. Odtok vody z rybníka je umožněn do tří míst. Uprostřed hráze je umístěna hlavní spodní výpust – požerák, ze kterého je voda vypouštěna do Jabkenického potoka pod rybníkem. Na pravé straně hráze je umístěn plechový požerák sloužící k odebírání vody do níže položeného Malého Záhumenního rybníka. Na levé straně hráze je pak umístěn poslední, třetí požerák, který slouží k odebírání vody pro již zmíněné sádky. Bezpečnostní přeliv rybníka je vyřešen snížením terénu za pravým navázáním hráze (Dolejší, 2001; doplněno autorem, 2016). Na tomto rybníce proběhl v srpnu 2014 totální úhyn rybí obsádky. Z tohoto důvodu uvádím informace o počtu nasazených ryb i pro rok 2014, z důvodu porovnání iniciačních obsádek v roce 2014 a 2015.

Na rybník Záhumenní velký bylo v roce 2014 nasazeno celkem 4000 ks násady  $K_2$  o průměrné kusové hmotnosti 0,21 kg ( $145 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Z vedlejších druhů ryb bylo prisazeno 300 ks amura o průměrné kusové hmotnosti 0,5 kg, 500 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 0,7 kg, 600 ks lína o průměrné kusové hmotnosti 0,33 kg a 100 ks štiky o průměrné kusové hmotnosti 0,3 kg. Přikrmování probíhalo do 7. 8. 2014, tzn., skončilo týden před totálním úhynem rybí obsádky (14. 8. 2014). Do této události probíhalo přikrmování třikrát do týdne a spotřebováno při něm bylo 8600 kg ( $1470 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) obilovin (převážně pšenice).

Obsádka pro produkční rok 2015 byla na rybníku Záhumenní velký nasazena již 24. 11. 2014. Celkem bylo nasazeno 3500 ks násady  $K_3$  o průměrné kusové hmotnosti 0,63 kg ( $376 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Z vedlejších druhů ryb bylo přisazeno 700 ks amura o průměrné kusové hmotnosti 0,57 kg, 800 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 0,75 kg, 400 ks lína o průměrné kusové hmotnosti 0,25 kg a 80 ks štiky o průměrné kusové hmotnosti 0,38 kg. Přikrmování probíhalo v roce 2015 třikrát do týdne a z důvodu zhoršených fyzikálně – chemických parametrů kvality vody v měsíci červenci bylo ukončeno k 31. 7. 2015. Do té doby bylo spotřebováno 7500 kg ( $1282 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) obilovin (převážně pšenice). V polovině června byla na rybník nasazena aerační techniky (povrchový aerátor – kesener o příkonu 2,2 kW) (příloha č. 1). Vyjma 25. 7. 2015, kdy došlo k poruše, běžel tento aerátor až do hromadného úhynu, který proběhl ve dnech 13. – 14. 8. 2015. Z důvodu úhynu většinové části obsádky neměl jeho provoz již význam a na jeho místo byl nasazen slabší typ aerátoru o příkonu 370 W (příloha č. 2). Výlov rybníka proběhl 10. 2. 2016. Základní hydrologickou charakteristiku rybníka zobrazuje tabulka č. 7. Situační náhled rybníka zobrazuje obrázek č. 3.

**Tabulka č. 7:** Hydrologická charakteristika rybníka Záhumenní velký.

|   |                   |
|---|-------------------|
| Vodní tok                               | Jabkenický potok  |
| Číslo hydrologického pořadí             | 1 - 04 - 07 - 019 |
| Kategorie vodního díla                  | IV.               |
| Zatopená plocha [ha]                    | 5,85              |
| Průměrná hloubka [m]                    | 0,5               |
| Zadržovaný objem vody [m <sup>3</sup> ] | cca. 30 000       |
| Nadmořská výška [m. n. m.]              | 223               |



**Obrázek č. 3:** Přehledová mapa rybníka Záhumní velký (autor, 2016).

### ČOV Jabkenice

Čistírna odpadních vod v obci Jabkenice prošla výraznější rekonstrukcí v roce 1998. Z tohoto roku také pochází rozhodnutí o povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových, které bylo v roce 2007 Magistrátem města Mladá Boleslav – odborem životního prostředí, prodlouženo o dalších deset let (tzn. do srpna 2017). Původní rozhodnutí bylo vydáno v době, kdy byla k ČOV připojena pouze obec Jabkenice (275 EO – 1998). Nicméně při samotné rekonstrukci se výhledově počítalo i s připojením obce Charvátce a výstavbou dalších rodinných domů v obci Jabkenice. Obě zmíněné skutečnosti

v současné době již proběhly. Kromě toho byla na kanalizaci ČOV napojena i obec Chudíř. Dle dostupných údajů je čistírna dimenzována na 580 – 600 EO. Podle ČSÚ (2016) bylo k 1. 1. 2016 v obci Charvátce 248, v obci Jabkenice 415 a v obci Chudíř 198 bydlících obyvatel, dohromady tedy 861. Vlastní ČOV je typu AČB 650 – FORTEX Agrostav Šumperk. Celá technologie je osazena v zastřešeném objektu s dřevěnou opláštěvanou konstrukcí. Vyčištěné odpadní vody odtékají přes měrnou šachtu se žlabem do melioračního odpadu a přes rybník Záhumenní velký do Jabkenického potoka. Provozovatelem čistírny je společnost Vodovody a kanalizace Nymburk a.s. (OU Mladá Boleslav, 1998; doplněno autorem, 2016). Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody uvádí tabulka č. 8, hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody uvádí tabulka č. 9.

**Tabulka č. 8:** Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody z ČOV Jabkenice (OU Mladá Boleslav, 1998).

| Ukazatel     | Q <sub>max.</sub>     | Q <sub>24</sub>        | Q roční                                  |
|--------------|-----------------------|------------------------|--|
| Max. hodnoty | 3,6 l·s <sup>-1</sup> | 1,04 l·s <sup>-1</sup> | 32.850 m <sup>3</sup> ·rok <sup>-1</sup> |

**Tabulka č. 9:** Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody z ČOV Jabkenice (OU Mladá Boleslav, 1998).

| Ukazatel                           | CHSK <sub>Cr</sub> | BSK <sub>5</sub> | NL | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
|------------------------------------|--------------------|------------------|----|--------------------------------|
| Max. hodnoty (mg·l <sup>-1</sup> ) | 90                 | 20               | 20 | 8                              |

### 3.1.3 Vlkavský rybník

Katastrální území: Vlkava, Čachovice

Vlkavský rybník (22,1 ha) se nachází mezi obcemi Vlkava a Čachovice. Leží na dvou parcelách, které jsou odděleny polní drážkou, při pravém okraji je spojuje klenbový most. Obě parcely tvoří jeden rybník. Z rybochovného hlediska slouží rybník jako hlavní. Do roku 1976 se rybník napouštěl pomocí náhonu z řeky Vlkavy (dříve Doubravky). Poté došlo k regulaci toku a náhon byl zrušen. K napuštění rybníka a doplňování vody v letním období v důsledku výparu byla zřízena čerpací stanice. V té je umístěno ponorné kalové čerpadlo SIGMA 125 KDFU o výkonu  $Q = 2400 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Sací koš čerpadla je umístěn v betonové čerpací jímce, která je spojena s řekou Vlkavou. Pomocí tohoto čerpadla probíhá napouštění rybníka každoročně v únoru až březnu. Doplnění vody v letním období probíhá zpravidla 1x za 14 dní se zřetelem na zachování minimálního zůstatkového

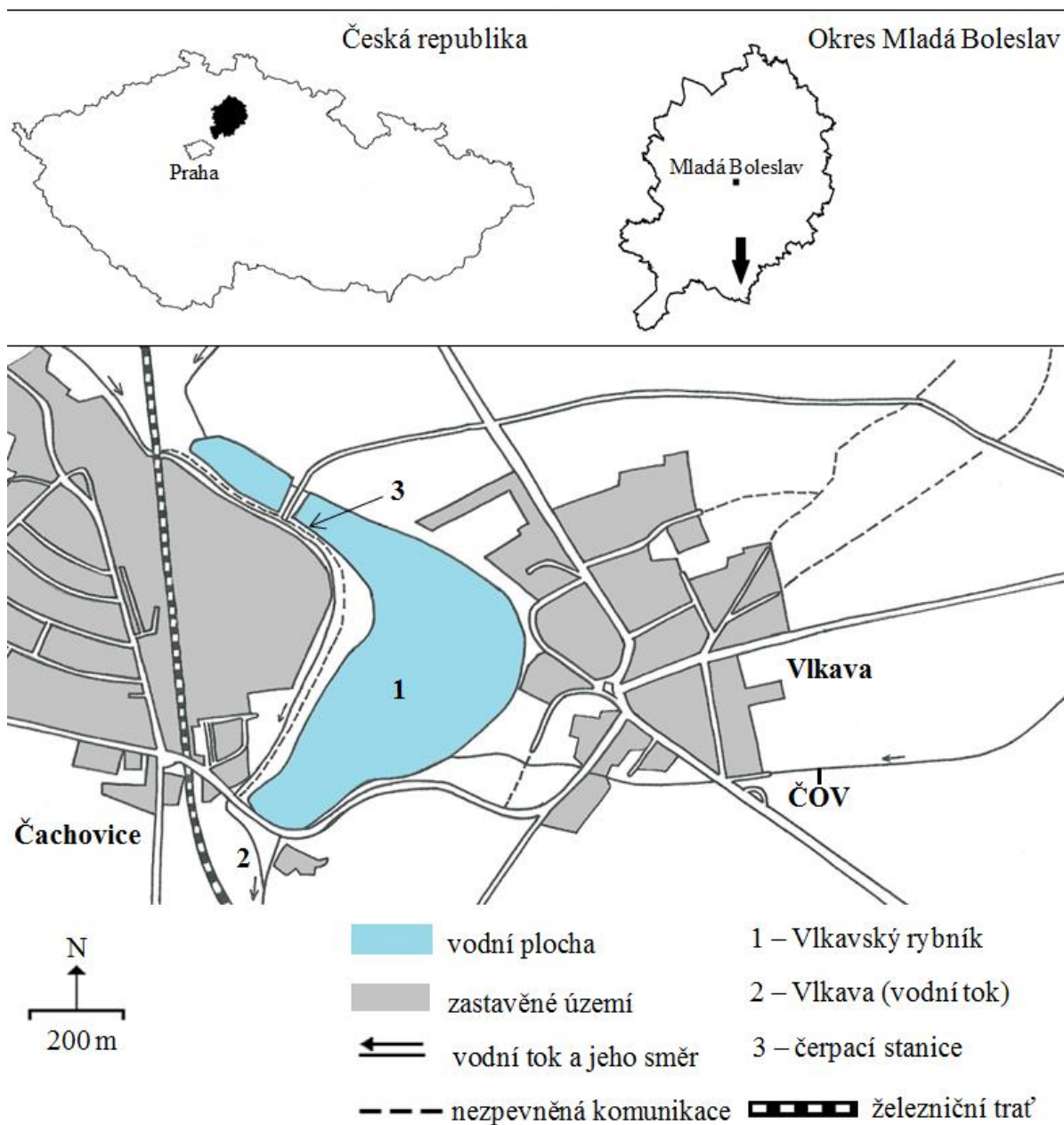
průtoku v řece Vlkavě. Do rybníka jsou také zaústěny dvě bezejmenné vodoteče. První odvádí vodu z příkopů kolem silnice č. 38 (Bratronice – Vlkava) a do rybníka vtéká v jeho horní části. Druhá pramení v objektu bývalé vodárny, přibližně 1,5 km od rybníka, zhruba v polovině její délky jsou do ní zaústěny předčištěné odpadní vody z ČOV Vlkava, do rybníka přitéká z pravé strany. Jako výpustní zařízení slouží dvouřadý betonový požerák. Bezpečnostní přeliv je řešen jako betonový kanál zabudovaný pod silnicí (Vlkava – Čachovice) u pravého rohu hráze rybníka (Hydroreal, 2009; doplněno autorem, 2016).

Na rybník Vlkava bylo 20. 3. 2015 nasazeno celkem 15 000 ks lehké násady  $K_2$  o průměrné kusové hmotnosti 0,08 kg ( $54 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Z vedlejších druhů ryb bylo nasazeno 500 ks amura o průměrné kusové hmotnosti 0,4 kg a 2000 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 1 kg. Výlov proběhl 11. 11. 2015. Přikrmování probíhalo od května do října třikrát do týdne a spotřebováno při něm bylo 59 200 kg ( $2679 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) obilovin (převážně pšenice). Od začátku července zde byla nasazena technický aerace (povrchový aerátor – kesener o příkonu 2,2 kW). Základní hydrologickou charakteristiku rybníka zobrazuje tabulka č. 10. Situační náhled rybníka zobrazuje obrázek č. 4.

**Tabulka č. 10:** Hydrologická charakteristika rybníka Vlkava.

|   |                   |
|---|-------------------|
| Vodní tok                               | Vlkava            |
| Číslo hydrologického pořadí             | 1 - 04 - 07 - 006 |
| Kategorie vodního díla                  | IV.               |
| Zatopená plocha [ha]                    | 22,1              |
| Průměrná hloubka [m]                    | 0,9               |
| Zadržovaný objem vody [m <sup>3</sup> ] | cca. 198 000      |
| Nadmožská výška [m. n. m.]              | 200               |





**Obrázek č. 4:** Přehledová mapa rybníka Vlkava (autor, 2016).

### ČOV Vlkava (Vlkavský rybník)

V obci Vlkava bylo k 1. 1. 2016 evidováno celkem 422 bydlících obyvatel (ČSÚ, 2016). Na veřejnou kanalizaci bylo v době zpracování kanalizačního řádu (prosinec 2012) připojeno celkem 410 obyvatel. Na kanalizační síť nejsou připojeny firmy či podniky, které by produkovaly specifické průmyslové odpadní vody. Do kanalizace jsou tedy zaústěny pouze odpadní vody ze sociálních zařízení bytové výstavby. Recipientem je místní vodoteč, která není významným vodním tokem ve smyslu vyhlášky MZe-ČR č. 470/2001 Sb. v platném znění. Vlastní ČOV byla uvedena do zkušebního provozu v roce

2010 a zkolaudována v roce 2011. Její kapacita je 500 EO. Z konstrukčního hlediska se jedná o ČOV typu MONOBLOK – T, sestávající se z akumulární nádrže odpadních vod o objemu 31,1 m<sup>3</sup>, SBR reaktoru (120,15 m<sup>3</sup>), kalojemu (47,43 m<sup>3</sup>) a akumulární nádrže vyčištěné odpadní vody (44,6 m<sup>3</sup>). Stávající povolení k vypouštění předčištěných odpadních vod vyprší 17. 5. 2021. Provozovatelem čistírny je společnost Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav a.s. (VAK Mladá Boleslav, 2012). Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody uvádí tabulka č. 11, hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody uvádí tabulka č. 12.

**Tabulka č. 11:** Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody z ČOV Vlkava (VAK Mladá Boleslav, 2012).

| Ukazatel     | Q <sub>max.</sub>      | Q <sub>24</sub>        | Q roční                                  |
|--------------|------------------------|------------------------|--|
| Max. hodnoty | 1,38 l·s <sup>-1</sup> | 0,96 l·s <sup>-1</sup> | 30.200 m <sup>3</sup> ·rok <sup>-1</sup> |

**Tabulka č. 12:** Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody z ČOV Vlkava (VAK Mladá Boleslav, 2012).

| Ukazatel                           | CHSK <sub>Cr</sub> | BSK <sub>5</sub> | NL | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
|------------------------------------|--------------------|------------------|----|--------------------------------|
| Max. hodnoty (mg·l <sup>-1</sup> ) | 90                 | 20               | 20 | 10                             |

## 3.2 Postupy stanovení jednotlivých měřených parametrů

### 3.2.1 Měření průhlednosti, pH, teploty vody, obsahu a nasycení vody kyslíkem a oxidačně – redukčního potenciálu

Měření základních fyzikálně – chemických parametrů probíhalo na rybníce vždy v místě hlavní výpustě. Průhlednost vody byla měřena pomocí Secchiho desky, což je plastová deska o stranách 20 × 20 cm s bílými a černými poli. Deska byla ponořena do takové hloubky, kdy už nebylo možné rozlišit jednotlivá bílá a černá pole. Poté byla určena průhlednost.

Pro měření pH, teploty vody, obsahu a nasycení vody kyslíkem a oxidačně – redukčního potenciálu byl použit víceparametrový měřič MFD 79 od společnosti INSA. Monitoring obsahu a nasycení vody kyslíkem spolu s teplotou probíhal vždy u hladiny rybníka a poté v hloubce 1,5 m (limitováno délkou kabelu sondy). Oxidačně redukční potenciál začal být měřen až od 11. 7. 2015, neboť do té doby nebyla k dispozici speciální nastavbová sonda pro jeho stanovení. Poté byl ORP měřen u hladiny, v hloubce 0,5 a 1,5

m. pH vody bylo měřeno v hloubce cca. 30 cm. Postup měření probíhal tak, že se sonda vložila do vody a po ustálení údajů na displeji došlo k jejich zaznamenání.

### **3.2.2 Stanovení celkové alkality (KNK<sub>4,5</sub>) a celkové zásadové neutralizační kapacity – ZNK<sub>8,3</sub> (neboli acidity)**

Alkalita neboli kyselinová neutralizační kapacita byla na každém z rybníků stanovována následujícím způsobem. Do třech 100 ml kalibrovaných plastových lahvíček byla odebrána rybníční voda. Poté byl vzorek přelit do Erlenmayerovy baňky a bylo přidáno 5 kapek Tashirova indikátoru. Obsah baňky byl poté titrován 0,1 M HCl, dokud nedošlo k přechodu barvy na vínočervenou. Tento postup byl třikrát opakován a poté byla vypočtena průměrná spotřeba 0,1 M HCl. Celková alkalita neboli KNK<sub>4,5</sub>, uváděná v mmol·l<sup>-1</sup> je rovna spotřebě 0,1 M HCl (Valentová a kol., 2009).

Celková nebo záporná acidita byla měřena následujícím způsobem. Do třech 100 ml kalibrovaných plastových lahvíček byla odebrána rybníční voda. Poté byl vzorek přelit do Erlenmayerovy baňky a bylo přidáno 5 kapek fenolftaleinu. Pokud zůstal sledovaný vzorek vody bezbarvý, titrovalo se 0,1 M NaOH až do růžového zbarvení. Celková ZNK<sub>8,3</sub> uváděná v mmol·l<sup>-1</sup> je rovna spotřebě 0,1 M NaOH. Pokud se vzorek ihned po přidání fenolftaleinu zbarvil do růžova, přistoupilo se k titrování 0,1 M HCl. V tomto případě je volný CO<sub>2</sub> odčerpán z vody probíhající fotosyntézou a byla stanovena tzv. záporná acidita nebo také zjevná alkalita.

### **3.2.3 Odběr a determinace vzorků zooplanktonu**

Na rybnících Ohrada (0,85 ha) a Vlkava (22,1 ha) bylo v průběhu roku 2015 provedeno celkem 11 kontrolních odlovů zooplanktonu. Na rybníce Záhumenní velký (5,85 ha) bylo provedeno 12 kontrolních odlovů. Vzorky byly odebírány pomocí Schlott – Fichtenbauer – Bauerovy sondy (příloha č. 3). Jedním odběrem bylo získáno 5 litrů rybníční vody. Celkem bylo provedeno 5 opakování, tzn. při každém měření byl získán zooplankton z 25 l vody sledovaného rybníka. Každý odběr byl realizován z jiného místa a z jiné hloubky, aby byl získán vzorek, reprezentující zooplankton z celého vodního sloupce. Po odběru pomocí výše zmíněné sondy byl objem rybníční vody přelit přes planktonní síťku o světlosti ok 80 μm. Odebrané vzorky byly poté konzervovány formaldehydem na výslednou koncentraci 2 – 4 % (do 100 ml plastové lahvičky se zooplanktonem bylo přidáno 7 – 8 ml 38 – 40 % formaldehydu).

Determinace vzorků zooplanktonu probíhala v laboratoři Aplikované hydrobiologie na

Ústavu akvakultury a ochrany vod (Fakulty rybářství a ochrany vod v Českých Budějovicích). Objem plastové lahvičky byl nejprve přefiltrován přes síto z uhelonu o velikosti ok 0,5 mm. Získaná frakce zooplanktonu větší než 0,5 mm, která zůstala na síti, byla přelita do plastové lahvičky a promíchána (z důvodu rovnoměrného rozložení jednotlivých planktonních jedinců). Pomocí pipety byly poté odebrány 2 ml vzorku a přeneseny na Sedgwick – Rafterovu počítací komůrku. Z důvodu lepšího rozprostření jedinců po celé ploše komůrky, bylo přidáno několik kapek mýdla (ke snížení povrchového napětí). K determinaci byl použit mikroskop Olympus CX 21 (zvětšení 10x /0,25 a 20x /0,40). Stejný postup byl zopakován i u zooplanktonu menšího než 0,5 mm. Vlastní přepočítání na počet jedinců v 1 litru rybníční vody probíhal podle následujícího vzorce:

$$\mathbf{ind.l^{-1}} = 1/RV \times [(PET/PO) \times ind.]$$

*RV* – odebraný objem rybníční vody v litrech

*PET* – objem plastové lahvičky s konzervovaným vzorkem zooplanktonu v ml

*PO* – pipetovaný objem v ml

*ind* – počet jedinců daného druhu spočítaných v Sedgwick – Rafterově komůrce

### 3.3 Hospodářské / Produkční ukazatele

#### Přirozená produkce (PP)

Přirozená produkce byla stanovena výpočtem z výsledků o hospodaření (obsádka, výlovky, spotřeba krmiv a jejich druh). V rámci této práce bylo při jejím výpočtu vycházeno z následujícího vzorce podle Dubského (2015):

$$\mathbf{PP} = \frac{V - O - PK}{ha} \qquad \mathbf{PK} = \frac{MK}{KK}$$

*PP* – přirozená produkce (kg·ha<sup>-1</sup>)

*V* – výlovek; hmotnost vylovených ryb v kg

*O* – obsádka; hmotnost nasazených ryb v kg

*PK* – produkce dosažená příkrmováním; stanoví se jako podíl množství spotřebovaných krmiv MK (kg) a krmného koeficientu daného krmiva KK (jedná se o absolutní krmný koeficient – v případě obilovin je to 4)

*ha* – výměra rybníka v ha

## **Relativní krmný koeficient (RKK) a produkční účinnost krmiv (FCE)**

Relativní krmný koeficient patří mezi nejdůležitější ukazatele v chovu ryb. Vyjadřuje spotřebu krmiva na 1 kg přírůstku. V rámci této práce byl počítán nejen za celé produkční období, ale rovněž i pro intervaly mezi jednotlivými kontrolními odlovy. Pro výpočet RKK byl použit následující vzorec podle Mareše a kol. (2015):

$$\mathbf{RKK} = S/(Wt - W0)$$

V praxi se v současné době lze setkat také s parametrem/ukazatelem FCE (Food Conversion Efficiency), který vyjadřuje přírůstek hmotnosti ryb z 1 kg krmiva (Mareš a Jirásek, 1999). Výpočet byl prováděn jen za celé produkční období. Počítá se podle následujícího vzorce:

$$\mathbf{FCE} = \frac{Wt - W0}{S}$$

*S* – spotřeba krmiva v kg

*Wt* – celková hmotnost vylovených ryb v kg

*W0* – celková hmotnost nasazených ryb v kg

## **Specifická rychlost růstu (SGR)**

Specifická rychlost růstu (SGR – Specific Growth Rate) vyjadřuje procentický denní přírůstek hmotnosti ryb vztažený k průměrné hmotnosti za sledované období. Mareš a Jirásek (1999) uvádí, že v literatuře se lze setkat s několika odlišnými, ale ve výsledku velmi obdobnými vzorci. Jelikož mají sledované rybníky rozdílný způsob obhospodařování (termín nasazení a výlovu), tak SGR byla z důvodu standardizace výsledků počítána následujícím způsobem:

- Na rybníce Vlkava byla SGR počítána ode dne nasazení (20. 3. 2015) do doby výlovu (11. 11. 2015).
- Rybník Ohrada byl loven na jaře roku 2016. SGR byla počítána ode dne jeho nasazení (25. 3. 2015) do 11. 11. 2015 (výlov Vlkavy).
- Rybník Záhumenní velký byl nasazen na podzim roku 2014 a z důvodu úhynu loven až v únoru roku 2016, SGR se v tomto případě počítala od 20. 3. 2015 (nasazení Vlkavy) do 11. 11. 2015 (výlov Vlkavy).

Jako doplňující údaj pak byla SGR počítána i mezi jednotlivými kontrolními odlovy. Výpočet probíhal podle následujícího vzorce:

$$SGR = (\ln(Wt) - \ln(W0) / t) \times 100$$

*SGR* – v [%·den<sup>-1</sup>]

*Ln (Wt)* – přirozený logaritmus hmotnosti ryb na konci (g)

*Ln (W0)* – přirozený logaritmus hmotnosti ryb na začátku (g)

*t* – délka období ve dnech

Dynamika růstu obsádky byla posuzována převážně pomocí odchyty vrhací sítí, při interpretaci dat o RKK a SGR mezi jednotlivými kontrolními odlovy je tedy třeba brát v potaz, že uvedená data jsou pouze orientační. To je způsobeno relativně malým vzorkem chycených ryb.

### **Přežití obsádky**

Procentuální přežití obsádky za celé produkční období bylo počítáno podle následujícího vzorce:

$$PO = 100 \times (P_{vyl}/P_{nas})$$

*PO* – přežití obsádky v [%]

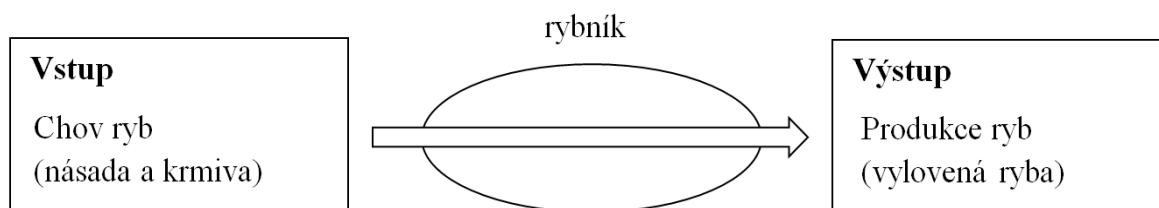
*P<sub>vyl</sub>* – počet vylovených ryb v ks

*P<sub>nas</sub>* – počet nasazených ryb v ks

### **Výpočet bilance dusíku (TN) a fosforu (TP)**

Při výpočtu bilance dusíku a fosforu v rámci chovu ryb je potřeba znát vstupy těchto prvků do vodního prostředí (obsádka, výživa rybníční biocenózy, krmiva) a výstupy (vylovená obsádka) (Hlaváč a kol., 2015). Na všech sledovaných rybnících byla obsádka ryb příkrmována pšenicí. Hlaváč (2015) uvádí, že jeden kilogram neupravené pšenice obsahuje 3,3 g·kg<sup>-1</sup> TP a 19,2 g·kg<sup>-1</sup> TN. Jeden kilogram biomasy ryb pak podle tohoto autora obsahuje 8,1 g·kg<sup>-1</sup> TP a 29 g·kg<sup>-1</sup> TN. Při interpretaci výsledků o bilanci TP a TN v rámci této práce je potřeba brát v potaz, že se jedná pouze o doplňkové informace. Důvodem je především to, že obsahy TP a TN v krmivu a v biomase ryb byly převzaty z literárního zdroje (Hlaváč, 2015) a nikoli získány vlastní analýzou. Základní schéma pro

hodnocení látkové bilance podle Potužáka a Durase (2012b) je představeno na obrázku č. 5.



**Obrázek č. 5:** Základní schéma pro hodnocení látkové bilance.

### 3.4 Statistické zpracování dat

Ke statistickému zpracování dat (průměr  $\pm$  směrodatná odchylka) byl použit program MS Excel 2007. Pro porovnání dvou skupin (anorganické parametry kvality vody na odtoku z ČOV a v rybníce) byl použit program Statistica CZ 12.0 (StatSoft Česká republika). Při shodném počtu opakování (n) byl použit Studentův t-test, při nestejném počtu opakování nebo při pochybnosti, zda data splňují předpoklad normálního (Gaussova) rozdělení byl použit Wilcoxonův párový test.

## 4. Výsledky

### 4.1 Fyzikálně – chemické parametry kvality vody

Výsledky provedených analýz vody jsou uvedeny v tabulce č. 13. Analýzy vody provedené na rybníce Záhumní velký během úhynu nejsou zahrnuty. Byly prováděny v jinou denní dobu a v jiném rozsahu, jejich výsledky jsou proto uvedeny zvlášť.

Průměrná teplota vzduchu na sledovaných rybnících za sledované období roku 2015 (1. 5. – 20. 9.) byla 22 °C. Nejnižší teplota byla naměřena na konci května, nejvyšší naopak na začátku srpna. Průhlednost vody na sledovaných rybnících byla nejvyšší v květnu. V průběhu vegetační sezóny se snižovala, výjimku tvořil jen rybník Ohrada, kde byla v květnu naměřena stejná průhlednost jako v září. Kyslíkový režim byl zpočátku sledování vyrovnaný u všech rybníků. Výraznější rozdíly mezi nasycením jednotlivých vrstev byly na sledovaných rybnících zaznamenány shodně od poloviny června. Společným znakem bylo výrazné přesycení svrchních vrstev a deficity ve spodních vrstvách. V důsledku neprobíhající fotosyntézy, vlivem zatažené oblohy a přecházející studené fronty, byl výrazný pokles obsahu kyslíku na sledovaných rybnících zaznamenán na konci července (Ohrada – hladina 5,7, resp. 1,5 m / dno 0,9 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; Záhumní velký – 1,9, resp. 0,5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>; Vlkava – 11, resp. 3,6 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>). K opětovnému vyrovnání obsahu kyslíku v jednotlivých vrstvách vodního sloupce došlo začátkem září. Vysoké hodnoty pH byly na všech rybnících zjištěny v květnu (Ohrada – 9,8; Záhumní velký – 9,3; Vlkava – 8,9). Poté došlo k mírnému poklesu, avšak zvýšené hodnoty pH nad 8,3 byly na všech rybnících pozorovány až do konce srpna. Oxidačně – redukční potenciál (ORP) se na sledovaných rybnících pohyboval v kladných hodnotách. Pouze na rybníce Vlkava byl začátkem srpna zjištěn pokles do záporných hodnot a to především v hloubce 1,5 m. Na rybníce Ohrada se kyselinová neutralizační kapacita (KNK<sub>4,5</sub>) postupně zvyšovala a svého maxima dosáhla na konci září (5,3 mmol·l<sup>-1</sup>), na rybníce Vlkava byl pozorován spíše opačný trend, kdy nejvyšší alkalita (2,7 mmol·l<sup>-1</sup>) byla naměřena v polovině května a nejnižší naopak na konci září (1,6 mmol·l<sup>-1</sup>). Na rybníce Záhumní velký byla nejnižší hodnota KNK<sub>4,5</sub> naměřena v polovině června a nejvyšší na konci září. Sledováním zásadové neutralizační kapacity (ZNK<sub>8,3</sub>) bylo zjištěno, že CO<sub>2</sub> byl v deficitu především v první polovině vegetační sezóny, vyjma rybníka Záhumní velký, kde dosahovala ZNK<sub>8,3</sub> kladných hodnot i během druhé poloviny května. S postupující vegetací a postupným poklesem pH se hodnota ZNK<sub>8,3</sub> zvyšovala na všech sledovaných rybnících.

Kompletní přehled všech naměřených fyzikálně – chemických parametrů kvality vody



na jednotlivých rybnících je uveden v příloze (Ohrada: příloha č. 4, Záhumní velký: příloha č. 5, Vlkava: příloha č. 6). Grafické zobrazení sledovaných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody je uvedeno v příloze (Ohrada: příloha č. 7, Záhumní velký: příloha č. 8, Vlkava: příloha č. 9).

**Tabulka č. 13:** Parametry kvality vody na jednotlivých rybnících v průběhu sledování (od 1. 5. do 20. 9. 2015, celkem 11 vzorků). Uvedené hodnoty jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka, v závorce je uveden rozsah (min. – max.).

| Ukazatel / rybník   | Ohrada                             | Záhumní velký                      | Vlkava                              |
|---|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Průhlednost [cm]  | 23,6 $\pm$ 4,3<br>(20 – 30)        | 21,4 $\pm$ 9,1<br>(10 – 35)        | 30 $\pm$ 26,9<br>(10 – 110)         |
| Teplota vzduchu [°C]                                      | 21,2 $\pm$ 6,1<br>(11,5 – 31,5)    | 22,1 $\pm$ 6,5<br>(12,5 – 33,5)    | 22 $\pm$ 6,9<br>(12,5 – 34)         |
| Teplota vody - hladina [°C]                               | 20,2 $\pm$ 3,8<br>(15 – 25,8)      | 21,1 $\pm$ 4,1<br>(14 – 27,5)      | 22,2 $\pm$ 4,1<br>(15,4 – 28,4)     |
| Teplota vody - 1,5 m [°C] <sup>1</sup>                    | 19 $\pm$ 2,8<br>(15 – 23,7)        | 19,5 $\pm$ 3<br>(13,9 – 23,9)      | 20 $\pm$ 2,5<br>(15,4 – 24)         |
| O <sub>2</sub> - hladina [mg·l <sup>-1</sup> ]            | 13,5 $\pm$ 5,9<br>(5 – 21,2)       | 11,9 $\pm$ 6,5<br>(1,9 – 21,5)     | 12,8 $\pm$ 4,4<br>(6,7 – 23,9)      |
| O <sub>2</sub> - 1,5 m [mg·l <sup>-1</sup> ] <sup>2</sup> | 7 $\pm$ 4,9<br>(0,9 – 18,5)        | 7,5 $\pm$ 5,6<br>(0,5 – 19,4)      | 4,6 $\pm$ 2,9<br>(0 – 9,1)          |
| pH  | 8,7 $\pm$ 0,6<br>(7,7 – 9,8)       | 8,4 $\pm$ 0,7<br>(7,2 – 9,3)       | 8,5 $\pm$ 0,3<br>(8,1 – 8,9)        |
| ORP - hladina [mV]  | 37,8 $\pm$ 24<br>(15 – 82)         | 36 $\pm$ 29,1<br>(3 – 90)          | 25,8 $\pm$ 22,4<br>(- 1 – 68)       |
| ORP - 0,5 m [mV] <sup>3</sup>                             | 47,2 $\pm$ 30,3<br>(5 – 90)        | 48,8 $\pm$ 27,6<br>(15 – 104)      | 0 $\pm$ 71,3<br>(- 140 – 84)        |
| ORP - 1,5 m [mV] <sup>4</sup>                             | 50,8 $\pm$ 30,8<br>(12 – 100)      | 62,5 $\pm$ 41,4<br>(20 – 145)      | - 56,5 $\pm$ 115,1<br>(- 241 – 110) |
| KNK <sub>4,5</sub> [mmol·l <sup>-1</sup> ]                | 4,4 $\pm$ 0,6<br>(3,4 – 5,3)       | 2,2 $\pm$ 0,3<br>(1,6 – 2,8)       | 2,3 $\pm$ 0,3<br>(1,6 – 2,7)        |
| ZNK <sub>8,3</sub> [mmol·l <sup>-1</sup> ]                | - 0,01 $\pm$ 0,32<br>(- 0,4 – 0,4) | - 0,03 $\pm$ 0,19<br>(- 0,3 – 0,2) | - 0,02 $\pm$ 0,19<br>(- 0,3 – 0,25) |

<sup>1</sup> Na rybníce Ohrada byla teplota vody měřena v hloubce 0,5 m.

<sup>2</sup> Na rybníce Ohrada byl obsah kyslíku měřen v hloubce 0,5 m.

<sup>3</sup> Na rybníce Ohrada byl ORP měřen v hloubce 0,2 m.

<sup>4</sup> Na rybníce Ohrada byl ORP měřen v hloubce 0,5 m.

## 4.2 Anorganické parametry kvality vody

Pod čistírnami odpadních vod Boseň a Vlkava a na rybnících Ohrada a Vlkava bylo v průběhu roku 2015 provedeno celkem 5 odběrů spojených s analýzou vybraných anorganických parametrů v akreditované laboratoři ALS CZ, s.r.o. v České Lípě. Na rybníce Záhumenní velký bylo vzhledem k již zmiňovanému úhynu provedeno rozborů více. Při jednotlivých měřeních však nebyly vždy zjišťovány stejné parametry, proto je u každého z nich vždy uveden počet (n) ze kterého byla vypočítána výsledná průměrná hodnota, resp. směrodatná odchylka. Maximální výše povoleného znečištění, kterou lze do povrchových vod z ČOV, které byly v rámci této práce monitorovány, je provozními řády těchto čistíren stanovena jen pro některé parametry ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$  a  $NL_{105}$ ). Z důvodu větší přehlednosti je proto tato kapitola rozdělena na dvě podkapitoly, přičemž v té první jsou uvedeny výsledky parametrů, u kterých byly známy koncentrace, které mohou ČOV Jabkenice a ČOV Vlkava do povrchových vod vypouštět. V té druhé jsou pak uvedeny zbývající parametry, u kterých tyto koncentrace známy nebyly ( $TN$ ,  $TP$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ). Kompletní přehled všech naměřených anorganických parametrů kvality vody je uveden v příloze (Ohrada: příloha č. 10, Záhumenní velký: příloha č. 11, Vlkavský rybník: příloha č. 12).

### 4.2.1 Zjištěné hodnoty parametrů $BSK_5$ , $CHSK_{Cr}$ , $N-NH_4^+$ a $NL_{105}$ na odtocích z ČOV a v rybnících

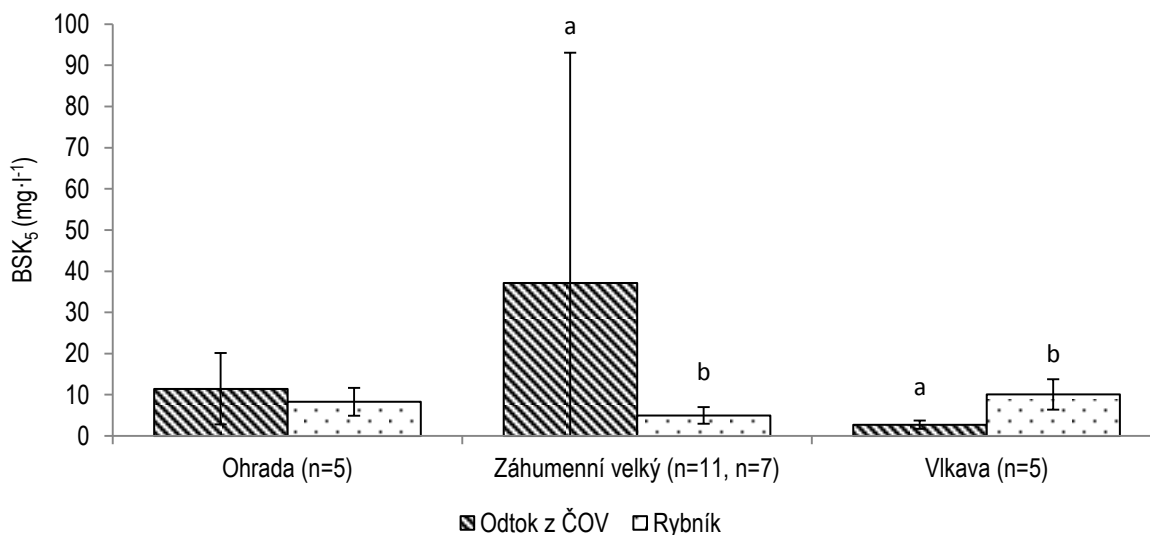
#### Biochemická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ )

V rámci ČOV Boseň a rybníku Ohrada nebyl signifikantní rozdíl v parametru  $BSK_5$  mezi odběrovým místy prokázán.

Maximální povolené znečištění, vyjádřené jako  $BSK_5$ , které lze vypouštět do povrchových vod z ČOV Jabkenice (Záhumenní velký) je  $35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Z jedenácti provedených odběrů byl tento limit překročen celkem třikrát (19. 5. 2015 –  $35,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; 11. 1. 2016 –  $68 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a 9. 6. 2016 –  $206 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Poslední zmíněná hodnota nepochybně ovlivnila výsledný průměr. Rybník samotný vykazoval nejnižší průměrné hodnoty  $BSK_5$  ze všech sledovaných rybníků ( $4,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), přitom znečištění, které do něho z ČOV Jabkenice přitékalo, bylo ze všech sledovaných lokalit nejvyšší (průměrná hodnota  $BSK_5$   $37 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Na odtoku z ČOV Jabkenice byl signifikantně vyšší obsah  $BSK_5$  než v rybníce Záhumenní velký.

ČOV Vlkava za celou dobu sledování nepřekročila maximální povolený limit pro

BSK<sub>5</sub> (20 mg·l<sup>-1</sup>). V rybníce Vlkava byl naopak prokázán signifikantně vyšší obsah BSK<sub>5</sub> než na odtoku z ČOV. Průměrné hodnoty BSK<sub>5</sub> v rybnících nesplňovaly výše imisního standardu pro kaprové vody podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Porovnání naměřených hodnot BSK<sub>5</sub> na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 1.



**Graf č. 1:** Porovnání naměřených hodnot BSK<sub>5</sub> na odtocích z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní (p<0,05) rozdíl mezi odběrovými místy.

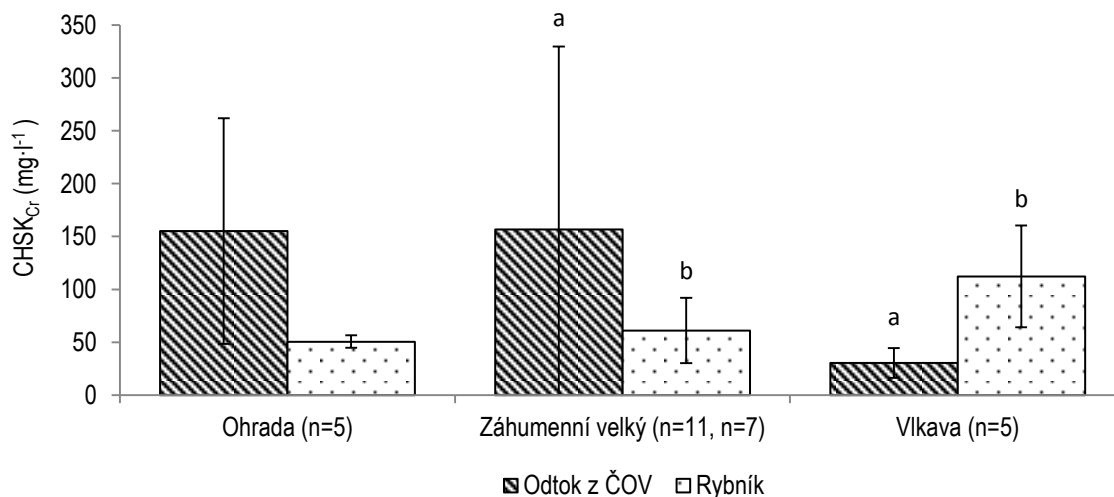
### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

Ačkoli pro ČOV Ohrada nebyl při psaní této práce k dispozici její provozní řád, koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> naměřené na jejím odtoku byly poměrně vysoké, především 19. 5. 2015 a 16. 6. 2015 byly zjištěny koncentrace 219, resp. 325 mg·l<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi odběrovými místy však statisticky prokázán nebyl.

ČOV Jabkenice porušila limit maximálního povoleného vypouštěného znečištění, vyjádřeného jako CHSK<sub>Cr</sub> (90 mg·l<sup>-1</sup>) celkem sedmkrát z jedenácti celkových odběrů. Za zmínku stojí především odběr z 9. 6. 2016, kdy byla na odtoku zjištěna koncentrace 690 mg·l<sup>-1</sup>. S největší pravděpodobností došlo k tomuto datu k selhání technologie na čistírně, neboť druhá nejvyšší zjištěná hodnota byla „jen“ 183 mg·l<sup>-1</sup> (11. 1. 2016). Na odtoku z ČOV Jabkenice byl signifikantně vyšší obsah CHSK<sub>Cr</sub> než v rybníce Záhumenní velký.

ČOV Vlkava za celou dobu sledování nepřekročila maximální povolený limit pro CHSK<sub>Cr</sub> (90 mg·l<sup>-1</sup>). Nejvyšší naměřená hodnota CHSK<sub>Cr</sub> na odtoku z této ČOV byla 16. 6. 2015 – 49 mg·l<sup>-1</sup>. V rybníce Vlkava byl naopak prokázán signifikantně vyšší obsah CHSK<sub>Cr</sub> než na odtoku z ČOV. Průměrné hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> v rybnících nesplňovaly výše

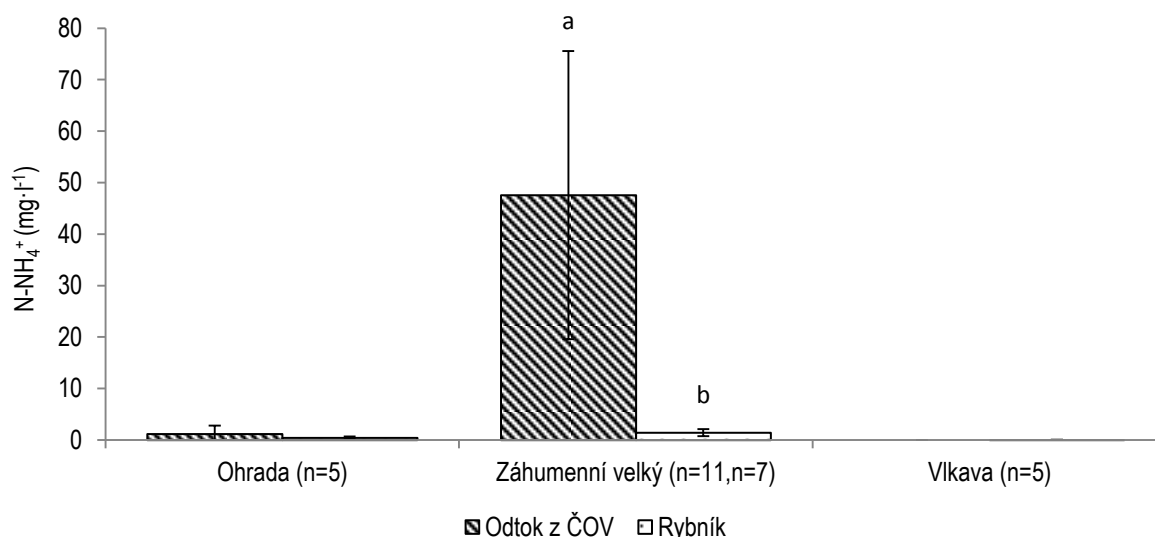
imisičního standardu pro kaprové vody podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Porovnání naměřených hodnot  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 2.



**Graf č. 2:** Porovnání naměřených hodnot  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.

### Amoniakální dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ )

U amoniakálního dusíku ( $\text{N-NH}_4^+$ ) jsou nejvíce patrné rozdíly mezi účinností sledovaných ČOV. Zatímco na odtocích z čistíren Boseň a Vlkava nebyly za celou dobu sledování zaznamenány žádné, nebo jen velmi nízké koncentrace  $\text{N-NH}_4^+$ , na odtoku z ČOV v Jabkenicích se limit  $8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  podařilo splnit jen jednou z 11 měření. Především je důležité zdůraznit fakt, že tyto koncentrace byly mnohonásobně vyšší než povolený limit. Průměrná hodnota  $\text{N-NH}_4^+$  na odtoku z ČOV Jabkenice z 11 provedených odběrů byla  $47,59 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrné hodnoty  $\text{N-NH}_4^+$  v rybníku Ohrada ( $0,443 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) a v rybníku Záhumenní velký ( $1,41 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) nesplňovaly výše imisičního standardu pro kaprové vody podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Na rybníku Vlkava (průměrná hodnota  $0,038 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$   $\text{N-NH}_4^+$ ) byla naopak výše imisičního standardu podle NV č. 401/2015 Sb. splněna. Porovnání naměřených hodnot  $\text{N-NH}_4^+$  na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 3.



**Graf č. 3:** Porovnání naměřených hodnot amoniakálního dusíku ( $\text{N-NH}_4^+$ ) na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.

### Nerozpuštěné látky

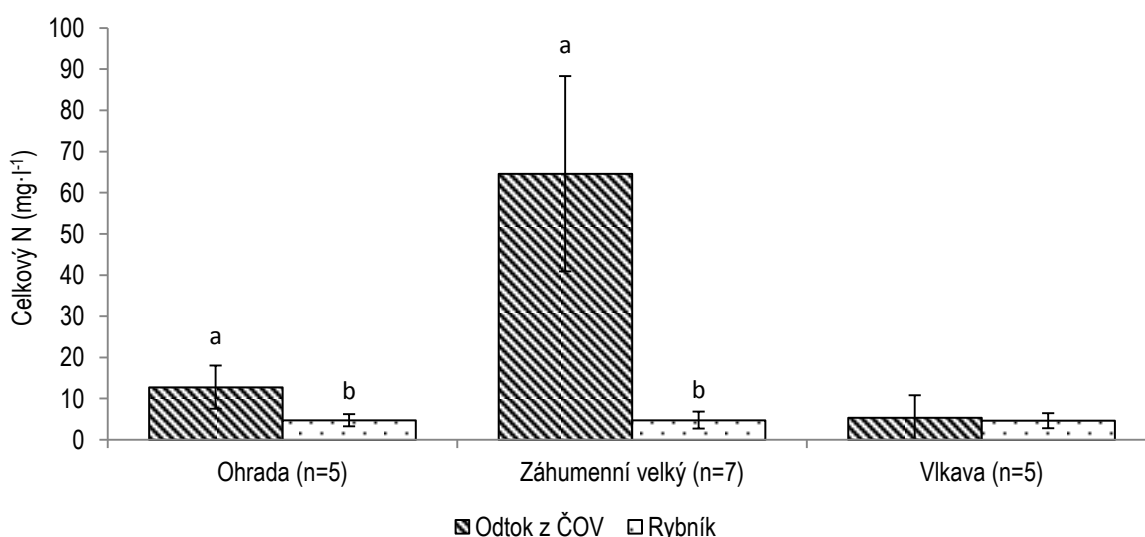
Nerozpuštěné látky, vyjádřené jako  $\text{NL}_{105}$  byly měřeny pouze na odtoku z ČOV v Jabkenicích. Celkem byla provedena čtyři měření (11. 1. 2016 –  $107 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; 9. 6. 2016 –  $484 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; 27. 9. 2016 –  $11 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a 24. 10. 2016 –  $23 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). V provozním řádu ČOV není specifikováno, zda se jedná o stanovení nerozpuštěných látek žiháním, resp. spálením organické hmoty při  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\text{NL}_{550}$ ) nebo o stanovení odparem, resp. sušením při  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\text{NL}_{150}$ ). Nicméně vzorky vody na analýzu tohoto parametru odebírala přímo akreditovaná laboratoř, proto je v rámci této práce vycházeno z toho, že se v provozním řádu ČOV jedná o  $\text{NL}_{105}$  a nikoli o hodnotu  $\text{NL}_{550}$ . Maximální hodnota povoleného znečištění vyjádřeného jako NL, kterou lze v rámci této ČOV vypouštět je  $20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Tato hodnota tedy byla porušena třikrát ze čtyř provedených odběrů.

Z výsledků této podkapitoly vyplývá, že ČOV v Jabkenicích porušuje maximální přípustné hodnoty znečištění, které může vypouštět do povrchových vod. Grafické znázornění překračování maximálních hodnot povoleného znečištění vypouštěného z ČOV v Jabkenicích v průběhu let 2014, 2015 a 2016 je uvedeno v příloze č. 13.

#### 4.2.1 Zjištěné hodnoty parametrů TN, TP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na odtocích z ČOV a v rybnících

##### Celkový dusík (TN)

Během měření bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty TN vypouští do recipientu ČOV Jabkenice, oproti dvěma zbylým sledovaným čistírnám to bylo řádově o desítky miligramů na litr více. Průměrné hodnoty TN v rybnících splňovaly výše imisního standardu pro kaprové vody podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Signifikantně vyšší obsah TN na odtocích z ČOV oproti rybníkům byl zjištěn u rybníků Ohrada a Záhumenní velký. V rámci ČOV Vlkava a rybníku Vlkava nebyl signifikantní rozdíl v parametru TN mezi odběrovými místy prokázán. Porovnání naměřených hodnot TN na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 4.

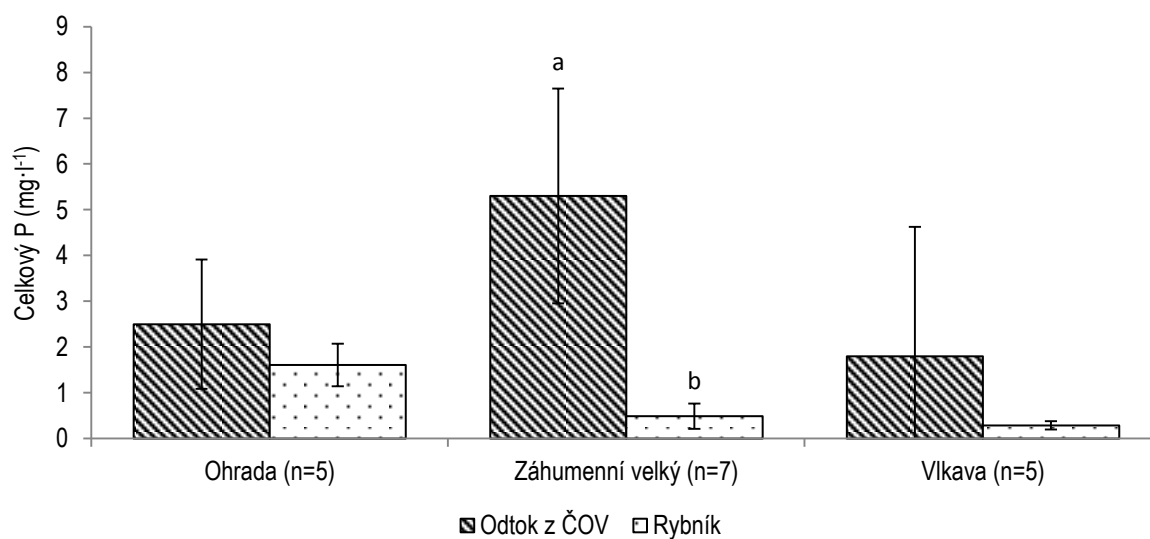


**Graf č. 4:** Porovnání naměřených hodnot celkového dusíku (TN) na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.

##### Celkový fosfor (TP)

V průběhu sledování bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty TP vypouští do recipientu ČOV Jabkenice (průměrná hodnota TP ze 7 provedených měření byla 5,3 mg·l<sup>-1</sup>). Voda na odtoku z této ČOV vykazovala signifikantně vyšší obsah TP než voda v rybníce Záhumenní velký, kam je tato čistírna zaústěna. U obou zbývajících čistíren (Boseň, resp. Vlkava) a rybníků, do nichž jsou zaústěny (Ohrada, resp. Vlkava) nebyl rozdíl prokázán. Průměrné hodnoty TP v rybnících nesplňovaly výše imisního standardu pro kaprové vody

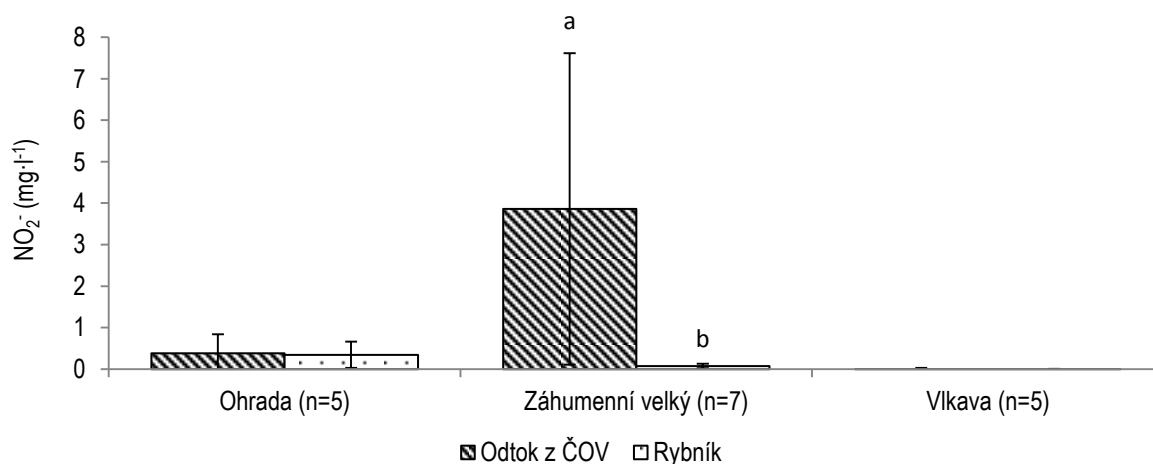
podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Porovnání naměřených hodnot TP na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 5.



**Graf č. 5:** Porovnání naměřených hodnot celkového fosforu (TP) na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.

### Dusitany ( $\text{NO}_2^-$ )

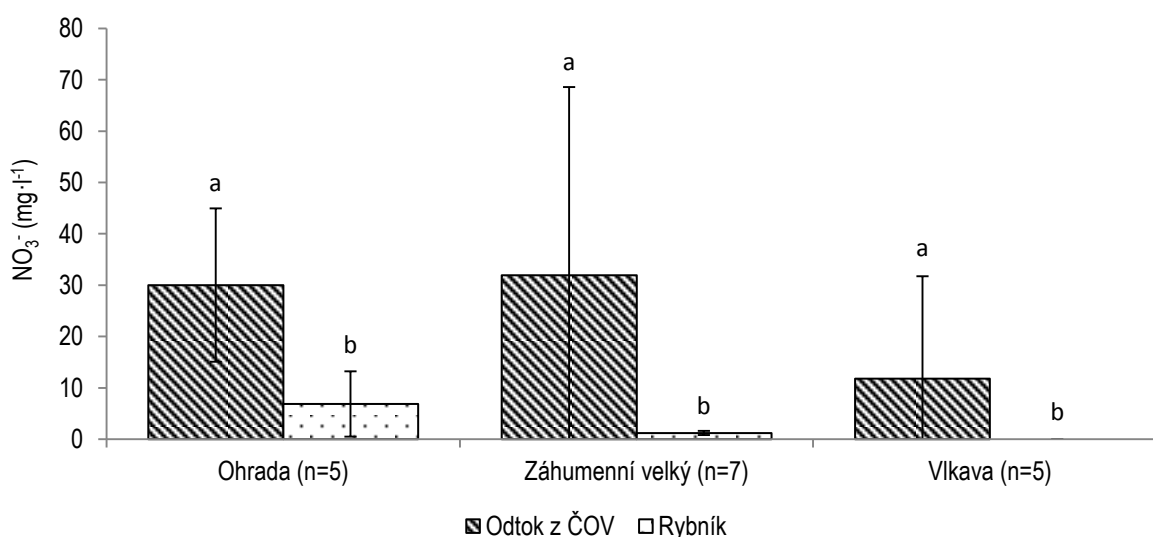
Během sledování obsahu dusitanů ( $\text{NO}_2^-$ ) na odtocích z ČOV a v rybnících bylo zjištěno, že nejvyšší hodnoty  $\text{NO}_2^-$  vypouští do recipientu ČOV Jabkenice (průměrná hodnota  $\text{NO}_2^-$  ze 7 provedených odběrů byla  $3,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Voda na odtoku z této ČOV vykazovala signifikantně vyšší obsah  $\text{NO}_2^-$  než voda v rybníce Záhumenní velký, kam je tato čistírna zaústěna. U obou zbývajících čistíren (Boseň, resp. Vlkava) a rybníků, do nichž jsou zaústěny (Ohrada, resp. Vlkava) nebyl rozdíl prokázán. Ve vládním nařízení č. 401/2015 Sb. není uvedena výše imisního standardu  $\text{NO}_2^-$  pro kaprové vody. Porovnání naměřených hodnot  $\text{NO}_2^-$  na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 6.



**Graf č. 6:** Porovnání naměřených hodnot dusitanů ( $\text{NO}_2^-$ ) na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.

### Dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ )

Na všech odtocích z ČOV byl signifikantně vyšší obsah  $\text{NO}_3^-$  než v rybnících do nichž jsou tyto čistírny zaústěny. Průměrné hodnoty  $\text{NO}_3^-$  v rybnících splňovaly, vyjma rybníku Ohrada, výše imisního standardu pro kaprové vody podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Porovnání naměřených hodnot  $\text{NO}_3^-$  na odtoku z čistíren a v rybnících zobrazuje graf č. 7.



**Graf č. 7:** Porovnání naměřených hodnot dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) na odtoku z čistíren a v rybnících. Vynesené hodnoty jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi odběrovými místy.



### 4.3 Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký v letech 2014 a 2015

První totální úhyn rybí obsádky proběhl na tomto rybníce 14. 8. 2014, kdy uhynulo cekem 80 q ryb, převážně kaprů. Přesně rok poté proběhl opět hromadný úhyn rybí obsádky. V obou případech proběhl úhyn v ranních hodinách. Informace o fyzikálně – chemických parametrech kvality vody z prvního úhynu (rok 2014) nejsou k dispozici.

#### Fyzikálně – chemické parametry kvality vody při úhynu ryb na rybníce Záhumenní velký v roce 2015

Den před samotným úhynem (13. 8. 2015) byly ve vodě zjištěny nízké koncentrace ve vodě rozpuštěného kyslíku. V 9:00 hod. ráno bylo u hladiny naměřeno 2,5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (30 % nasycení) a v hloubce 1,5 m jen 1,5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> (18 % nasycení). Na hladině byly ten den spatřeny první uhynulé kusy ryb, jednalo se především o druhy náročnější na obsah kyslíku (amur, okoun, štika). Kapři byli shromážděni v blízkosti technické aerace, kde byl v té době obsah kyslíku pravděpodobně nejvyšší z celého rybníka. Druhý den ráno (tj. 14. 8. 2015) byl zjištěn hromadný úhyn rybí obsádky. Obsah kyslíku ve vodě u hladiny byl v 8:00 hod. ráno 3,19 mg·l<sup>-1</sup> (38 % nasycení) a v hloubce 1,5 m 3 mg·l<sup>-1</sup> (36 % nasycení). Fotografie z úhynu jsou zobrazeny v příloze č. 14. Přehled všech zjištěných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody během úhynu zobrazuje tabulka č. 14.

**Tabulka č. 14:** Fyzikálně – chemické vlastnosti vody na rybníce Záhumenní velký při úhynu ryb v srpnu 2015 (13. 8. 2015 – měřeno v 9 hodin ráno, 14. 8. 2015 měřeno v 8 hodin ráno).

| Ukazatel                                       | Datum |       | Ukazatel                                   | Datum |       |
|--|-------|-------|--|-------|-------|
|  | 13.8. | 14.8. |  | 13.8. | 14.8. |
| Průhlednost [cm]                               |       | 20    | pH   |       | 7,8   |
| Teplota vzduchu [°C]                           |       | 25    | ORP - hladina [mV]                         | 40    | 3     |
| Teplota vody - hladina [°C]                    | 26    | 25,5  | ORP - 0,7 m [mV]                           |       | 55    |
| Teplota vody - 1,5 m [°C]                      | 26    | 25,5  | ORP - 1,5 m [mV]                           | 50    | 43    |
| O <sub>2</sub> - hladina [mg·l <sup>-1</sup> ] | 2,5   | 3,19  | KNK <sub>4,5</sub> [mmol·l <sup>-1</sup> ] |       | 2,6   |
| O <sub>2</sub> - 1,5 m [mg·l <sup>-1</sup> ]   | 1,5   | 3     | ZNK <sub>8,3</sub> [mmol·l <sup>-1</sup> ] |       | 0,2   |

#### Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu ryb v roce 2014

Ihned po zjištění úhynu bylo přistoupeno k odběru vzorků vody pro laboratorní vyšetření. Vzorky vody byly odebrány na odtoku z ČOV a v místě výpustního zařízení rybníka. Výsledky rozborů vody ukázaly mnohonásobné překročení povoleného limitu pro

ukazatel  $\text{N-NH}_4^+$  ( $99,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Výsledky analýzy vody na vybrané anorganické parametry při úhynu ryb v srpnu 2014 zobrazuje tabulka č. 15.

**Tabulka č. 15:** Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumní velký při úhynu ryb v srpnu 2014. Odběr byl proveden 14. 8. 2014 v 9 hodin ráno (ALS CZ, s.r.o.).

| Parametr  | Odtok z ČOV | Rybník |
|---|-------------|--------|
| BSK <sub>5</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                        | 10,3        | 7      |
| Celkový dusík [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                           | 105         | 8,3    |
| Chloridy [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                                | 91,7        | 16,7   |
| CSHK <sub>Cr</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                      | 80          | 55     |
| Dusičnany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                               | 1,8         | <0,27  |
| Dusitany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                                | 2,51        | 0,0055 |
| Amoniakální dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ ) [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ] | 99,3        | 1,91   |
| Celkový fosfor [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                          | 3,25        | 0,95   |

### Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumní velký během úhynu ryb v roce 2015

Stejně jako v předcházejícím roce byly i při úhynu ryb v srpnu 2015 odebrány vzorky vody pro laboratorní vyšetření na odtoku z ČOV a u vypustního zařízení rybníka. Aby nemohlo být pochybováno o věrohodnosti odebraných vzorků, byl u jejich odběru přítomen zástupce vodoprávního úřadu (MěÚ Mladá Boleslav). Opět bylo zjištěno vysoké překročení limitů pro parametr  $\text{N-NH}_4^+$  ( $63,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Výsledky analýzy vody na vybrané anorganické parametry při úhynu ryb v srpnu 2015 zobrazuje tabulka č. 16.

**Tabulka č. 16:** Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumní velký při úhynu ryb v srpnu 2015. Odběr byl proveden 14. 8. 2015 v 8 hodin ráno (ALS CZ, s.r.o.).

| Parametr  | Odtok z ČOV | Rybník |
|---|-------------|--------|
| BSK <sub>5</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                        | 14,6        | 5,6    |
| Celkový dusík [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                           | 72,7        | 5,1    |
| Amoniak a amonné ionty [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                  | 81,9        | 2,67   |
| CSHK <sub>Cr</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                      | 78          | 92     |
| Dusičnany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                               | 21,4        | <0,27  |
| Dusitany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                                | 5,9         | 0,06   |
| Amoniakální dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ ) [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ] | 63,9        | 2,08   |
| Celkový fosfor [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                          | 2,63        | 0,65   |
| Chlorofyl a [ $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ]                           | -           | 151    |

Nezávisle na předchozí analýze byl proveden odběr vzorků vody také pro Státní veterinární ústav v Praze – oddělení chemie. Výsledky analýzy odebraných vzorků tohoto institutu na vybrané anorganické parametry během úhynu v srpnu 2015 zobrazuje tabulka č. 17. Výsledky potvrdily předchozí analýzy společnosti ALS CZ, s.r.o. Je patrné velmi vysoké množství amonných iontů, kdy jejich část je ve formě toxického volného amoniaku.

**Tabulka č. 17:** Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu ryb v srpnu 2015 Odběr byl proveden 14. 8. 2015 v 8 hodin ráno (Státní veterinární ústav Praha – oddělení chemie).

| Parametr   | Odtok z ČOV | Rybník |
|--|-------------|--------|
| Amonné ionty [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]       | 86,88       | 3,67   |
| Amoniak volný [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]      | 1,487       | 0,0599 |
| Chloridy [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]           | 143,8       | 40,1   |
| CSHK <sub>Mn</sub> [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ] | 29,09       | 23,6   |
| Dusičnany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]          | 35,58       | <0,5   |
| Dusitany [ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ]           | 4,63        | 0,19   |

### 4.3 Hospodářské výsledky na sledovaných rybnících za rok 2015

Souhrnná tabulka o výsledcích hospodaření na jednotlivých rybnících za rok 2015 je uvedena v příloze (příloha č. 15).

#### 4.3.1 Rybník Ohrada

Na rybníce Ohrada bylo 13. 3. 2016 sloveno 480 ks K<sub>3</sub> o průměrné kusové hmotnosti 2,08 kg. Celkový přírůstek kapra byl 941 kg·ha<sup>-1</sup>, z toho přirozená produkce byla vypočtena na 382 kg·ha<sup>-1</sup>. Těchto produkčních výsledků bylo dosaženo při RKK 2,38. Nejpriznivějšího RKK bylo dosaženo v období od 25. 3. 2015 do 24. 6. 2015 (1,76). Nejhorší RKK byl naopak prokázán v období od 31. 7. 2015 do 28. 8. 2015 (2,98). S ohledem na RKK se náklady na 1 kg přírůstku pohybovaly od 6,9 do 11,6 Kč. Nejvyšší dosažená specifická rychlost růstu byla zjištěna v období od 25. 3. 2015 do 24. 6. 2015 (1,35 %·den<sup>-1</sup>), nejnižší naopak od 30. 9. 2015 od 11. 11. 2015 (0,03 %·den<sup>-1</sup>). Hodnota SGR za celý produkční cyklus byla 0,88 %·den<sup>-1</sup>. V období od nasazení (25. 3. 2015) do začátku sledování (1. 5. 2015) část obsádky uhynula, mortalita činila 36 %. Tyto ryby byly z rybníka odstraněny. V tabulce zobrazující přehled dosažených produkčních výsledků (tabulka č. 18) jsou tyto ztráty již započítány.

**Tabulka č. 18:** Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Ohrada v roce 2015.

| Ukazatel   | Nasazeno           | Den odchovu (kontrolní odlovy) - 2015 |       |       |        |                        | Výlov                   | Hospodářský<br>výsledek |
|--|--------------------|---------------------------------------|-------|-------|--------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | D0                 | D91                                   | D128  | D156  | D189   | D354                   |                         |                         |
| Datum  | 25. 3. 2015        | 24.6.                                 | 31.7. | 28.8. | 30.9.  | 13. 3. 2016            | –                       |                         |
| Biomasa obsádky [kg·ha <sup>-1</sup> ]                 | 152,5 <sup>5</sup> | 519,5                                 | 790,6 | 988,2 | 1157,6 | 1175                   | –                       |                         |
| Nárůst biomasy obsádky [kg·ha <sup>-1</sup> ]          | –                  | 367,1                                 | 271,1 | 197,6 | 169,4  | 17,4                   |                         |                         |
| Kusová hmotnost [kg·ks <sup>-1</sup> ]                 | 0,27               | 0,92                                  | 1,4   | 1,75  | 2,05   | 2,08                   | 2,08                    |                         |
| Kusový přírůstek [kg·ks <sup>-1</sup> ]                | –                  | 0,65                                  | 0,48  | 0,35  | 0,3    | 0,22                   | 1,81                    |                         |
| Počet dní  | 0                  | 91                                    | 37    | 28    | 33     | 165                    | 354                     |                         |
| SGR <sub>1-5</sub> [%·den <sup>-1</sup> ] <sup>6</sup> | –                  | 1,35                                  | 1,13  | 0,8   | 0,48   | 0,03 (42) <sup>7</sup> | 0,88 (231) <sup>8</sup> |                         |
| RKK <sub>1-5</sub>                                     | –                  | 1,76                                  | 1,95  | 2,98  | 2,78   | –                      | 2,38                    |                         |
| Celková spotřeba krmiva [kg]                           | –                  | 550                                   | 450   | 500   | 400    | 0                      | 1900                    |                         |
| Spotřeba krmiva [kg·ha <sup>-1</sup> ]                 | –                  | 647,1                                 | 529,4 | 588,2 | 471    | 0                      | 2235,3                  |                         |
| Cena za 1 kg přírůstku [CZK] <sup>9</sup>              | –                  | 6,9                                   | 7,6   | 11,6  | 10,8   | 0                      | 9,3                     |                         |

#### 4.3.2 Rybník Záhumenní velký

Na rybníce Záhumenní velký bylo 10. 2. 2016 sloveno 250 ks K<sub>4</sub> o průměrné kusové hmotnosti 2,28 kg a 60 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 3 kg. V důsledku hromadného úhynu (14. 8. 2015) činila mortalita u kapra 92,9 %, u tolstolobika 92,5 % a u amura, lína a štiky 100 %. RKK od 20. 3. 2015 do 25. 6. 2015 dosáhl hodnoty 1,47 a od 25. 6. 2015 do 31. 7. 2015 hodnoty 2,49. SGR za celý produkční cyklus byla v porovnání s ostatními sledovanými rybníky nízká a to z důvodu úplného ukončení příkrmování po srpnovém hromadném úhynu. Přehled dosažených produkčních ukazatelů na rybníce Záhumenní velký za rok 2015 uvádí tabulka č. 19.

<sup>5</sup> Ztráty způsobené úhynem krátce po nasazení jsou započítány.

<sup>6</sup> SGR byla počítána od 25. 3. 2015 do 11. 11. 2015.

<sup>7</sup> Hodnota v závorce uvádí počet dní od posledního kontrolního odlovu (30. 9. 2015) do 11. 11. 2015 (konec počítání SGR).

<sup>8</sup> Hodnota v závorce uvádí počet dní, které byly použity pro výpočet SGR (25. 3. 2015 – 11. 11. 2015).

<sup>9</sup> Cena krmné pšenice v roce 2015 byla 3900 Kč·t<sup>-1</sup>.

**Tabulka č. 19:** Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Záhumní velký v roce 2015.

| Ukazatel  | Nasazeno     | Den odchovu (kontrolní odlovy) - 2015 |        |              | Výlov                   | Hospodářský výsledek      |
|---|--------------|---------------------------------------|--------|--------------|-------------------------|---------------------------|
|   | D0           | D213                                  | D249   | D263         | D402                    |                           |
| Datum   | 24. 11. 2014 | 25.6                                  | 31.7   | 14.8. - úhyn | 10. 2. 2016             | –                         |
| Biomasa obsádky K <sub>3</sub> [kg·ha <sup>-1</sup> ]   | 376          | 909,4 <sup>10</sup>                   | 1108,3 | –            | 97,4                    | –                         |
| Nárůst biomasy obsádky [kg·ha <sup>-1</sup> ]           | –            | 533,4                                 | 198,9  | –            | -1010,9                 | –                         |
| Kusová hmotnost [kg·ks <sup>-1</sup> ]                  | 0,63         | 1,6                                   | 1,95   | –            | 2,28                    | 2,28                      |
| Kusový přírůstek [kg·ks <sup>-1</sup> ]                 | –            | 0,97                                  | 0,35   | –            | 0,33                    | 1,65                      |
| Počet dní   | 0            | 97                                    | 36     | 14           | 194 <sup>11</sup>       | 402                       |
| SGR <sub>1-5</sub> [%·den <sup>-1</sup> ] <sup>12</sup> | –            | 0,96                                  | 0,55   | –            | 0,18 (89) <sup>13</sup> | 0,545 (236) <sup>14</sup> |
| RKK <sub>1-5</sub>                                      | –            | 1,47                                  | 2,49   | –            | –                       | –                         |
| Celková spotřeba krmiva [kg]                            | –            | 4600                                  | 2900   | 0            | 0                       | 7500                      |
| Spotřeba krmiva [kg·ha <sup>-1</sup> ]                  | –            | 786,3                                 | 495,7  | 0            | 0                       | 1282,1                    |
| Cena za 1 kg přírůstku [CZK] <sup>15</sup>              | –            | 5,7                                   | 9,7    | 0            | 0                       | –                         |

#### 4.3.3 Vlkavský rybník

Na rybníce Vlkava bylo 11. 11. 2015 sloveno 14 100 ks K<sub>3</sub> o průměrné kusové hmotnosti 1,8 kg, 320 ks amura o průměrné kusové hmotnosti 2,9 kg a 1800 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 3 kg. Celkový přírůstek kapra byl 1095 kg·ha<sup>-1</sup>, z toho přirozená produkce byla 425 kg·ha<sup>-1</sup>. Přežití obsádky kapra bylo 94 %, amura 64 % a tolstolobika 90 %. Těchto produkčních výsledků bylo dosaženo při RKK 2,45. Nejpriznivějšího RKK bylo dosaženo v období od 25. 9. do 11. 11. (0,95). Nejhorší RKK byl naopak prokázán v období od 16. 7. do 28. 8. (3,5). Nejvyšší dosažená rychlost růstu byla zjištěna v období od 20. 3. do 29. 6. (2,02 %·den<sup>-1</sup>), nejnižší naopak od 25. 9. do 11. 11. (0,19 %·den<sup>-1</sup>). Hodnota SGR za celý produkční cyklus byla 1,3 %·den<sup>-1</sup>. Přehled dosažených produkčních ukazatelů na rybníce Vlkava za rok 2015 uvádí tabulka č. 20.

<sup>10</sup> Normativní ztráty při komorování K<sub>3</sub> (5%) podle Hartvicha a Váchy (2002) jsou započítány

<sup>11</sup> Počet dní od posledního kontrolního odlovu (31. 7. 2015).

<sup>12</sup> SGR byla počítána od 20. 3. 2015 do 11. 11. 2015.

<sup>13</sup> Hodnota v závorce uvádí počet dní od úhynu (14. 8. 2015) do 11. 11. 2015 (konec počítání SGR).

<sup>14</sup> Hodnota v závorce uvádí počet dní, které byly použity pro výpočet SGR (20. 3. 2015 – 11. 11. 2015).

<sup>15</sup> Cena krmné pšenice v roce 2015 byla 3900 Kč·t<sup>-1</sup>.

**Tabulka č. 20:** Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Vlkava v roce 2015.

| Ukazatel  | Nasazeno | Den odchovu (kontrolní odlovy) - 2015 |       |        |        | Výlov  | Hospodářský výsledek |
|---|----------|---------------------------------------|-------|--------|--------|--------|----------------------|
|   | D0       | D101                                  | D118  | D161   | D189   | D236   |                      |
| Datum   | 20.3.    | 29.6.                                 | 16.7. | 28.8.  | 25.9.  | 11.11. | –                    |
| Biomasa obsádky K <sub>2</sub> [kg·ha <sup>-1</sup> ] | 54,3     | 395,6 <sup>16</sup>                   | 484,9 | 861,3  | 1052,7 | 1148,4 | –                    |
| Nárůst biomasy obsádky [kg·ha <sup>-1</sup> ]         | –        | 341,3                                 | 89,3  | 376,4  | 191,4  | 95,7   | 1094,1               |
| Kusová hmotnost [kg·ks <sup>-1</sup> ]                | 0,08     | 0,62                                  | 0,76  | 1,35   | 1,65   | 1,8    | 1,8                  |
| Kusový přírůstek [kg·ks <sup>-1</sup> ]               | –        | 0,54                                  | 0,14  | 0,59   | 0,3    | 0,15   | 1,72                 |
| Počet dní   | 0        | 101                                   | 17    | 43     | 28     | 47     | 236                  |
| SGR <sub>1-5</sub> [%·den <sup>-1</sup> ]             | –        | 2,02                                  | 1,19  | 1,33   | 0,71   | 0,19   | 1,3                  |
| RKK <sub>1-5</sub>                                    | –        | 1,88                                  | 2,13  | 3,5    | 2,22   | 0,95   | 2,45                 |
| Celková spotřeba krmiva [kg]                          | –        | 14200                                 | 4200  | 29400  | 9400   | 2000   | 59200                |
| Spotřeba krmiva [kg·ha <sup>-1</sup> ]                | –        | 642,5                                 | 190,0 | 1330,3 | 425    | 90,5   | 2678,7               |
| Cena za 1 kg přírůstku [CZK] <sup>17</sup>            | –        | 7,3                                   | 8,3   | 13,7   | 8,7    | 3,7    | 9,6                  |

#### 4.3.4 Bilance fosforu (TP) a dusíku (TN)

Výpočtem látkové bilance živin bylo zjištěno, že na rybnících Ohrada a Vlkava docházelo k retenci celkového fosforu, na rybníce Záhumenní velký nebyla retence TP a TN z důvodu úhynu obsádky počítána. Na rybníce Ohrada byla zjištěna vyšší retence TP (-942 g·ha<sup>-1</sup>) než na rybníce Vlkava (-30 g·ha<sup>-1</sup>). Na rybníce Ohrada došlo v jarním období k hromadnému úhynu (36 % ztráty), ale tyto uhynulé kusy byly z rybničního prostředí odstraněny, pokud by se na tuto skutečnost nebral ohled, vycházela by retence -247 g·ha<sup>-1</sup>. Na obou zmíněných rybnících byla naopak prokázána dotace TN do rybničního prostředí. Bilanci celkového TP a TN na sledovaných rybnících zobrazuje tabulka č. 21.

**Tabulka č. 21:** Bilance celkového fosforu a dusíku bez započtení vlivů přítoku a odtoku s přepočtem na hektar plochy.

| Rybník<br>[výměra ha]     | Ukazatel  | Krmivo  | Vstup                            |                              | Výstup - výlovem<br>ryb [g·ha <sup>-1</sup> ] | Bilance celkem<br>[g·ha <sup>-1</sup> ] |
|---------------------------|-----------|---------|----------------------------------|------------------------------|---|---|
|                           |           |         | násada ryb [g·ha <sup>-1</sup> ] | krmení [g·ha <sup>-1</sup> ] |   |   |
| Ohrada (0,85)             | Celkový P | pšenice | 1906                             | 7376                         | 10224 (9529) <sup>18</sup>                    | -942 (-247)                             |
|                           | Celkový N |         | 6824                             | 42918                        | 36605 (34118)                                 | 13137 (15624)                           |
| Záhumenní velký<br>(5,85) | Celkový P | pšenice | 3046                             | 4231                         | ÚHYN  |   |
|                           | Celkový N |         | 10906                            | 24615                        |   |   |
| Vlkava (22,1)             | Celkový P | pšenice | 440                              | 8840                         | 9310  | -30                                     |
|                           | Celkový N |         | 1575                             | 51432                        | 33330   | 19676                                   |

<sup>16</sup> Ztráty K<sub>2</sub> zjištěné při výlovu rybníka (6 %) jsou započítány.

<sup>17</sup> Cena krmné pšenice v roce 2015 byla 3900 Kč·t<sup>-1</sup>.

<sup>18</sup> Hodnoty v závorkách uvádí výstup, resp. bilanci TP a TN bez uhynulých ryb. Tyto ryby však byly z rybničního prostředí odebrány. Prezentované hodnoty jsou tak pouze doplňujícího charakteru.

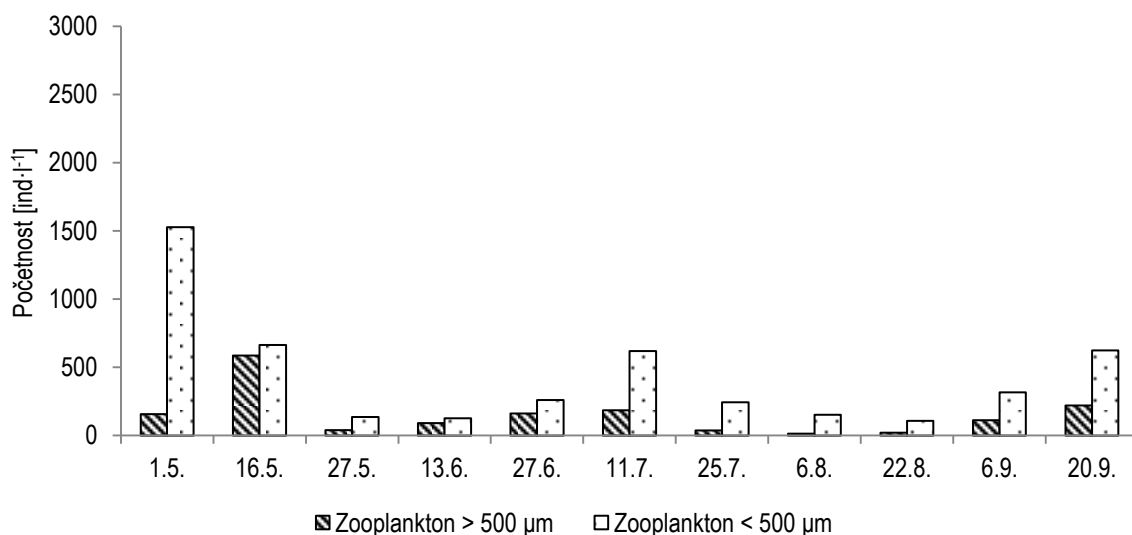
## 4.4 Zooplankton

### 4.4.1 Rybník Ohrada

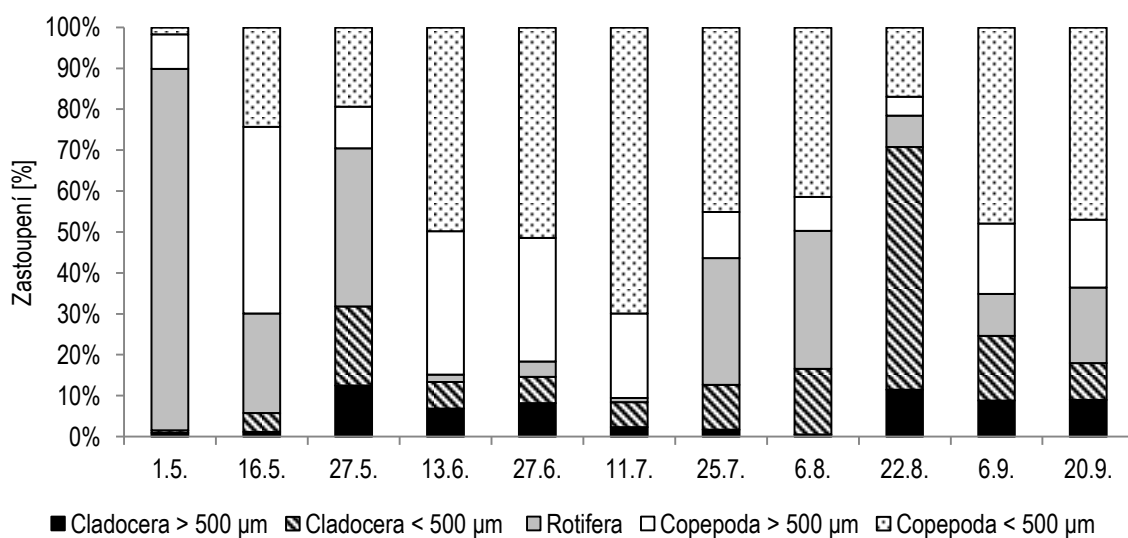
V průběhu vegetační sezóny roku 2015 bylo na rybníce Ohrada zaznamenáno celkem 15 druhů zooplanktonních organismů. Řád perlooček (*Cladocera*) byl zastoupen čeleděmi *Bosminidae* (*Bosmina longirostris*), *Daphniidae* (*Ceriodaphnia* sp., *Daphnia galeata*, *D. longispina*, *D. magna* a *D. pulicaria*) a *Eurycercidae* (*Chydorus sphaericus*). Kmen vířníci (*Rotifera*) byl zastoupen druhy *Asplanchna* sp., *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. rubens* a *Keratella quadrata*. Podtřída klanonožci byla tvořena řádem buchanky (*Cyclopoida*). Jejich rozřídění spočívalo v rozdělení na dospělé jedince a kopepoditová stádia.

Nejvyšší početnost zooplanktonu většího než 500  $\mu\text{m}$  byla zjištěna v polovině května (587 ind·l<sup>-1</sup>), jednalo se především o dospělé buchanky. Naopak nejnižší početnost byla zaznamenána na začátku srpna (15 ind·l<sup>-1</sup>). Pravděpodobné snížení vyžíracího tlaku rybí obsádky od začátku září, zřejmě způsobilo mírný nárůst početnosti jedinců větších než 500  $\mu\text{m}$  v tomto období. Na konci září pak bylo dosaženo druhého maxima v početnosti těchto větších jedinců a to 220 ind·l<sup>-1</sup>. Dynamika změn v abundanci zooplanktonu většího a menšího než 500  $\mu\text{m}$  je zobrazena v grafu č. 8.

Společenstvo zooplanktonu bylo během vegetačního období tvořeno převážně dospělými a kopepoditovými stádii buchanky. Pouze začátkem května byla zjištěna výrazná dominance vířníků, konkrétně druhu *Brachionus rubens*, kdy jeho početnost dosahovala 1488 ind·l<sup>-1</sup>, což bylo 88,3 % z celkové biomasy zooplanktonu. Množství vířníků se od tohoto data snižovalo a jejich nejnižší podíl byl zaznamenán 11. 7., kdy tvořili 1 % z celkového zooplanktonu, poté došlo opět k mírnému vzestupu. V tomto období byla v zooplanktonu naopak zaznamenána výrazná dominance buchanky, které tvořili bezmála 70 % z celkového počtu kusů zooplanktonního společenstva. Velké druhy perlooček byly v zooplanktonu zjištěny jen na začátku května a jejich početnost byla poměrně nízká (*D. magna* – 3 ind·l<sup>-1</sup>, *D. pulicaria* – 4 ind·l<sup>-1</sup>). S postupující vegetací byly perloočky tvořeny především druhy menšími (*B. longirostris*, *D. galeata* a *Chydorus sphaericus*). Nejvyšší podíl perlooček na celkovém zooplanktonu byl zjištěn 22. 8. (59,2 %). Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu v průběhu sledovaného období je uvedeno v grafu č. 9. Podrobná tabulka o výskytu jednotlivých druhů v konkrétních obdobích je uvedena v příloze (příloha č. 16).



**Graf č. 8:** Průběh celkové abundance zooplanktonu na rybníce Ohrada v průběhu vegetační sezóny 2015.



**Graf č. 9:** Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na rybníce Ohrada v průběhu vegetační sezóny 2015.

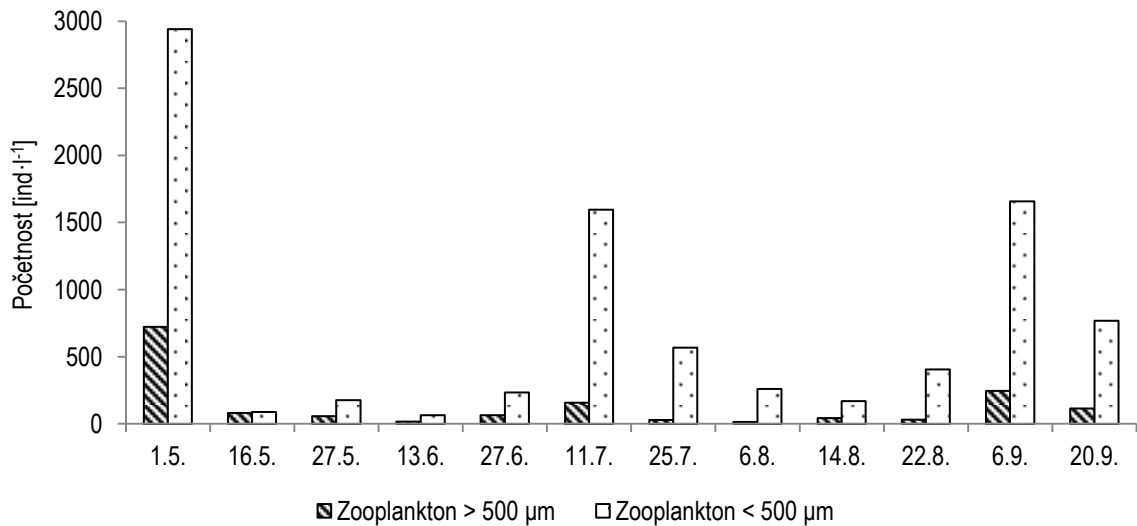


#### 4.4.2 Rybník Záhumenní velký

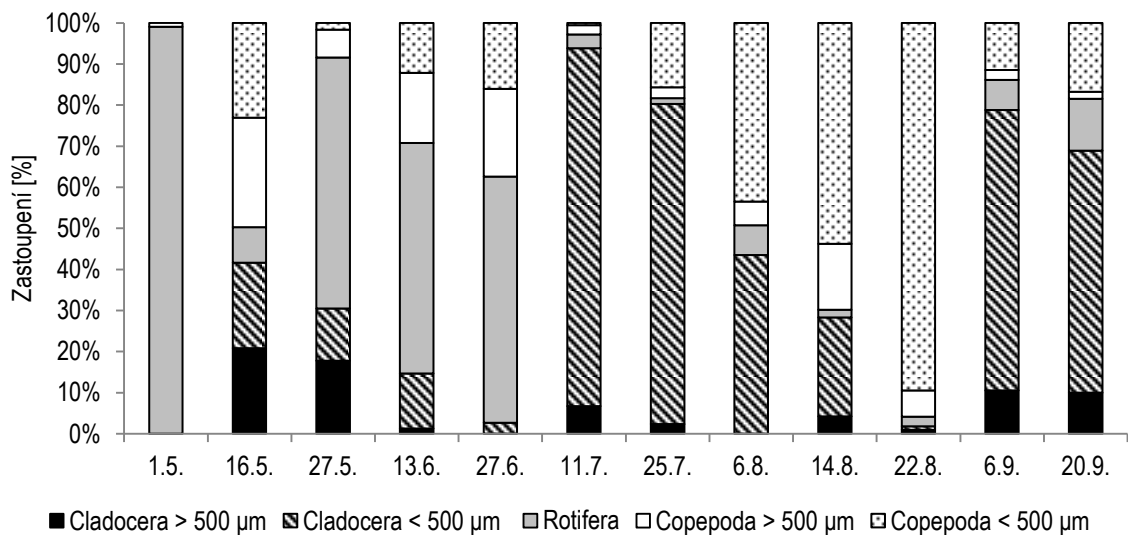
V průběhu vegetační sezóny roku 2015 bylo na rybníce Záhumenní velký zaznamenáno celkem 19 druhů zooplanktonních organismů. Řád perlooček (*Cladocera*) byl zastoupen čeleděmi *Bosminidae* (*Bosmina longirostris*), *Daphniidae* (*Ceriodaphnia* sp., *Daphnia galeata*, *D. juvenil*) a *Eurycercidae* (*Chydorus sphaericus*). Kmen vířníci (*Rotifera*) byl zastoupen druhy *Asplanchna* sp., *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. diversicornis*, *B. rubens*, *Conochilus* sp., *Filinia* sp., *Keratella cochlearis*, *K. quadratta*, *Polyarthra* sp. a *Trichocerca* sp.. Podtřída klanonožci byla tvořena řády buchanky (*Cyclopoida*) a vznášivky (*Calanoida*).

Nejvyšší početnost zooplanktonu většího než 500  $\mu\text{m}$  byla zaznamenána při prvním odběru (1. května). Celková abundance byla  $724 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$  a jednalo se především o druh vířníka *Asplanchna* sp. Naopak nejnižší početnost byla zjištěna na začátku srpna ( $16 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ), kdy byl větší zooplankton tvořen především dospělci buchank. Zvýšení počtu jedinců větších než 500  $\mu\text{m}$  bylo pozorováno od začátku září. Dynamika změn v abundanci zooplanktonu většího a menšího než 500  $\mu\text{m}$  je zobrazena v grafu č. 10.

Společenstvo zooplanktonu bylo v první polovině vegetačního období z velké části tvořeno vířníky. Jejich maximální početnost byla zjištěna 1. 5. ( $3540 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ), kdy jejich podíl na celkovém zooplanktonu tvořil 99 %. V polovině května byl v jejich početnosti sice zaznamenán pokles, avšak poté měli v zooplanktonu opět dominantní roli až do poloviny července, kdy došlo k jejich poklesu na úkor perlooček druhu *Bosmina longirostris*. Do konce sledování se už vířníci výrazněji neprosadili. Vyjma 1. května byly perloočky zastoupeny v zooplanktonu relativně pravidelně. Zpočátku se jednalo především o druh *D. galeata*, kdy část jedinců byla větší než 500  $\mu\text{m}$  ( $16. 5. - 36 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Od poloviny července, jak bylo zmíněno výše, se dominantním druhem stala *Bosmina longirostris* ( $11. 7. - 1624 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Její podíl postupně klesal, převážně na úkor dospělců buchank větších než 500  $\mu\text{m}$ , které dosáhly nejvyššího podílu v zooplanktonu  $22. 8. (89,5 \%)$ . Od začátku září se v zooplanktonním společenstvu začala opět prosazovat *B. longirostris* s poměrně vysokou početností ( $6. 9. - 1496 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $20. 9. - 592 \text{ ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Za zmínku rovněž stojí fakt, že pouze na tomto rybníce byla zjištěna přítomnost vznášivek (druhá polovina května). Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu v průběhu sledovaného období je uvedeno v grafu č. 11. Podrobná tabulka o výskytu jednotlivých druhů v konkrétních obdobích je uvedena v příloze (příloha č. 17).



**Graf č. 10:** Průběh celkové abundance zooplanktonu na rybníce Záhumenní velký v průběhu vegetační sezóny 2015.



**Graf č. 11:** Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na rybníce Záhumenní velký v průběhu vegetační sezóny 2015.

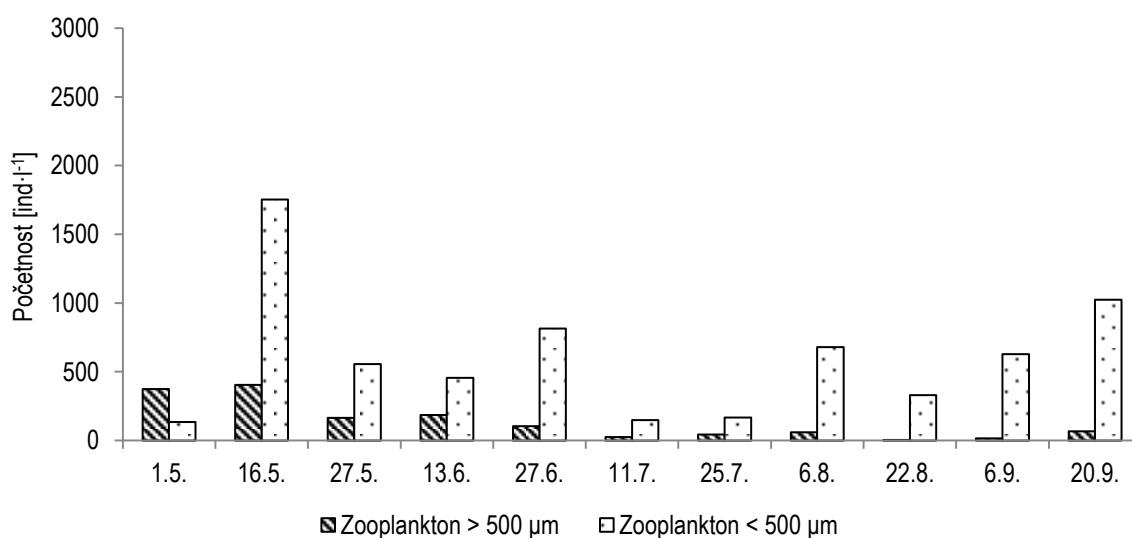
#### 4.4.3 Vlkavský rybník

V průběhu vegetační sezóny roku 2015 bylo na Vlkavském rybníce zaznamenáno celkem 17 druhů zooplanktonních organismů. Řád perlooček (*Cladocera*) byl zastoupen čeleděmi *Bosminidae* (*Bosmina longirostris*), *Daphniidae* (*Ceriodaphnia* sp., *Daphnia galeata*, *D. longispina*, *D. magna*, *D. pulicaria*), *Sididae* (*Diaphanosoma brachyurum*) a *Eurycercidae* (*Chydorus sphaericus*). Kmen vířníci (*Rotifera*) byl zastoupen druhy *Asplanchna* sp., *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*, *B. rubens*, *Filinia* sp., *Keratella cochlearis* a *K. quadrata*. Podtřída klanonožci byla tvořena řádem buchanky (*Cyclopoida*). Jejich rozřídění spočívalo v rozdělení na dospělé jedince a kopepoditová stádia.

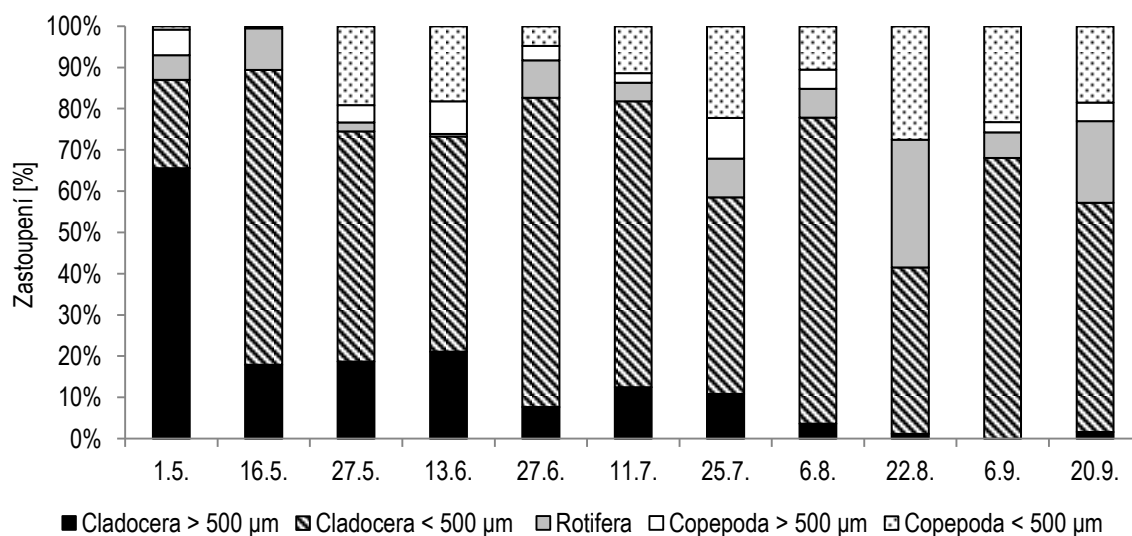
Nejvyšší početnost zooplanktonu většího než 500  $\mu\text{m}$  byla zaznamenána v polovině května (406  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ), jednalo se především o perloočky druhu *B. longirostris*. Druhé maximum bylo zjištěno 1. května, kdy abundance zooplanktonu většího než 500  $\mu\text{m}$  byla 376  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ , to v zooplanktonním společenstvu opět dominovaly perloočky (*B. longirostris*, *D. galeata*, *D. magna*). Naopak nejnižší početnost byla pozorována na konci srpna (4  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Po tomto datu docházelo ke zvyšování počtu jedinců větších než 500  $\mu\text{m}$  a na konci září byla jejich abundance 68  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ . Dynamika změn v abundanci zooplanktonu většího a menšího než 500  $\mu\text{m}$  je zobrazena v grafu č. 12.

Začátkem května bylo zooplanktonní společenstvo z 66% tvořeno perloočkami většími než 500  $\mu\text{m}$ . Jednalo se především o druhy *D. galeata* a větší jedince *B. longirostris*. Za zmínku stojí, že byla rovněž zjištěna přítomnost druhu *D. magna* (12  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ). S postupující vegetací se začaly prosazovat spíše menší jedinci *B. longirostris*, *Ceriodaphnia* sp. a *Ch. sphaericus*. Druh *B. longirostris* dosáhl svého maxima v polovině května, kdy jeho abundance byla 1852  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ , druhého maxima bylo dosaženo na konci července 684  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ . Vířníci se v průběhu sledování výrazněji neprosadili, jejich nejvyšší početnost byla zjištěna na konci září (216  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ ), kdy tvořili necelých 20 % celkového zooplanktonu. Dominantním druhem tohoto řádu byl *B. rubens*. Jedinci řádu *Copepoda* byli v zooplanktonu zastoupeni spíše ve druhé polovině vegetačního období. Jejich maximální podíl na celkovém zooplanktonu byl pozorován na konci července (32 %), minimální naopak v polovině května, kdy byla jejich početnost 10  $\text{ind}\cdot\text{l}^{-1}$ , což netvořilo ani 1 % celkové zooplanktonního společenstva. Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu v průběhu sledovaného období je uvedeno v grafu č. 13. Podrobná

tabulka o výskytu jednotlivých druhů v konkrétních obdobích je uvedena v příloze (příloha č. 18).



**Graf č. 12:** Průběh celkové abundance zooplanktonu na Vlčavském rybníce v průběhu vegetační sezóny 2015.



**Graf č. 13:** Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na Vlčavském rybníce v průběhu vegetační sezóny 2015.

## 5. Diskuze

Podle údajů ČHMÚ (2017) lze rok 2015 označit za teplotně nadprůměrný, neboť průměrná teplota vzduchu byla o 1,9 °C vyšší, než je dlouhodobý normál (Středočeský kraj). Za zmínku rovněž stojí, že především v měsících červenci a srpnu byly průměrné teploty vzduchu vyšší o 3, resp. 4,9 °C než je dlouhodobý průměr (Středočeský kraj). Naproti tomu srážek bylo relativně málo a za celý rok dosáhly pouze 78 % z dlouhodobého průměru (ČHMÚ, 2017). Informace o počasí a jsou uvedeny z důvodu porovnání klimatických podmínek během úhynů na rybníce Záhumenní velký (5,85 ha) dne 14. srpna 2014 a 2015.

### 5.1 Změny v kvalitě vody na sledovaných rybnících v průběhu vegetačního období

Jednotlivé měřené fyzikálně – chemické parametry kvality vody se na sledovaných rybnících lišily jen mírně a svými hodnotami odpovídaly charakteru na živiny velmi bohatých rybníků (Krejčí, 2015).

Nejvyšší průhlednost vody ze všech sledovaných lokalit byla naměřena na rybníku Vlkava začátkem května (110 cm). To bylo způsobeno přítomností velkých druhů perlooček (*D. magna* – 12 ind·l<sup>-1</sup> a *D. galeata* – 250 ind·l<sup>-1</sup>), které efektivně redukuje fytoplankton způsobující vegetační zákal, spojený s nízkou průhledností vody. Jejich přítomnost v zooplanktonu na počátku vegetační sezóny byla způsobena jednak nízkou teplotou vody (cca. 15 °C), která omezuje příjem potravy rybami a dále pak nízkou počáteční hustotou obsádky (54 kg·ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>). Se vzrůstající teplotou vody rostl i vyžírací tlak rybí obsádky, který způsobil vymizení velkých druhů perlooček, což se zároveň promítlo ve snížení průhlednosti vody. To je v souladu s tvrzením Adámka a kol. (2010), Fainy, (1983) nebo Potužáka (2009), že se podíl těchto jedinců v zooplanktonu snižuje s rostoucí biomasou obsádky rybníka, přičemž zároveň klesá průhlednost vody.

Na počátku sledování byly rozdíly v obsahu kyslíku v jednotlivých vrstvách vodního sloupce relativně nevýrazné. Od začátku června se začaly rozdíly v nasycení jednotlivých vrstev více prohlubovat. To bylo způsobeno vzrůstající teplotou vody. Adámek a kol. (2010) uvádí, že fotosyntetická asimilace není při nižší teplotě zpomalena, zatímco respirace je na teplotě závislá a za nízké teploty je její intenzita výrazně nižší. Sledované rybníky vykazují silně eutrofní charakter, což má za následek enormní rozvoj fytoplanktonu. Ten v letních měsících produkoval během světelné části dne značné

množství kyslíku. Štěpánek (1976) uvádí, že v době vegetace představuje fotosyntéza zdroj kyslíku v rybničním prostředí až z 89 %. V nižších vrstvách vodního sloupce byl kyslíku nedostatek v důsledku rozkládajících se organických látek v sedimentu rybníka (Svobodová a kol., 2008). Intenzita těchto respiračních procesů navíc rostla se vzrůstající teplotou vody (Adámek a kol., 2010). Dalším důvodem nízkého obsahu kyslíku ve spodních vrstvách vodního sloupce byla nízká průhlednost vody způsobená jednak tzv. vegetačním zákalem v důsledku enormního rozvoje fytoplanktonu a dále pak vnosem nerozpuštěných látek – sedimentu, který ryby uvolňovaly při hledání zoobentosu (Pechar, 2015; Regenda, osobní sdělení). Nízká průhlednost vody (na sledovaných rybnících cca. 20 cm v druhé polovině vegetačního období) tak způsobila, že do těchto nižších vrstev nepronikalo světlo a tudíž nemohla probíhat fotosyntéza. Zjištěné výsledky o přesycení vody kyslíkem v horních vrstvách a téměř bezkyslíkatou zónou u dna rybníka na eutrofních rybnících jsou v souladu s tvrzením celé řady autorů (např. Adámek a kol., 2010; Beděrková a kol., 2016; Hartman a kol., 2005; Kopp a kol., 2012; Pechar, 2015). Z důvodu poklesu teploty na začátku září došlo k vyrovnání obsahu kyslíku mezi jednotlivými vrstvami a ke změnám ve složení zooplanktonního společenstva. Monitoringem obsahu kyslíku v různých vrstvách vodního sloupce se zabýval Chmelický (2014), který dospěl k podobnému zjištění. Navíc se jednalo o rybníky ve stejné oblasti.

V důsledku intenzivní fotosyntézy a relativně nízké intenzity respiračních procesů bylo pro jarní období na sledovaných rybnících charakteristické vysoké pH, především na rybníce Ohrada byla naměřena hodnota až 9,8. To lze vysvětlit narušením uhličitanového komplexu v důsledku vyčerpání volného CO<sub>2</sub>, který je spotřebováván při fotosyntéze (Hartman a kol., 2005; Heteša a Sukop, 1985; Kopp, 2015). Ten byl při pH vyšším než 8,3 pravidelně v deficitu, což bylo potvrzeno sledováním ZNK<sub>8,3</sub>. Vyšší hodnoty pH na počátku vegetační sezóny oproti jejímu konci mají opět příčinnou souvislost s nízkou intenzitou respiračních procesů v jarním období (Adámek a kol., 2010). Pechar a kol. (2002) uvádí, že ačkoli roste v průběhu léta biomasa fytoplanktonu, zároveň dochází ke zhoršení světelných podmínek v důsledku „samozastínění“ hustým fytoplanktonem. Tato situace je podle Hartmana a Regendy (2014) a Pechara (2015) pro současné rybniční ekosystémy charakteristická. Současně s tím se také zkracuje světelná část dne. To způsobí snížení intenzity fotosyntézy a převahu respiračních procesů. Průběh změn fyzikálně – chemických parametrů kvality vody byl v souladu s výsledky Balíka (2012), který se zabýval monitoringem rybníků na Třeboňsku. Oxid uhličitý byl na mnou sledovaných rybnících v druhé polovině vegetační sezóny spíše v nadbytku. To je v souladu s tvrzením

Hartmana (1992), že deficit volného CO<sub>2</sub> je v rybníčních vodách zjišťován především v měsících květnu a červnu.

Sledováním oxidačně – redukčního potenciálu nebyly na rybnících Ohrada a Záhumenní velký zjištěny anaerobní podmínky, resp. ORP v průběhu měření neklesl do záporných hodnot. Na rybníce Vlkava, kde byla nasazena technická aerace, došlo při jejím výpadku k poklesu ORP do záporných hodnot (6. 8. 2015 – ORP u hladiny: +25 mV; hloubka 0,5 m: -140 mV; hloubka 1,5 m: -241 mV). Zprovozněna byla opět druhý den, tj. 7. 8. 2015 a následující měření (22. 8. 2015) došlo ke zlepšení tohoto ukazatele, ačkoli anaerobní prostředí stále přetrvávalo. To je pravděpodobně způsobeno relativně silným zabahněním rybníka (Faina, osobní sdělení).

Naměřené hodnoty KNK<sub>4,5</sub> na sledovaných rybních byly rozdílné. Na rybníce Ohrada byla zjištěna průměrná hodnota KNK<sub>4,5</sub> 4,4 mmol·l<sup>-1</sup>, což bylo nejvíce ze všech sledovaných rybníků. V průběhu vegetační sezóny se její hodnota zvyšovala, což je v souladu s tvrzením Hartmana a Regedy (2014). Na rybníce Záhumenní velký byla průměrná hodnota KNK<sub>4,5</sub> 2,2 mmol·l<sup>-1</sup> a na rybníku Vlkava 2,3 mmol·l<sup>-1</sup>. Pokles pod hodnotu 2 mmol·l<sup>-1</sup>, kdy je již vhodné podle Janečka (1976) přistoupit k vápnění byl na rybníku Záhumenní velký zaznamenán ve dvou a na rybníku Vlkava v jednom případě.

## 5.2 Anorganické parametry kvality vody

Sledováním anorganických parametrů na odtocích z čistíren odpadních vod bylo zjištěno, že ČOV Vlkava za celou dobu sledování, tj. vegetační sezónu roku 2015 ani jednou neporušila limity přípustného znečištění, které lze do povrchových vod z této ČOV vypouštět. Naproti tomu ČOV Jabkenice tyto limity (především N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) porušovala prakticky neustále. Zde je potřeba zdůraznit, že se nejednalo o náhlé selhání technologie čistírny, o té snad lze mluvit jen při odběru vzorku ze dne 9. 6. 2016, kdy naměřené hodnoty (BSK<sub>5</sub> – 206 mg·l<sup>-1</sup>, CHSK<sub>Cr</sub> – 690 mg·l<sup>-1</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 68,5 mg·l<sup>-1</sup> a NL<sub>105</sub> – 484 mg·l<sup>-1</sup>) odpovídají nečištěné splaškové odpadní vodě (Atlas a Bartha, 1998; Herle a Bareš, 1990; Vítěz a Groda, 2008).

Výše přípustného znečištění povrchových vod se v současnosti řídí NV č. 401/2015 Sb. Na sledovaných rybnících se jako problematické ukázalo dodržování výše imisních standardů pro parametry BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a TP. Naproti tomu u celkového dusíku (TN) k překračování nedocházelo. To potvrzuje i Balík (2012), že TN není u rybníků nijak rizikovým faktorem. Potužák a Duras (2012a) k dusíku uvádějí, že je v rybníčním ekosystému důsledně eliminován. V rámci mého sledování to velmi dobře dokládá rybník

Záhumní velký, kde průměrná hodnota TN, kterou do něj ČOV vypouštěla, byla  $64,62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , zatímco v rybníce dosahovala průměrná naměřená hodnota  $4,77 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Zjištěné průměrné hodnoty TN v rybnících (Ohrada –  $4,74 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , Záhumní velký –  $4,77 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , Vlkava –  $4,64 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) jsou vyšší, než které naměřil Pokorný (2014) při monitoringu 24 rybníků na Třeboňsku (TN rozmezí od  $1,25$  do  $4,48 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Obdobná je situace i u celkového fosforu, kdy průměrné hodnoty TP na rybnících sledovaných v rámci této práce (Ohrada –  $1,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , Záhumní velký –  $0,48 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , Vlkava –  $0,282 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) jsou vyšší, než které zjistil sledováním 44 rybníků na Třeboňsku Balík (2012) –  $0,25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a již zmiňovaný Pokorný (2014) (rozmezí od  $0,104$  do  $0,421 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  TP). To je pravděpodobně způsobeno zaústěnými předčištěnými vodami z čistíren, kdy na jejich odtocích byly zpravidla měřeny vyšší koncentrace analyzovaných prvků než v rybnících. Například na rybníce Záhumní velký byla průměrná koncentrace TP na odtoku z ČOV  $5,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , zatímco naměřená hodnota v rybníce byla jen  $0,48 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrné hodnoty amoniakálního dusíku naměřené na tomto rybníce ( $1,44 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) byly výrazně vyšší než na ostatních rybnících (Ohrada –  $0,443 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a Vlkava –  $0,038 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) i na rybnících, které sledoval Pokorný (2014) (rozmezí od  $0,005$  do  $0,547 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). To má pravděpodobně opět příčinnou souvislost s velmi vysokými hodnotami N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na odtoku z ČOV Jabkenice (průměr z 11 měření –  $47,59 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Nižší koncentrace BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Cr</sub> v rybníce než na odtoku z ČOV (resp. přítoku do rybníka) jsou v souladu s tvrzením Adámka a kol. (2010), že pokud je přitékající voda silně zatížena organickými látkami, pak na odtoku z rybníka dochází ke snížení hodnot těchto parametrů. Vyšší koncentrace analyzovaných prvků v rybníce než na odtoku z ČOV byly zjištěny pouze na rybníce Vlkava a jednalo se o parametry BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> a N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Zjištěné výsledky o problematice dodržování parametrů BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> a celkového fosforu na rybnících jsou v souladu se závěry Krejčího (2015).

### 5.3 Úhyny ryb na rybníce Záhumní velký

#### Totální úhyn rybí obsádky v roce 2014

Počáteční hmotnost násady K<sub>2</sub> na 1 ha ( $145 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a množství ( $683 \text{ ks}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) v roce 2014 na rybníku Záhumní velký (5,85 ha) odpovídá při polointenzivním způsobu hospodaření podle Hartmana a Regendy (2014) spíše rybníkům o nižší přirozené produkci (PP  $300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Jedná o rybník biologický, který leží v nadmořské výšce 223 m. n. m. v tomto produkčním cyklu ho tak lze, co se iniciální obsádky kapra týče, označit spíše za



podsažený. Na druhou stranu bylo nasazeno relativně velké množství vedlejších druhů ryb ( $256 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) s cílem lépe využít potravní nabídku rybníka (Rahman a kol., 2006) a vyšší retencí živin pozitivně ovlivnit kvalitu vody v rybníce i sedimentu (Bosma a Verdegam, 2011).

Dne 14. 8. 2014 došlo na rybníce k totálnímu úhynu rybí obsádky. Vzorky vody pro hydrochemický rozbor byly odebrány u výpustního zařízení rybníka a na odtoku z ČOV. Z výsledného rozboru vyplynulo, že ČOV v Jabkenicích výrazně porušila vodoprávním úřadem stanovený limit pro parametr  $\text{N-NH}_4^+$  ( $99,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Naměřená koncentrace celkového amoniaku v rybníce byla  $1,91 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Údaje o teplotě vody a pH bohužel nejsou k dispozici, tudíž nelze vypočítat podíl toxické formy amoniaku ( $\text{N-NH}_3$ ) ze zjištěné koncentrace amoniaku celkového ( $\text{N-NH}_4^+$ ) podle Pittera (2015). Lze se však domnívat, že s ohledem na období, kdy k úhynu došlo (léto – obvyklé vysoké pH, vysoká teplota vody) byla část amoniaku ve vodě v toxické formě. Průměrná teplota vzduchu v srpnu v rámci Středočeského kraje byla o  $-0,6 \text{ }^\circ\text{C}$  nižší než dlouhodobý průměr a srážky dosáhly 88 % normálu (ČHMÚ, 2017). V rybničním prostředí je amoniak poměrně dobře metabolizován fytoplanktonem a vyššími vodními rostlinami, to však platí pouze pro rybníky, které nevykazují vysokou úroveň trofie. U nich se koncentrace amoniaku naopak zvyšuje v důsledku rozkladu organické hmoty (Valentová a kol., 2009). Zkracováním světelného dne v měsíci srpnu pak v noci a nad ránem dochází k výraznému poklesu ve vodním prostředí rozpuštěného kyslíku, což sebou přináší riziko snížení intenzity detoxikačních procesů v těle ryb a zvyšuje se tak jejich citlivost na amoniak (Magaut a kol., 1997; Pechar a kol., 2002). Kyslíkový režim rybníka byl pravidelně monitorován a s ohledem na dlouhodobou předpověď počasí bylo týden před samotným úhynem úplně upuštěno od příkrmování z důvodu snížení metabolické zátěže ryb (Kopp a kol., 2012). Ani toto opatření ovšem úhynu nezabránilo. Likvidaci uhynulých ryb po jejich sběru zajistila odborná kafilerní firma.

### **Hromadný úhyn rybí obsádky v roce 2015**

Následujícího roku 2015 byla na rybník vysazena silnější obsádka ryb v souladu s doporučeným metodickým postupem podle Fainy (1987), aby bylo zabráněno rozvoji hrubého dafniového zooplanktonu a s ním spojeného vzniku kyslíkových deficitů (Adámek a kol., 2010). V polovině června byla nasazena aerační techniky. Faina a Kubů (1989) uvádí, že aby byla technická aerace účinná je potřeba ji nasadit v dostatečném předstihu, tzn. před nástupem kyslíkových deficitů (zpravidla srpen). Aby nedocházelo k víření

sedimentu a bakteriální vrstvy ode dna rybníka, byla technická aerace umístěna na nejhlubší místo v rybníce (Pokorný, 2014). Vlivem vysokých teplot a minima srážek bylo od začátku srpna úplně upuštěno od příkrmování. Ani všechna výše zmíněná opatření nezabránila hromadnému úhynu ve dnech 13. a 14. srpna 2015. Úhyn byl nahlášen nejen České inspekci životního prostředí (dále jen ČIŽP), ale také společnosti VAK Nymburk a to z důvodu prakticky neustálého překračování povolené míry vypouštěného znečištění vyjádřené jako  $\text{N-NH}_4^+$  a v některých případech i parametrů  $\text{BSK}_5$ ,  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  a  $\text{NL}_{105}$  z jimi provozované ČOV. Zároveň byl osloven soudní znalec oboru vodního hospodářství (odvětví čistota vod – rybníční hydrobiologie) RNDr. Richard Faina, aby vypracoval znalecký posudek na objasnění příčiny tohoto úhynu. Ten za příčinu úhynu označil poškození žaberního aparátu zvýšenými koncentracemi toxického amoniaku ve vodě. Ačkoli naměřené koncentrace  $\text{N-NH}_3$  ( $0,0599 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) nebyly bezprostředně letální, způsobily tzv. toxickou nekrózu žaber a k úhynu ryb došlo až při snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodním prostředí (Faina, 2015). Svobodová a kol. (2007) uvádí, že toxická nekróza žaber se vyskytuje na silně úživných rybnících s bodovými (vyústění komunálních odpadních vod) nebo plošnými zdroji znečištění (splachy živin). V našich podmínkách jsou zvýšené koncentrace amoniaku spolu s organickým znečištěním nejčastější příčinou poškození a úhynu ryb (Svobodová a kol., 2011). Státní veterinární ústav – oddělení chemie při rozboru odebraných vzorků vody ze dne 14. 8. 2015 označil jako příčinu úhynu intoxikaci ryb amoniakem. Zde je však potřeba zdůraznit, že zjištěné hodnoty volného amoniaku v rybníce nejsou pro kaprovité ryby bezprostředně letální ( $0,0599 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ N-NH}_3$ ). Tato hodnota je podle Svobodové a kol. (2008) za hranicí nejvyšší přípustné koncentrace volného amoniaku pro kaprovité ryby ( $0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ N-NH}_3$ ). Avšak je potřeba si uvědomit, že odběr vzorků probíhal v 8:00 ráno, tzv. v době, kdy byla nižší intenzita fotosyntetické asimilace a hodnota pH byla vlivem dostatku volného  $\text{CO}_2$  na nižších hodnotách než by tomu bylo o několik hodin později (poledne). Hypertrofní rybníky jsou charakteristické značnými výkyvy klíčových parametrů kvality vody (pH, obsah  $\text{O}_2$  a  $\text{CO}_2$ ) v průběhu dne (Beděrková a kol., 2016; Hartman a Regenda, 2014; Kopp, 2015). Letální koncentrace  $\text{N-NH}_3$  ( $1,487 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) byla zjištěna pouze na odtoku z ČOV.

### **Pravděpodobná příčina úhynů**

Je pravděpodobné, že příčina úhynů ryb na rybníce Záhumenní velký byla v obou případech stejná. Čistírna odpadních vod dlouhodobě překračovala vodoprávním úřadem povolený limit pro vypouštění  $\text{N-NH}_4^+$ . Tím docházelo k silnému přísunu amoniakálního

dusíku do rybníka a k postupnému poškozování žaberního aparátu ryb (Svobodová a kol., 2007). Při následném poklesu obsahu kyslíku v měsíci srpnu, pak ryby nebyly schopny poškozovým žaberním aparátem kyslík fyziologicky přijmout v potřebném množství. Zjištěné koncentrace obsahu kyslíku den před úhynem, tzn. 13. 8. 2015 (hladina – 2,5 mg·l<sup>-1</sup>; 1,5 m – 1,5 mg·l<sup>-1</sup>) jsou sice nízké, avšak zdravá ryba by je měla bez problémů překonat (Faina, 2015). Tyto hodnoty byly navíc měřeny v 9 hodin ráno, tedy v době, kdy ještě zcela neběžela fotosyntéza. V den úhynu byly koncentrace O<sub>2</sub> ještě vyšší, u hladiny bylo 3,19 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>, což odpovídalo 38 % nasycení při dané teplotě, v hloubce 1,5 m byly 3 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>, což odpovídalo 36 % nasycení při dané teplotě. Svobodová a kol. (2008) uvádí, že u kaprovitých ryb se příznaky dušení projevují při poklesu kyslíku na 1,5 – 2 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>. Ostatně na rybníce Mrštín, který je od místa úhynu vzdálený cca. 2 km byl 13. 8. 2015 naměřen obsah kyslíku u hladiny 0,4 mg·l<sup>-1</sup> a v hloubce 1,5 m dokonce žádný kyslík nebyl. Oxidačně – redukční potenciál byl velmi hluboko v záporných hodnotách (cca. -250 mV) a k úhynu přesto nedošlo. To jen potvrzuje, že pro ryby s nepoškozovým žaberním aparátem by pravděpodobně nebyl problém kyslíkový deficit zjištěný na rybníce Záhumenní velký překonat.

Na základě podnětu společnosti Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s. provedla ČIŽP dne 15. 9. 2015 kontrolu přímo v ČOV Jabkenice. Za porušení maximálního možného vypouštěného znečištění vyjádřeného jako parametr N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ze dne 13. 8. 2015 udělila ČIŽP pokutu ve výši 70 000 Kč. Zároveň bylo zjištěno, že odběr vzorků pro kontrolu kvality vypouštěné předčištěné odpadní vody neprováděla podle vodního zákona akreditovaná laboratoř, ale obsluha ČOV. Za toto protiprávní jednání ČIŽP neudělila pokutu, ale požadovala okamžité zjednání nápravy. Začátkem února 2016 provedla ČIŽP druhou kontrolu. Při ní bylo zjištěno, že odběr vzorků nadále provádí obsluha ČOV namísto akreditované laboratoře, ačkoli byla obsluha ČOV na tento problém při minulé kontrole upozorněna. Za tento správní delikt uložila ČIŽP pokutu ve výši 50 000 Kč (maximální možná výše podle ust. §125c odst. 3 písm. b) vodního zákona je 50 000 Kč). ČIŽP tedy udělila maximální možnou výši pokuty především s ohledem na skutečnost, že na daný problém již jednou upozorňovala. Navíc výsledky z rozborů vody, které odebírala obsluha ČOV se diametrálně lišily od výsledků analýz, které prováděly akreditované laboratoře.

Z výsledků této práce vyplývá, že problém s překračováním maximálního přístupného znečištění vypouštěného z ČOV Jabkenice je dlouhodobý. Na zhoršené kvalitě vody z hlediska chovu ryb se může jistě míry podílet i sediment dna rybníku. Ačkoli s ohledem

na kvalitu předčištěné odpadní vody z ČOV Jabkenice je zjevné, že hlavní podíl na nevhodné kvalitě vody má především tato čistírna. I přesto, že v současné době existují na odbahnění dotační programy je potřeba si uvědomit, že případná těžba by znemožnila provoz níže položených sádek. Na těch je navíc realizován v průběhu roku (říjen – duben) prodej ryb. I když se jedná o oblast, kde jsou především menší obce, své zákazníky si prodejna vždy najde. V současné době je navíc stále důležitější se na maloobchodní prodej ryb více zaměřovat (Kalenda, 2015; Regenda, 2017).

Řešení tohoto problému je tedy potřeba hledat především v modernizaci ČOV (a až poté v odbahnění rybníka). Ke zmiňované modernizaci nejspíš dojde, neboť současné povolení pro její provoz vyprší v srpnu roku 2017 a je málo pravděpodobné, že by vodoprávní úřad povolil provoz čistírny, která pravidelně porušuje jím stanovené parametry maximálního přípustného znečištění bez předchozí modernizace.

#### **5.4 Intenzita rybářské hospodaření na sledovaných rybnících**

Sledované rybníky jsou obhospodařovány tzv. jednohorkovým způsobem. Vyznačují se vysokou přirozenou produkcí, která je zapříčiněna jednak vysokým přísunem živin a dále pak nízkou nadmořskou výškou. Na rybnících Ohrada a Vlkava bylo díky těmto skutečnostem dosaženo příznivého přírůstku ryb, pokud by na rybníce Záhumenní velký nedošlo k hromadnému úhynu, byl by výsledný přírůstek pravděpodobně také nadprůměrný.

Na rybníku Ohrada bylo dosaženo celkového přírůstku  $941 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  při RKK 2,38. V průběhu sledování dynamiky růstu obsádky nebyly zjištěny výrazně vysoké hodnoty RKK, pouze v měsíci srpnu, který se vyznačoval poměrně nízkou abundancí zooplanktonu většího, než  $500 \mu\text{m}$  byla zjištěna vyšší hodnota RKK (2,98). Podobná situace byla v měsíci srpnu zjištěna i na rybníku Vlkava (RKK 3,5). To je v souladu s tvrzením Hartmana (2012b), že růst RKK vůči celkovému přírůstku je zpravidla nelineární a nerovnoběžný a v měsíci srpnu zpravidla dochází ke zvýšení spotřeby krmiva se současným snížením přírůstku kapra (Hartman a Regenda, 2014; Šindler, 2015).

Na rybníku Vlkava bylo dosaženo celkového přírůstku  $1095 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  při RKK 2,45. Přirozená produkce byla  $425 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a podle Dubského (2015) lze takovýto rybník zařadit mezi velmi úživné.

Výše zmíněné rybníky stabilizovali z hlediska celkového fosforu živinovou bilancí v povodí. Byly tak potvrzeny závěry Hartmana (2012b), že při RKK do 2,5 nedochází k překročení bilance celkového fosforu. Naproti tomu na obou rybnících docházelo

k dotaci celkového dusíku do vodního prostředí. To je v souladu s tvrzením Hlaváče (2014), že při příkrmování kapra obilovinami je retence TN do přírůstku ryb nedostatečná. Spotřeba krmiva na těchto rybnících přepočtená na 1 ha (Ohrada – 2235 kg·ha<sup>-1</sup> a Vlkava 2679 kg·ha<sup>-1</sup>) odpovídala polointenzivnímu způsobu rybářského hospodaření podle MŽP (2002). Dosažené výsledky s ohledem na hodnotu RKK jsou v souladu s řádnou rybníkářskou praxí podle Hartmana a Regendy (2014).

Sledováním RKK a dynamiky růstu na rybníce Záhumenní velký před srpnovým úhynem bylo zjištěno, že i na tomto rybníce byl veškerý fosfor dodaný v krmivech transformován do přírůstku ryb. RKK zjištěný na konci července (2,49) je sice již hraniční, nicméně je potřeba si uvědomit, že v tomto výpočtu nejsou zahrnuty přírůstku vedlejších druhů ryb. Především amur bílý se velmi ochotně orientuje na krmiva primárně předkládaná kaprovi (Janeček a Příkryl, 1992). S ohledem na skutečnost, že do rybníka bylo vysazeno 700 ks Ab o průměrné kusové hmotnosti 0,57 kg je zřejmé, že RKK byl nižší, tudíž retence TP do přírůstku ryb byla vyšší.

## 5.5 Dynamika zooplanktonu na sledovaných rybnících

Dynamika společenstva zooplanktonu v rybníce je ovlivněna především vyžíráním tlakem rybí obsádky (Adámek a kol., 2010; Hadašová a kol., 2014; Chmelický, 2014; Potužák, 2009). Na sledovaných rybnících byla přítomnost velkých druhů perlooček (*D. magna*, *D. pulicaria*) zaznamenána pouze na rybníce Vlkava (22,1 ha), který měl nejnižší počáteční biomasu obsádky (K<sub>2</sub> 54 kg·ha<sup>-1</sup>) ze všech sledovaných rybníků. To je v souladu s tvrzením Adámka a kol. (2010) a Fainy (1983), že velké druhy perlooček se v zooplanktonu vyskytují při nižších hustotách obsádek a na počátku vegetačního období, kdy je nízká teplota vody a tím je omezena potravní aktivita ryb. Přítomnost těchto velkých perlooček byla také podpořena dlouhou teoretickou dobou zdržení vody (HRT). Jedná se o rybník, do kterého musí být na jaře voda čerpána. Zpravidla až v létě dochází k jejímu doplňování v důsledku úbytku odparem. Potužák a Duras (2012a) uvádí, že pro příznivý rozvoj dafniového zooplanktonu je potřeba stabilní HRT alespoň 20 dní, kratší doba zdržení podle těchto autorů nahrává spíše dominanci buchanek. S postupující vegetací a rostoucí biomasou obsádky klesal podíl těchto větších druhů perlooček na úkor menších (*B. longirostris*, *Ceriodaphnia* sp. apod.), avšak buchanky v celkovém zooplanktonu výrazněji nedominovaly. Naproti tomu na rybníce Záhumenní velký, kam byla vysazena silnější obsádka ryb (K<sub>3</sub> 376 kg·ha<sup>-1</sup>) bylo dafniového zooplanktonu výrazněji méně. Nicméně tato obsádka byla vysazena účelově, v souladu s doporučením Fainy (1987), že

na rybníky, které slouží k dočišťování odpadních vod je potřeba nasadit dostatečně silné obsádky ryb, aby v jarním období nedošlo k rozvoji hrubého dafniového zooplanktonu a s tím spojeného vzniku kyslíkových deficitů.

Na sledovaných rybnících docházelo v průběhu vegetační sezóny k vymizení větších druhů zooplanktonních organismů a jejich nahrazení menšími druhy. To se promítlo jednak ve snížení průhlednosti vody – v důsledku slabého filtračního tlaku na fytoplankton a dále pak ve zvýšení relativního krmného koeficientu. Průběh dynamiky zooplanktonního společenstva na sledovaných rybnících i jeho druhové zastoupení je v souladu pracemi Adámka a kol., 2010; Balíka, 2012; Fainy, 1983 a Chmelického, 2014.

## 6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo sledovat chov ryby v rybnících, které vykazují hypertrofní charakter a zároveň jsou do nich zaústěny předčištěné odpadní vody. Data získaná z mého sledování rybníku Záhumenní velký (5,85 ha) byla použita soudním znalcem v oboru vodního hospodářství – odvětví čistota vod (rybníční hydrobiologie) RNDr. Richardem Fainou, jako jeden z podkladů, pro sepsání znaleckého posudku v případě hromadného úhynu rybí obsádky na tomto rybníce, v srpnu roku 2015.

1. Dynamika fyzikálně – chemických parametrů v průběhu vegetační sezóny roku 2015 na všech lokalitách odpovídala na živiny bohatým rybníkům. To se projevovalo kolísáním klíčových parametrů kvality vody, jakými jsou obsah kyslíku a oxidu uhličitého ve vodním prostředí a pH.
2. Bylo zjištěno, že ČOV Jabkenice dlouhodobě překračuje limity maximálního přípustného znečištění vypouštěné odpadní vody. V průběhu sledování v letech 2014 až 2016 byl limit pro BSK<sub>5</sub> (20 mg·l<sup>-1</sup>) překročen 3x z 11 provedených odběrů, limit pro CHSK<sub>Cr</sub> (90 mg·l<sup>-1</sup>) 7x z 11 provedených odběrů, limit pro N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (8 mg·l<sup>-1</sup>) překročen 10x z 11 provedených odběrů a limit pro NL (20 mg·l<sup>-1</sup>) 3x ze 4 provedených odběrů.
3. Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký v letech 2014 a 2015 měly s největší pravděpodobností příčinnou souvislost s dlouhodobým překračováním povolených limitů maximálního přípustného znečištění vypouštěné odpadní vody (především parametru N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) z ČOV v Jabkenicích. Ačkoli naměřené koncentrace volného amoniaku nebyly bezprostředně letální, pravděpodobně zapříčinily poškození žaberního aparátu (tzv. toxická nekróza žaber). Při poklesu obsahu kyslíku ve vodním prostředí pak tyto ryby hynuly na kyslíkový deficit.
4. Při vyšetřování úhynu ryb je potřeba se nejen řídit doporučeným metodickým postupem zároveň je ale nutné při odběru vzorků vody pro analýzy v akreditované laboratoři zajistit přítomnost zástupce vodoprávního úřadu, popř. ČIŽP. Jen to je zárukou, že při případném správním řízení nebude pochybováno o věrohodnosti odebraných vzorků.

5. Bylo zjištěno, že dodržování imisních standardů nařízení vlády č.401/2015 Sb. je na sledovaných rybnících problematické především z hlediska parametrů BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a celkového fosforu. Jednou z příčin, vyjma rybníku Vlkava, může být i fakt, že na odtocích z ČOV, resp. přítocích do rybníků byly měřeny vyšší koncentrace těchto parametrů, než v rybnících samotných.
6. Výsledky hospodaření na sledovaných rybnících odpovídají dobré rybníkářské praxi. Nastavený způsob obhospodařování (RKK do 2,5) příznivě působil na kvalitu vody v rybnících a na bilanci celkového fosforu v povodí. Spotřeba krmiva (do 3000 kg·ha<sup>-1</sup>) odpovídala polointenzivnímu způsobu hospodaření.
7. Bylo potvrzeno, že dynamika zooplanktonního společenstva je ovlivněna především biomasou obsádky rybníka a jejím vyžíráním tlakem.



## 7. Seznam použité literatury

Adáamek, Z., Jirásek, J., Vachta, R., Zapletal, V. (1987): Chemizmus a biologie škrobárenských akumuláčních rybníků. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS, 62 – 66 s.

Adáamek, Z., Helešic J., Maršálek, B., Rulík, M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 350 s. ISBN 978-808-7437-094

Adáamek, Z., Andreska, J., Dubský, K., Edelmann, Z., Hanel, L., Hanzély, P., Hartvich, P., Kepr, T., Křivanec, K., Kučera, M., Lusk, S., Navrátilová, J., Tomi, P., Tychler, M., Stupka, P., Vostradovský, J. (2012): Rybářství a rybolov. Český rybářský svaz, 376 s. ISBN 978-80-905280-0-0

Adáamek, 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, 512 s. ISBN 978-80-905280-2-4

Adáamek, Z., Jurajda, P., Zupal, J., Janáč, M., Mikl, L., Šlapanský, L., Všeticková, L., Prášek, V., Šútovský, I., Chytka, V., Mrkvová, M. (2017): Kvalita prostředí a potravní chování kapra ve vztahu k přikrmování v polointenzivní rybníční akvakultuře. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů 4. ročníku odborné konference. 9. a 10. 2. 2017. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 43–53 s. ISBN 978-80-87699-10-2

Alabaster, J. S., Lloyd, R. (1980): Water quality criteria for freshwater fish. FAO and Butterworth Scientific London, UK, 47 – 84 s.

Arauzo, M. (2003): Harmful effects of un-ionised ammonia on the zooplankton community in a deep waste treatment pond. Water Research 37. 1084 – 1054 s.

Atlas, R. M., Bartha, R. (1998): Microbial ecology. Fundamentals and applications. Benjamin/Cummings Science Publishing, Inc. Menlo Park, California, 694 s.

Andreska, J. (1987): Rybářství a jeho tradice. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 208 s. 07-026-87

Balík, J. (2012): Komplexní systém kontroly kvality rybníčních nádrží – klíčový nástroj pro efektivní produkci ryb. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. Technická zpráva pilotního projektu EU č. CZ.1.25/3.4.00/11.00387, 56 s.

Beděrková, I., Benedová, Z., Pechar, L. (2016): Kyslíkové deficity – projev nestability rybníčního ekosystému? In: V. David a T. Davidová (Eds.), Sborník příspěvků odborné konference Rybníky 2016. 23. a 24. 6. 2016. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 106 – 114 s.

Berka, R. (2000): České produkční rybářství. Rybářské sdružení ČR, 56 s.

Bosma, R. H, Verdegam, M. C. J. (2011): Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science* 139, 58 – 68 s.

Brož, J. (1987): Výsledky využití škrobárenských vod ve výrobě ryb na rybníce Hladov OZ Telč. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS, 67 – 72 s.

Brune, D. E., Drapcho, C. M. (1991): Fed pond aquaculture. *Aquaculture Systems Engineering* (2), pp. 15 – 31 In Proc. WAS 22nd Annual Meeting, 16 – 20 June 1991, San Juan, Puerto Rico. American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 138 s.

Camargo, J. A., Alonso, A., Salamanca, A. (2005): Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere* 58, 1255 – 1267 s.

Cutrofello, M., Durant, L. J. (2007): Fate of high loads of ammonia in a pond and wetland downstream from a hazardous waste disposal site. *Chemosphere* 68, 1365 – 1376 s.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. (1998): Rybníkářství. 2. aktualizované vydání. Praha: Informatorium, 306 s. ISBN 80-860-7326-2

ČSN 756402. (1998): Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel. Česká technická norma.

Dolejší, Z. (2001): Manipulační řád pro rybníky Velký a Malý Záhumenní na Jabkenickém potoce v Charvatcích. Vodohospodářská kancelář Dolejší, Čerčany, 23 s.

Dubský, K. (2015): Chov ryb v rybnících pro stavební zaměření. Vydavatelství SRŠ a VOŠ Vodňany. 194 s. ISBN 978-80-87096-20-8

Duras, J., Potužák, J. (2013): Rybníky – účinný nástroj pro recyklaci živin v krajině. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody 2. 21. a 22. 2. 2013. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 53–58 s. ISBN 978-80-87699-02-7

Duras, J., Potužák, J. (2016): Je vůbec možné, aby byla voda v rybnících čistá? Fórum ochrany přírody 03/2016, 33–37 s.

Faina, R. (1983): Využívání přirozené potravy kaprem v rybníce. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 8, 15 s.

Faina, R. (1987): Možnosti chovu ryb v extrémních podmínkách rybníků zatěžovaných odpadními vodami organické povahy. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS, 73 – 78 s.

Faina, R. (2015): Znalecký posudek: Úhyn ryb na rybníku Záhumenním velkém, 5,85 ha, k.ú. Charvatce, CZ 21071821, ve dnech 13. a 14. 8. 2015, 3 s.

Faina, R., Kubů, F. (1989): Chov ryb ve stabilizačních a akumulačních rybnících. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 31, 11 s.

Faina, R., Máchová, J., Svobodová, Z., Kroupová, H., Valentová, O. (2007): Použití přípravku Diazinon 60 EC v rybníkářské praxi k tlumení nadměrného rozvoje hrubého dafniového zooplanktonu. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 80, 18 s.

Faina, R., Máchová, J., Valentová, O. (2011): Možnosti řešení kritických deficitů kyslíku v rybníčním chovu pomocí aplikace nízké dávky superfosfátu. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 116, 13 s.

Fasaic, K., Debeljak, L. J., Adámek, Z. (1989): The effect of mineral fertilization on water chemistry of carp ponds. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 19, 71 – 83 s.

Füllner, G., Langer, N., Pfeifer, M. (2000): Ordnungsgemäße Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachse. Sächsisches Landesanstalt für Landwirtschaft. Referat Fischerei – Königswarta, 66 s.

Hadašová, L., Kopp, R., Chalupa, P. (2014): Vliv obsádky na iniciální rozvoj struktury zooplanktonního společenstva v rybářsky obhospodařovaných rybnících. Sborník referátů z konference 65 let výuky rybářství na Mendelově univerzitě v Brně. 2. a 3. 12. 2014. Brno, 232 – 237 s.

Hartman, P. (1992): Stanovení potřeby vápnění rybníků ve vztahu k podmínkám prostředí. Disertační práce, VŠZ AF Brno, 74 s.

Hartman, P. (2010): Technologie používané při chovu ryb v rybnících, In: M. Urbánek (Ed.), Naše rybářství. Rybářské sdružení ČR, 57 – 93 s. ISBN 978-80-901510-7-8

Hartman, P. (2012a): Výživa rybníční biocenózy organickými hnojivy. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 127, 35 s.

Hartman, P. (2012b): Model výživy rybníční biocenózy s ohledem na celkový fosfor. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody. 23. 2. 2012. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 33–48 s.

Hartman, P., Prikryl, I., Štědranský, E. (2005): Hydrobiologie. 3. přepracované vydání. Praha: Informatorium, 359 s. ISBN 80-7333-046-6

Hartman, P., Vejsada, P., Bolha, P., Regenda, J., Hlaváč, D. (2014): Využití živin chovem ryb ve stabilizačním rybníku Ledenice. nepublikováno, 8 s.

Hartman, P., Regenda, J. (2014): Praktika v rybníkářství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 374 s. ISBN 978-80-7514-009-8

Hartman, P., Regenda, J., Hamerník, J. (2016): Změny v produkci ryb v průběhu 20. století v ČR. In: V. David a T. Davidová (Ed.), Sborník příspěvků odborné konference Rybníky 2016. 23. a 24. 6. 2016. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 58–69 s.

- Hartvich, P., Vácha, F. (2002): Metodika pro výpočet škod způsobených úbytkem rybí obsádky v rybnících v důsledku povodní pomocí kontrolních odlovů. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 6 s.
- Heteša, J., Sukop, I. (1985): Aplikovaná hydrobiologie II. Skriptum VŠZ v Brně, SPN Praha, 83 s.
- Hlaváč, D. (2015): The effect of supplementary feeding with treated feed mixtures in carp ponds upon discharged water quality. Ph.D. Thesis. JČU České Budějovice, 89 s. ISBN 978-80-7514-037-1
- Hlaváč, D., Adámek, Z., Hartman, P., Másílko, J. (2012): Vliv příkrmování na vývoj kvality vody v kaprových rybnících (přehled). Bulletin VÚRH Vodňany 48 (4)
- Hlaváč, D., Hartman, P., Adámek, Z., Másílko, J., Baxa, M., Pechar, L., Všetičková, L. (2014): Vliv příkrmování kapra obecného (*Cyprinus carpio*) obilnými krmivými na kvalitu vody v rybnících, bilanci živin a produkční ukazatele. nepublikováno, 15 s.
- Hlaváč, D., Másílko, J., Hartman, P., Anto-Pardo, M., Melka, V., Regenda, J., Vejsada, P., Mráz, J., Adámek, Z. (2015): Potenciál krmných směsí a obilovin, jako nástroj pro udržení dobré produkce tržního kapra ve vztahu ke kvalitě vody a bilanci živin. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů 3. ročníku odborné konference. 19. a 20. 2. 2015. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 49–58 s. ISBN 978-80-87699-04-1
- Hrabě, S. (1946): O potravě nejmladšího kapřího plůdku. Sborník Klubu přírodovědeckého v Brně 26, 30 – 39 s.
- Herle, J., Bareš, P. (1990): Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. SNTL, Praha, 208 s. ISBN 80-03-00457-6
- Hydroreal. (2009): Manipulační řád pro objekt čerpací stanice – napouštění rybníku Vlka. Hydroreal s.r.o., Jičín, 16 s.
- Chmelický, P. (2014): Ověřování vztahu mezi hustotou obsádek a průhledností vody. Bakalářská práce. JČU České Budějovice, 74 s.
- Janeček, V. (1976): Jak dál v intenzifikaci rybníkářství. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR. Vodňany, 70 s.
- Janeček, V., Přikryl, I. (1982): Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 2, 13 s.
- Janeček, V., Přikryl, I. (1992): Polykulturní obsádky kapra s býložravými rybami a línem. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 38, 11 s.
- Jensen, B. F. (2003): Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. Comparative Biochemistry and Physiology Part A 135, 9 – 24 s.

Kalenda, V. (2015): Možnosti propagace prodeje ryb v rámci maloobchodního prodeje. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů 3. ročníku odborné konference. 19. a 20. 2. 2015. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 91–93 s. ISBN 978-80-87699-04-1

Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H. (1998): Phosphor und Stickstoff – bilanzen von Karpfenteichen. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 7, 181 – 189 s.

Kopp, R. (2015): Hydrochemie nejen pro rybáře. Mendelova univerzita v Brně. 120 s. ISBN 978-80-7509-352-3

Kopp, R., Hadašová, L., Lang, Š., Brabec, T., Mareš, J. (2012): Diurnální změny hodnot rozpuštěného kyslíku a pH v intenzivně obhospodařovaných rybnících. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody. 23. 2. 2012. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 65–72 s.

Kopp, R., Brabec, T., Hadašová, L., Lang, Š., Lukas, V., Mareš, J. (2013): Použití aerační techniky na hypertrofních rybnících v letním období. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody 2. 21. a 22. 2. 2013. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 17–20 s. ISBN 978-80-87699-02-7

Kopp, R., Hilscherová, K., Poštulková, E. (2015): Základy vodní toxikologie. Mendelova univerzita v Brně. 152 s. ISBN 978-80-7509-334-9

Kostomarov, B., Hrabě, S. (1943): Der Kannibalismus bei der Karfenbrut. Archiv für Hydrobiologie 40, 265 – 278 s.

Krejčí, F. (2015): Vliv rybářského hospodaření na kvalitu vody v rybnících. Bakalářská práce. JČU České Budějovice, 90 s.

Křivánek, J., Němec, J., Kopp, J. (2012): Rybníky v České republice. Pro ministerstvo zemědělství ČR vydal Jan Němec – Consult, 303 s. ISBN 978-80-903482-9-5

Lohniský, K. (1970): Metody určování a hlavní výsledky studia potravy larev a juvenilních ryb. Vertebratologické zprávy 2. 94 – 95 s.

Magaut, H., Migeon, B., Morfin, P., Garric, J., Vindimian, E. (1997): Modelling fish mortality due to urban storm run-off: interacting effects of hypoxia and un-ionized ammonia. Water Research 31, 211 – 218 s.

Mareš, J., Jirásek, J. (1999): Ukazatelé produkční účinnosti krmiv. In: Sborník referátů konference 50 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně 1. a 2. 12.1999. Brno, 74 – 78 s. ISBN 80-7157-408-2

Mareš, J., Novotný, L., Palíková, M. (2015): Akvakultura – základy výživy a krmení ryb. Mendelova univerzita v Brně. 108 s. ISBN 978-80-7509-336-3

- Másílko, J. (2014): Production efficiency of technological modified cereals in market carp farming. Ph.D. Thesis. JČU České Budějovice, 101 s. ISBN 978-87437-98-8
- Másílko, J., Urbánek, M., Hartvich, P., Hůda, J. (2009): Efektivní příkrmování mechanicky upravenými obilovinami v chovu tržního kapra na rybářství Třeboň Hld. a.s. Edice Metodik VÚRH Vodňany č. 98, 11 s. ISBN 978-80-85887-98-3
- Marcel, M., Duras, J. (2013): Vodárenská nádrž Žlutice a rybníky v jejím povodí. Sborník konference Vodárenská biologie 2013
- MZe ČR. (2016): Situační a výhledová zpráva RYBY. Ministerstvo zemědělství ČR, 46 s. ISBN 978-80-7434-332-2
- OU Mladá Boleslav. (1998): Jabkenice – kanalizace a ČOV – povolení k nakládání s vodami a povolení k vodohospodářským dílům. Okresní úřad Mladá Boleslav – referát životního prostředí, 6 s.
- ON 46 6864. (1965): Příkrmování kaprů. Praha, ÚNM.
- Palachek, R. M., Tomasso, J. R. (1984): Toxicity of nitrite to channel catfish (*Ictalurus punctatus*), tilapia (*Tilapia aurea*), and largemouth bass (*Micropterus salmoides*): evidence for a nitrite exclusion mechanism. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41, 1739 – 1744 s.
- Pechar, L. (2015): Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek. Vodní hospodářství 7. ročník 2015, 6 s.
- Pechar, L., Příkryl, I., Faina, R. (2002): Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds in the end of the nineteenth century. In: Květ, J., Soukupová, L. (Eds): Freshwater wetlands and their sustainable future, Paris, 31 – 61 s.
- Pechar, L., Baxa, M. (2016): Vztah rybářského hospodaření a fungování rybníční biocenózy. Fórum ochrany přírody 03/2016, 15–18 s.
- Pitter, P. (2015): Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT Praha. 792 s. ISBN 978-80-7080-928-0
- Pokorný, J. (2014): Identifikace a eliminace rizik kyslíkových deficitů. ENKI Třeboň. Technická zpráva pilotního projektu EU č. CZ.1.25/3.4.00/13.00445, 60 s.
- Pokorný, J. (2015a): Rybníky v době druhého milénia a jejich exploatace, In: Urbánek, M (Ed.), České rybníky a rybářství ve 20. století. Rybářské sdružení ČR, 25–35 s. ISBN 978-80-87699-06-5
- Pokorný, J. (2015b): Význam rybníků pro eliminaci znečištění vod, In: Urbánek, M (Ed.), České rybníky a rybářství ve 20. století. Rybářské sdružení ČR, 174–181 s. ISBN 978-80-87699-06-5
- Pokorný, J., Lucký, Z., Lusk, S., Pohunek, M., Jurák, M., Štědronský, E., Prášil, O. (2004): Velký encyklopedický rybářský slovník. Fraus, 649 s. ISBN 80-7238-117-2

Potužák, J. (2009): Plankton and trophic interactions in hypertrophic fish ponds. Ph.D. Thesis. JČU České Budějovice, 137 s.

Potužák, J., Duras, J. (2012a): Látkové bilance rybníků a k čemu jsou dobré? In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody. 23. 2. 2012. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 49–63 s.

Potužák, J., Duras, J. (2012b): Výlov rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu? In: J. Říhová Ambrožová, J. Veselá (Ed.), Sborník referátů Vodárenská biologie 2012. Praha, 1. a 2. 2. 2012, 52 – 59 s.

Potužák, J., Duras, J., Kröpfelová, L. (2015): Rybníční sediment – kam s ním? In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů 3. ročníku odborné konference. 19. a 20. 2. 2015. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 59–66 s. ISBN 978-80-87699-04-1

Potužák, J., Duras, J. (2016): Jsou rybníky zdroje či naopak příjemci znečištění? Fórum ochrany přírody 03/2016, 38–41 s.

Přikryl, I., Janeček, V., Raidl, M., Filipová, O. (1983): The effect of the intensification of fish production on pond water quality. Bulletin VÚRH Vodňany 4, 3 – 16 s.

Přikryl, I., Adámek, Z., Faina, R., Hartman, P., Kozák, P., Linhart, O., Máchová, J. (2008): Metodika OP Rybářství 2.2.: Hospodaření na rybnících s režimem zlepšujícím kvalitu vodního prostředí. Edice Metodik. VÚRH Vodňany, 36 s.

Rahman, M. M., Verdegam, M. C. J., Nagelkerke, L. A. J., Wahab, M. A., Milstein, A., Verreth, J. A. J. (2006): Growth, production and food preference of rohu *Labeo rohita* (H.) in monoculture and in polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L.) under fed and non-fed ponds. Aquaculture 257, 359 – 372 s.

Rahman, M. M., Verdegam, M. C. J., Nagelkerke, L. A. J., Wahab, M. A., Milstein, A., Verreth, J. A. J. (2008): Effects of common carp *Cyprinus carpio* (L.) and feed addition in rohu *Labeo rohita* (H.) ponds on nutrient partitioning among fish, plankton and benthos. Aquacultural Research 39, 85 – 95 s.

Regenda, J. (2015): Je současné rybníkářství extenzivním nebo intenzivním chovem ryb? Veronica XXIX. ročník 2015 č. 2, 8 – 13 s.

Regenda, J. (2017): Inspirace pro maloobchodní prodej ryb. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů 4. ročníku odborné konference. 9. a 10. 2. 2017. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 75–83 s. ISBN 978-80-87699-10-2

Schäperclaus, W. (1961): Lehrbuch der Teichwirtschaft. Berlin – Hamburk, 582 s.

Schäperclaus, W., Lukowicz, M. (1998): Lehrbuch der Teichwirtschaft. 4. Cneubearbeitete Auflage. Parey Buchverlag, Berlin, Germany, 590 s.

Schlott, K., Bauer, CH., Fichtenbauer, M., Gratzl, G., Schlott G. (2011): Bedarfsorientierte Fütterung in der Karpfenteichwirtschaft – Das Absatzvolumen von Zooplankton. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Wien, 36 s.

Schreckenbach, K. (1982): Die Bedeutung von Umweltfaktoren bei der Fischproduktion in Binnengewässern. Monatshefte fuer Veterinaermedizin 37, 220 – 230 s.

Siegel, M. (1987): Význam aerace vody v letním období pro překlenutí nekoordinované eutrofizace rybníků. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS, 132 – 135 s.

Spurný, P., Mareš, J., Kopp, R., Řezníčková, P. (2015): Hydrobiologie a rybářství. Mendelova univerzita v Brně, 254 s. ISBN 978-80-7509-345-5

Sukop, I. (2006): Ekologie vodního prostředí. Mendelova univerzita v Brně, 199 s. ISBN 978-7157-923-8

Svoboda, M. (1982): Od asimilačních rybníků ke stabilizační soustavě. Sborník IV. Limnologické konference Čs. limnologické společnosti při ČSAV v Praze, „Vodní ekosystémy“, 190 – 191 s.

Svobodová, Z. (1987): Výskyt případů autointoxikace kaprů amoniakem v praxi. In: Sborník referátů konference Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody 8. a 9. 12. 1987. Velké Meziříčí, ČSVTS, 161 – 167 s.

Svobodová, Z., Faina, R. (1984): Použití přípravku Soldep v rybářství. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 12, 15 s.

Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B., Wohlgemuth, E. (1987): Toxikologie vodních živočichů. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 231 s. 07-084-87

Svobodová, Z., Máchová, J., Vykusová, B. (1992): Havarijní a dlouhodobé znečištění povrchových vod. VÚRH Vodňany, 182 s.

Svobodová, Z., Kolářová, J., Navrátil, S., Veselý, T., Chloupek, P., Tesaříček, J., Čítek, J. (2007): Nemoci ryb. 4. přepracované vydání. vyd. Praha: Informatorium. 264 s. ISBN 978-80-7333-051-4

Svobodová, Z., Máchová, J., Kroupová, H. (2008): Otravy ryb. In Z. Svobodová (Ed.), Veterinární toxikologie v klinické praxi. Profí Press, Praha, 201 – 217 s. ISBN 978-80-86726-27-4

Svobodová, Z., Schonová, P., Kaut, J., Pazourová, M. (2011): Analýza příčin havarijního znečištění povrchových vod a následných úhynů ryb v České republice v období 1989 až 2010. Bulletin VÚRH Vodňany 47, 47-56 s.

Steffens, W. (1985): Grundlagen der Fischernahrung. VEB Gustav fisher Verlag Jena, 226 s.



Šindler, M. (2015): Vliv zooplanktonu na produkci kapra na Bohel'ovských rybnících. JČU České Budějovice, 93 s.

Štěpánek, M. (1976): Hygienický význam životních dějů ve vodách. Avicenum, Praha, 465 s.

Šusta, J. (1995): Pět století rybničního hospodářství v Třeboni. Vydavatelství Carpio Třeboň, 212 s. ISBN 80-901945-1-6

Tölgyessy, J., Betina, V., Frank, V., Fusk, J., Lesný, J., Moncmanová, A., Palatý, J., Piatrik, M., Pitter, P., Prousek, J. (1989): Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. Slovenská akadémia vied, 531 s. ISBN 80-224-0034-3

Vachta, R., Nusl, P., Smékal, D., Lepič, P., Buřič, M. (2015): Recirkulační systémy. Vydavatelství SRŠ a VOŠ Vodňany, 223 s. ISBN 978-80-87096-19-2

VAK Mladá Boleslav. (2012): Kanalizační řád stokové sítě skupinové kanalizace obce Vlka. Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav, a.s., 22 s.

Valentová, O., Máchová, J., Faina, R., Kroupová, H., Svobodová, Z. (2009): Souprava COMBI – terénní analýzy vody. Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 90, 28 s.

Velíšek, J., Svobodová, Z., Bláhová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroková, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Maršálek, P., Kroupová, Kocour, H., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V. (2014): Vodní toxikologie pro rybáře. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 600 s. ISBN 978-80-87437-89-6

Vítěz, T., Groda, B. (2008): Čištění a čistírny odpadních vod. Mendelova univerzita v Brně, 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7

Wilkie, M. P. (2002): Ammonia excretion and urea handling by gills: present understanding and future research challenges. *Journal of Experimental Zoology* 293. 665 – 673 s.

## Zdroje online:

ČHMÚ, 2017. [online]. [cit. 2017-2-13]

Dostupné na WWW: < <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#> >

ČSÚ, 2016. [online]. [cit. 2016-12-30]

Dostupné na WWW: < <https://www.czso.cz/documents/10180/32853387/1300721603.pdf/cba78096-1cf5-4fde-b20a-3074b2f135f9?version=1.0> >

MŽP, 2002. [online]. [cit. 2017-4-21]

Dostupné na WWW: < [http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/59E37DB4719BE3EAC1256F5C002C4C68/\\$file/vestnik02-2003.pdf](http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/59E37DB4719BE3EAC1256F5C002C4C68/$file/vestnik02-2003.pdf) >

Nařízení vlády č. 82/1999 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod ze dne 22. 3. 1999 [online]. [cit. 2017-02-19] Dostupné na WWW: <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=82/1999&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=82/1999&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)>

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ze dne 18. 7. 2007 [online]. [cit. 2017-02-16] Dostupné na WWW:<[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=229/2007&TypeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=229/2007&TypeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)>

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ze dne 14. 12. 2015 [online]. [cit. 2017-02-16]

Dostupné na WWW: < [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=401/2015&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=401/2015&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)>

Quitt, E. 1971: Klimatické regiony ČR. [online]. [cit. 2017-01-3]

Dostupné na WWW: < <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>>

Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků ze dne 14. 12. 2001 [online]. [cit. 2017-02-21]

Dostupné na WWW: <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=470/2001&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=470/2001&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)>

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ze dne 28. 6. 2001[online]. [cit. 2017-03-19] Dostupné na WWW: [http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=254/2001%20&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=254/2001%20&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)

### **Další zdroje:**

ALS Czech Republic s.r.o. – protokoly o zkouškách vody

14. 8. 2014 – protokol č. PR1444176

19. 5. 2015 – protokol č. PR1530002

16. 6. 2015 – protokol č. PR1538018

21. 7. 2015 – protokol č. PR1546936

14. 8. 2015 – protokol č. PR1552001

25. 8. 2015 – protokol č. PR1554383

21. 9. 2015 – protokol č. PR1561766

30. 10. 2015 – protokol č. PR1573210

11. 1. 2016 – protokol č. PR1601186

9. 6. 2016 – protokol č. PR1640876

27. 9. 2016 – protokol č. PR1672235

Státní veterinární ústav Praha – oddělení chemie

14. 8. 2015 – protokol o zkoušce vody č. 3597/15

Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem – Centrum hygienických laboratoří

24. 10. 2016 - protokol o zkoušce vody č. 117556/2016

## 8. Seznam zkratek a zmíněných druhů ryb v této studii

### Seznam použitých zkratek

BSK<sub>5</sub> – biochemická spotřeba kyslíku s dobou inkubace 5 dní

ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí

ČOV – čistírna odpadních vod

EO – ekvivalentní obyvatel

FCE – koeficient konverze krmiva (Food Conversion Efficiency)

HRT – teoretická doba zdržení vody (Hydraulic Retention Time)

CHSK<sub>Cr</sub> – chemická spotřeba kyslíku s použitím dichromanu draselného jako oxidačního činidla

CHSK<sub>Mn</sub> – chemická spotřeba kyslíku s použitím manganistanu draselného jako oxidačního činidla

KNK<sub>4,5</sub> – kyselinová neutralizační kapacita do bodu ekvivalence pH 4,5

MZe ČR – Ministerstvo zemědělství České republiky

NL<sub>105</sub> – nerozpuštěné látky sušené při 105 °C

NL<sub>550</sub> – nerozpuštěné látky žíhané při 550 °C

ORP – oxidačně – redukční potenciál

RKK (FCR) – relativní krmný koeficient (Food Conversion Ratio)

SGR – specifická rychlost růstu (Specific Growth Rate)

TN – celkový dusík (Total Nitrogen)

TOC – celkový organický uhlík (Total Organic Carbon)

TP – celkový fosfor (Total Phosphorus)

ZNK<sub>8,3</sub> – zásadová neutralizační kapacita do bodu ekvivalence pH 8,3

### České a latinské názvy ryb zmíněných v textu

Amur bílý – *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)

Kapr obecný – *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

Karas stříbřitý – *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)

Lín obecný – *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)

Okounek pstruhový – *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802)

Siven americký – *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1815)

Střevlička východní – *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846)

Štika obecná – *Esox lucius* (Linnaeus, 1758)

Tolstolobik bílý – *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)

## 9. Seznam tabulek, obrázků, grafů a příloh

- Tabulka č. 1: Doporučené rozdělení krmiv do měsíců v roce podle různých autorů, s. 16.
- Tabulka č. 2: Srovnání vybraných imisních standardů přípustného znečištění povrchových vod, s. 27.
- Tabulka č. 3: Obvyklé složení splaškových odpadních vod a průměrné hodnoty znečištění vyprodukované 1 EO, s. 29.
- Tabulka č. 4: Přehled o analyzovaných anorganických parametrech kvality vody, typech vzorků, vzorkovateli a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, v rámci rybníků Ohrada (0,85 ha) a Vlkava (22,1 ha) v průběhu roku 2015, s. 32.
- Tabulka č. 5: Přehled o analyzovaných anorganických parametrech kvality vody, typech vzorků, vzorkovateli a laboratořích, kde byly analýzy prováděny, v rámci rybníku Záhumenní velký (5,85 ha) v průběhu let 2014, 2015 a 2016, s. 33
- Tabulka č. 6: Hydrologická charakteristika rybníka Ohrada, s. 34.
- Tabulka č. 7: Hydrologická charakteristika rybníka Záhumenní velký, s. 37.
- Tabulka č. 8: Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody z ČOV Jabkenice, s. 39.
- Tabulka č. 9: Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody z ČOV Jabkenice, s. 39.
- Tabulka č. 10: Hydrologická charakteristika rybníka Vlkava, s. 40.
- Tabulka č. 11: Hodnoty povoleného množství vypouštěné odpadní vody z ČOV Vlkava, s. 42.
- Tabulka č. 12: Hodnoty povoleného znečištění vypouštěné odpadní vody z ČOV Vlkava, s. 42.
- Tabulka č. 13: Parametry kvality vody na jednotlivých rybnících v průběhu sledování (od 1.5 do 20. 9. 2015, celkem 11 vzorků), s. 49.
- Tabulka č. 14: Fyzikálně – chemické vlastnosti vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu v srpnu 2015, s. 57.
- Tabulka č. 15: Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu ryb v srpnu 2014, s. 58.
- Tabulka č. 16: Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu ryb v srpnu 2015, s. 58.
- Tabulka č. 17: Anorganické parametry kvality vody na rybníce Záhumenní velký během úhynu ryb v srpnu 2015, s. 59.
- Tabulka č. 18: Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Ohrada v roce 2015, s. 60.
- Tabulka č. 19: Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Záhumenní velký v roce 2015, s. 61.

Tabulka č. 20: Přehled dosažených produkčních výsledků na rybníce Vlkava v roce 2015, s. 62.

Tabulka č. 21: Bilance celkového fosforu a dusíku bez započtení vlivů přítoku a odtoku s přepočtem na hektar plochy, s. 62.

Graf č. 1: Porovnání naměřených hodnot BSK<sub>5</sub> na odtocích z čistíren a v rybnících, s. 51.

Graf č. 2: Porovnání naměřených hodnot CHSK<sub>Cr</sub> na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 52.

Graf č. 3: Porovnání naměřených hodnot amoniakálního dusíku (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 53.

Graf č. 4: Porovnání naměřených hodnot celkového dusíku na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 54.

Graf č. 5: Porovnání naměřených hodnot celkového fosforu (TP) na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 55.

Graf č. 6: Porovnání naměřených hodnot dusitanů na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 56.

Graf č. 7: Porovnání naměřených hodnot dusičnanů na odtoku z čistíren a v rybnících, s. 56.

Graf č. 8: Průběh celkové abundance zooplanktonu na rybníce Ohrada během vegetační sezóny 2015, s. 64.

Graf č. 9: Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na rybníce Ohrada během vegetační sezóny 2015, s. 64.

Graf č. 10: Průběh celkové abundance zooplanktonu na rybníce Záhumenní velký během vegetační sezóny 2015, s. 66.

Graf č. 11: Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na rybníce Záhumenní velký během vegetační sezóny 2015, s. 66.

Graf č. 12: Průběh celkové abundance zooplanktonu na Vlkavském rybníce během vegetační sezóny 2015, s. 68.

Graf č. 13: Procentické zastoupení vybraných taxonomických skupin zooplanktonu na Vlkavském rybníce během vegetační sezóny 2015, s. 68.

Obrázek č. 1: Dynamika změny produkce ryb v kg·ha<sup>-1</sup>, (především kapr) a rozsahu hnojení a krmení, vyjádřeného jako přísun N a P v kg·ha<sup>-1</sup>), s. 13.

Obrázek č. 2: Přehledová mapa rybníka Ohrada, s. 35.

Obrázek č. 3: Přehledová mapa rybníka Záhumenní velký, s. 38.

Obrázek č. 4: Přehledová mapa rybníka Vlkava, s. 41.

Obrázek č. 5: Základní schéma pro hodnocení látkové bilance, s. 47.

Příloha č. 1: Aerátor typu kesener o příkonu 2,2 kW a délce válce 210 cm na rybníce Záhumenní velký, foto ze dne 6. 8. 2015, s. 96.

Příloha č. 2: Slabší typ aerátoru o příkonu 370 W na rybníce Záhumenní velký, foto ze dne 6. 9. 2015, s. 96.

Příloha č. 3: Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda, s. 96.

Příloha č. 4: Rybník Ohrada – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 97.

Příloha č. 5: Rybník Záhumenní velký – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 98.

Příloha č. 6: Rybník Vlkava – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 99.

Příloha č. 7: Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Ohrada v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 100.

Příloha č. 8: Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Záhumenní velký v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 101.

Příloha č. 9: Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Vlkava v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 102.

Příloha č. 10: Rybník Ohrada – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 103.

Příloha č. 11: Rybník Záhumenní velký – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři během let 2014, 2015 a 2016, s. 104.

Příloha č. 12: Rybník Vlkava – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 105.

Příloha č. 13: Grafické znázornění překračování maximálních hodnot povoleného znečištění vypouštěného z ČOV v Jabkenicích v průběhu let 2014, 2015 a 2016, s. 106.

Příloha č. 14: Fotografie z hromadného úhynu ryb na rybníce Záhumenní velký v roce 2015, s. 107.

Příloha č. 15: Produkční ukazatele sledovaných rybníků v roce 2015, s. 108.

Příloha č. 16: Rybník Ohrada – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 109.

Příloha č. 17: Rybník Záhumenní velký – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 110.

Příloha č. 18: Rybník Vlkava – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015, s. 111.

## 10. Přílohy

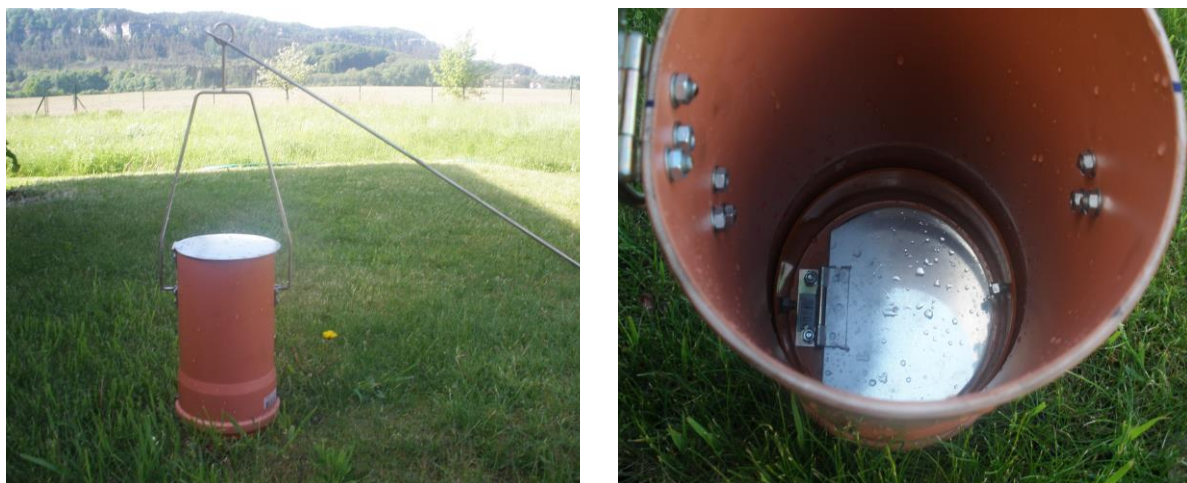
**Příloha č. 1:** Aerátor typu kesener o příkonu 2,2 kW a délce válce 210 cm na rybníce Záhumní velký, foto ze dne 6. 8. 2015 (Foto: autor, 2015).



**Příloha č. 2:** Slabší typ aerátoru o příkonu 370 W na rybníce Záhumní velký, foto ze dne 6. 9. 2015 (Foto: autor, 2015).



**Příloha č. 3:** Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda (Foto a výroba: autor, 2014).





**Příloha č. 4:** Rybník Ohrada – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum měření | Teplota vzduchu (°C) | Teplota vody u hladiny (°C) | Teplota vody v hloubce 0,5 m (°C) | Obsah kyslíku u hladiny |              | Obsah kyslíku v hloubce 0,5 m |              | Průhlednost vody (cm) | pH  | Alkalita - KNK <sub>4,5</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | ZNK <sub>3</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | Oxidačně redukční potenciál (mV) |                 |                 |
|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-----------------------|-----|---|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|
|              |                      |                             |                                   | v mg·l <sup>-1</sup>    | v % nasycení | v mg·l <sup>-1</sup>          | v % nasycení |                       |     |   |  | u hladiny                        | v hloubce 0,2 m | v hloubce 0,5 m |
| 1.5.         | 18                   | 15,2                        | 15                                | 17,5                    | 180          | 18,5                          | 180          | 30                    | 9,8 | 3,4   | -0,4                                     |                                  |                 |                 |
| 16.5.        | 22                   | 19,4                        | 16,8                              | 20,3                    | 220          | 6,8                           | 69           | 25                    | 9,4 | 4   | -0,4                                     |                                  |                 |                 |
| 27.5.        | 11,5                 | 15,8                        | 15,7                              | 13,3                    | 136          | 11,6                          | 118          | 25                    | 9   | 4,2   | -0,35                                    | neměřeno                         |                 |                 |
| 13.6.        | 29                   | 25,8                        | 21,3                              | 21                      | 260          | 2,1                           | 23           | 20                    | 9   | 3,7   | -0,3                                     |                                  |                 |                 |
| 27.6.        | 21                   | 21                          | 18,9                              | 21,2                    | 235          | 5,4                           | 58           | 20                    | 9,1 | 4,5   | -0,2                                     |                                  |                 |                 |
| 11.7.        | 24                   | 21,7                        | 19,7                              | 14,9                    | 170          | 5,6                           | 60           | 20                    | 8,8 | 4,5   | -0,1                                     | 82                               | 90              | 100             |
| 25.7.        | 24                   | 24,2                        | 23,3                              | 5,7                     | 68           | 0,9                           | 10           | 20                    | 8,3 | 4,7   | 0,3                                      | 15                               | 5               | 12              |
| 6.8.         | 31,5                 | 25,6                        | 23,7                              | 8,6                     | 106          | 3,6                           | 41           | 20                    | 8   | 5   | 0,3                                      | 34                               | 45              | 46              |
| 22.8.        | 25                   | 21                          | 19,5                              | 14                      | 160          | 12                            | 130          | 20                    | 8,3 | 4,3   | 0,3                                      | 20                               | 30              | 30              |
| 6.9.         | 13                   | 17,6                        | 17,5                              | 6,7                     | 70           | 6,5                           | 68           | 30                    | 7,7 | 5   | 0,3                                      | 20                               | 30              | 34              |
| 20.9.        | 14,5                 | 15                          | 17,1                              | 5                       | 50           | 4,2                           | 42           | 30                    | 7,9 | 5,3   | 0,4                                      | 56                               | 83              | 83              |

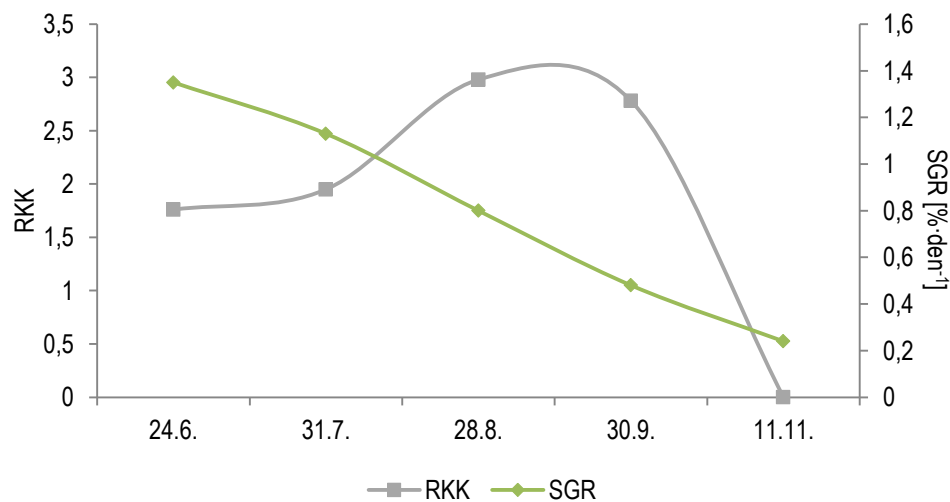
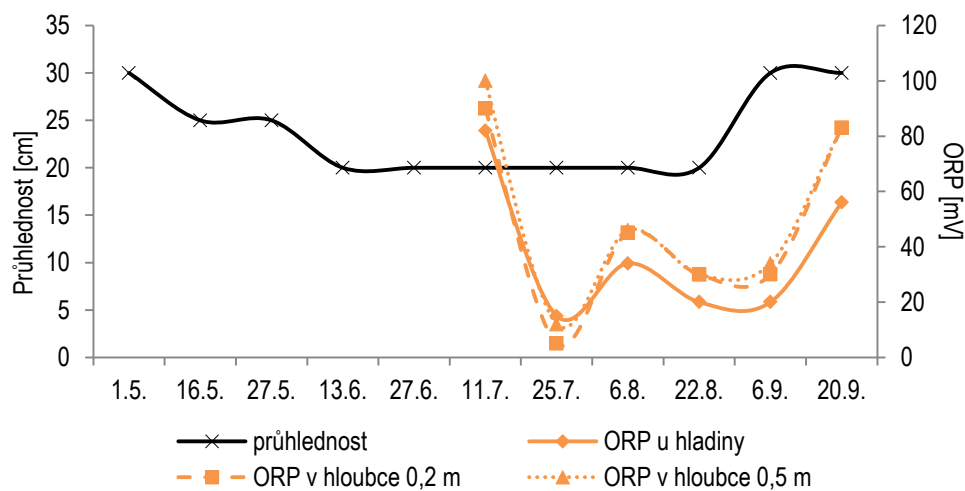
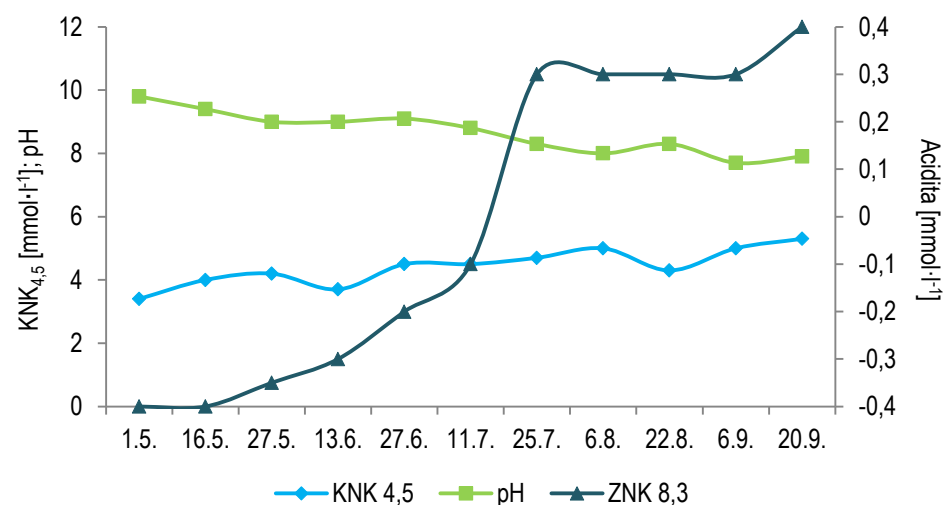
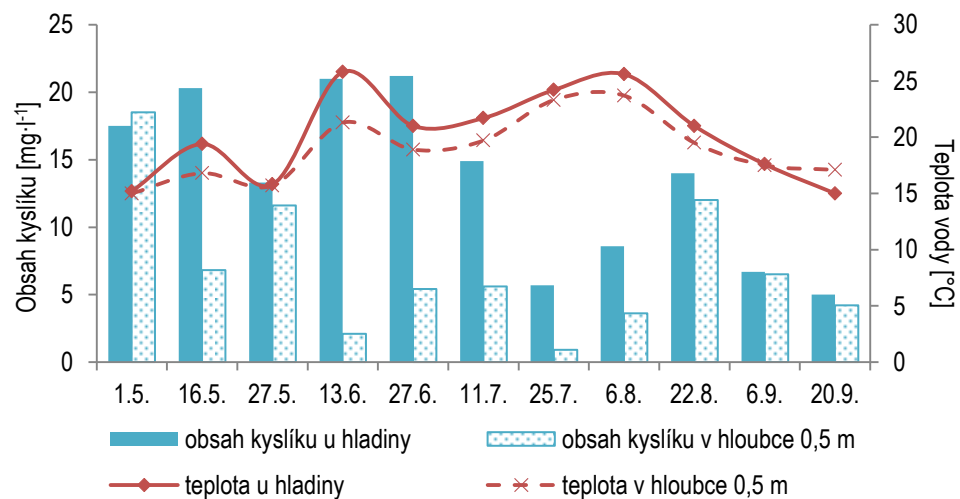
**Příloha č. 5:** Rybník Záhumenní velký – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum měření | Teplota vzduchu (°C) | Teplota vody u hladiny (°C) | Teplota vody v hloubce 1,5 m (°C) | Obsah kyslíku u hladiny |              | Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m |              | Průhlednost vody (cm) | pH  | Alkalita - KNK <sub>4,5</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | ZNK <sub>8,3</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | Oxidačně redukční potenciál (mV) |                 |                 |
|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-----------------------|-----|---|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|
|              |                      |                             |                                   | v mg·l <sup>-1</sup>    | v % nasycení | v mg·l <sup>-1</sup>          | v % nasycení |                       |     |   |  | u hladiny                        | v hloubce 0,5 m | v hloubce 1,5 m |
| 1.5.         | 18                   | 14                          | 13,9                              | 16                      | 160          | 16                            | 155          | 20                    | 9,3 | 2,3   | -0,3                                       |                                  |                 |                 |
| 16.5.        | 22                   | 19,1                        | 18                                | 7,2                     | 78           | 5,2                           | 54           | 35                    | 8   | 2,5   | 0,1  |                                  |                 |                 |
| 27.5.        | 12,5                 | 16,5                        | 16,5                              | 10,2                    | 105          | 10,8                          | 111          | 35                    | 8,4 | 2,4   | 0,1  | neměřeno                         |                 |                 |
| 13.6.        | 30                   | 27,5                        | 22,7                              | 21,5                    | 270          | 8,3                           | 96           | 30                    | 9,3 | 1,6   | -0,1                                       |                                  |                 |                 |
| 27.6.        | 22                   | 22                          | 18,7                              | 16,4                    | 189          | 1,7                           | 18           | 15                    | 8,9 | 2   | -0,2                                       |                                  |                 |                 |
| 11.7.        | 24                   | 25                          | 20                                | 8,4                     | 101          | 3,5                           | 38           | 30                    | 8,7 | 1,8   | -0,1                                       | 90                               | 104             | 145             |
| 25.7.        | 27,5                 | 24                          | 23,4                              | 1,9                     | 22           | 0,5                           | 6            | 15                    | 7,2 | 2,2   | 0,2  | 48                               | 53              | 83              |
| 6.8.         | 33,5                 | 26                          | 23,9                              | 19,3                    | 240          | 6,8                           | 80           | 15                    | 8,4 | 2,3   | -0,25                                      | 8                                | 50              | 48              |
| 13.8.        |                      | 26                          | 26                                | 2,5                     | 30           | 1,5                           | 18           |                       |     |   |  | 40                               |                 | 50              |
| 14.8.        | 25                   | 25,5                        | 25,5                              | 3,19                    | 38           | 3                             | 36           | 20                    | 7,8 | 2,6   | 0,2  | 3                                | 55              | 43              |
| 22.8.        | 25                   | 22,5                        | 22,1                              | 19,2                    | 222          | 19,4                          | 223          | 10                    | 8,9 | 2,3   | -0,2                                       | 3                                | 15              | 20              |
| 6.9.         | 12,5                 | 18                          | 18                                | 6,4                     | 67           | 6,3                           | 66           | 10                    | 7,8 | 2   | 0,2  | 25                               | 35              | 40              |
| 20.9.        | 16,5                 | 17,8                        | 17,8                              | 4,2                     | 44           | 3,8                           | 40           | 20                    | 7,5 | 2,8   | 0,2  | 42                               | 36              | 39              |

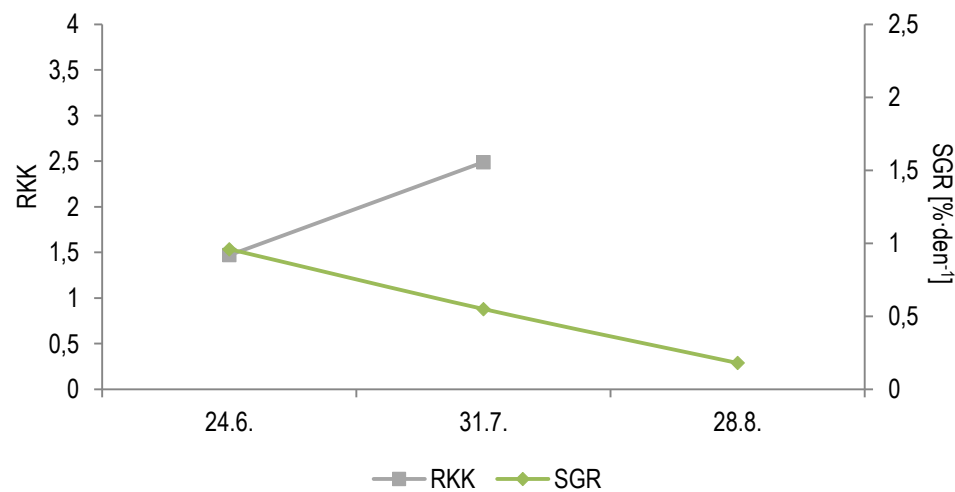
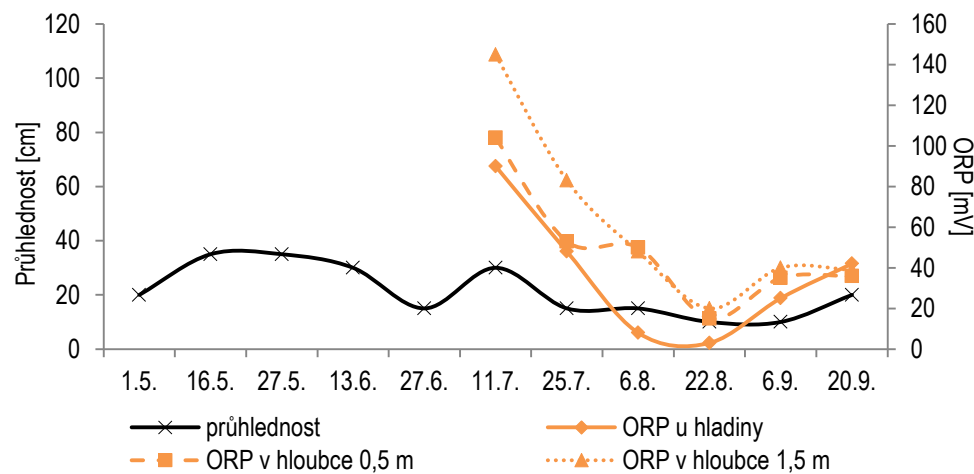
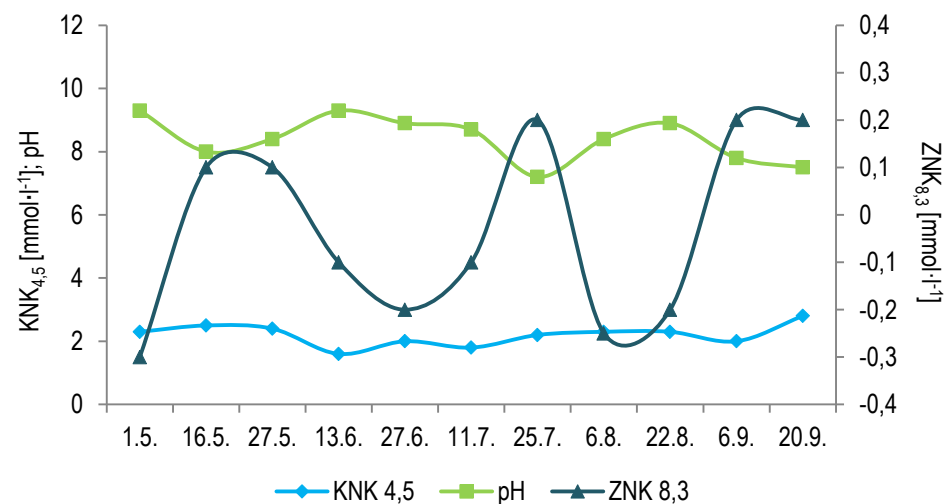
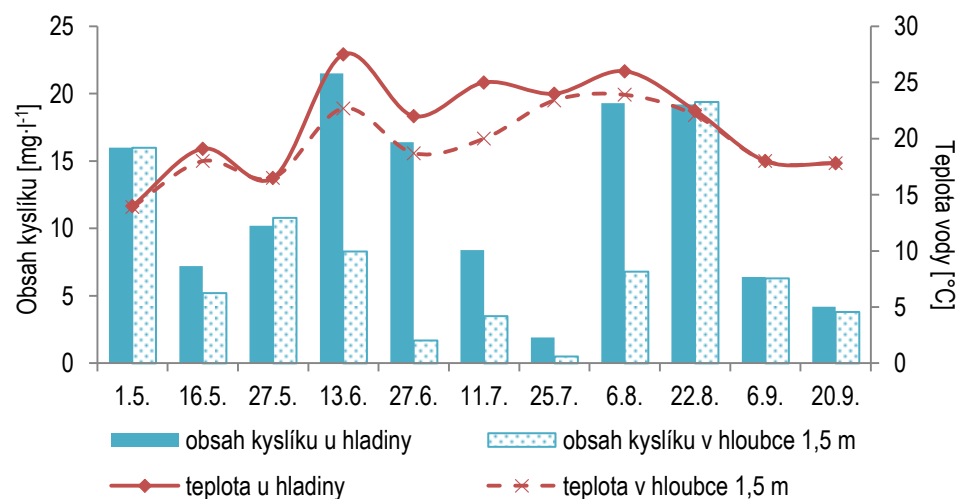
**Příloha č. 6:** Rybník Vlkava – Souhrnná tabulka o naměřených fyzikálně – chemických parametrech kvality vody v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum měření | Teplota vzduchu (°C) | Teplota vody u hladiny (°C) | Teplota vody v hloubce 1,5 m (°C) | Obsah kyslíku u hladiny |              | Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m |              | Průhlednost vody (cm) | pH  | Alkalita - KNK <sub>4,5</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | ZNK <sub>3</sub> (mmol·l <sup>-1</sup> ) | Oxidačně redukční potenciál (mV) |                 |                 |
|--------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-----------------------|-----|---|--|----------------------------------|-----------------|-----------------|
|              |                      |                             |                                   | v mg·l <sup>-1</sup>    | v % nasycení | v mg·l <sup>-1</sup>          | v % nasycení |                       |     |   |  | u hladiny                        | v hloubce 0,5 m | v hloubce 1,5 m |
| 1.5.         | 18                   | 15,4                        | 15,4                              | 6,7                     | 67           | 6                             | 60           | 110                   | 8,2 | 2,5   | 0,2                                      |                                  |                 |                 |
| 16.5.        | 22                   | 21,4                        | 18,4                              | 15,7                    | 178          | 5,7                           | 61           | 40                    | 8,9 | 2,7   | -0,2                                     |                                  |                 |                 |
| 27.5.        | 12,5                 | 18,1                        | 17,5                              | 14,3                    | 151          | 8,7                           | 91           | 30                    | 8,8 | 2,6   | -0,2                                     | neměřeno                         |                 |                 |
| 13.6.        | 30                   | 28,3                        | 22,2                              | 23,9                    | 308          | 1                             | 11           | 25                    | 8,9 | 2,2   | -0,3                                     |                                  |                 |                 |
| 27.6.        | 21                   | 22,1                        | 19,6                              | 10,5                    | 120          | 2,85                          | 31           | 30                    | 8,3 | 2,3   | -0,1                                     |                                  |                 |                 |
| 11.7.        | 24                   | 24,2                        | 21                                | 11,5                    | 137          | 7,1                           | 80           | 20                    | 8,7 | 2,7   | -0,1                                     | 68                               | 84              | 110             |
| 25.7.        | 28                   | 25,3                        | 24                                | 11                      | 134          | 3,6                           | 42           | 25                    | 8,1 | 2,4   | 0,2                                      | 14                               | 26              | 47              |
| 6.8.         | 34                   | 28,4                        | 23,4                              | 11,4                    | 147          | 0                             | 0            | 20                    | 8,3 | 2   | 0,1                                      | 25                               | -140            | -241            |
| 22.8.        | 25                   | 23,8                        | 21                                | 15,1                    | 177          | 1,5                           | 17           | 10                    | 8,5 | 2,1   | -0,2                                     | -1                               | -30             | -130            |
| 6.9.         | 11                   | 18,4                        | 18,6                              | 7,9                     | 84           | 9,1                           | 97           | 10                    | 8,1 | 2,2   | 0,25                                     | 38                               | 45              | -35             |
| 20.9.        | 16                   | 18,5                        | 18,5                              | 12,5                    | 133          | 5,1                           | 54           | 10                    | 8,2 | 1,6   | 0,15                                     | 11                               | 15              | -90             |

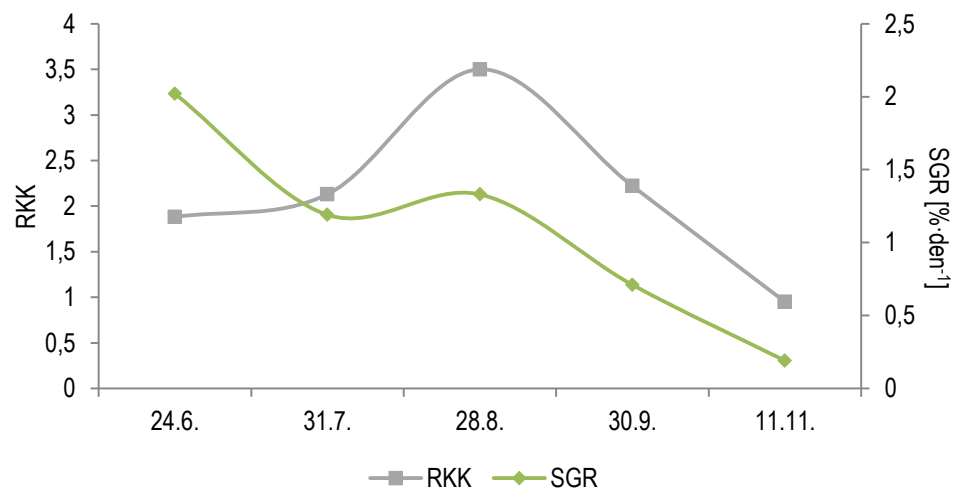
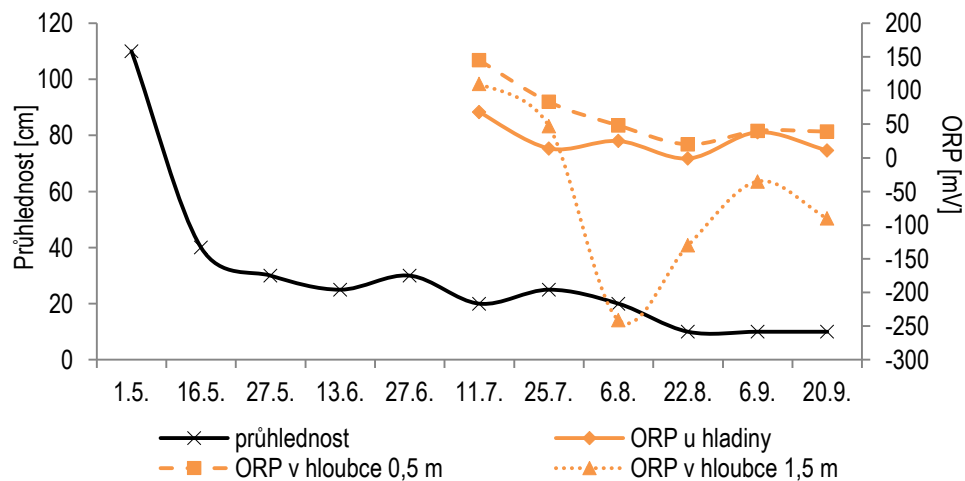
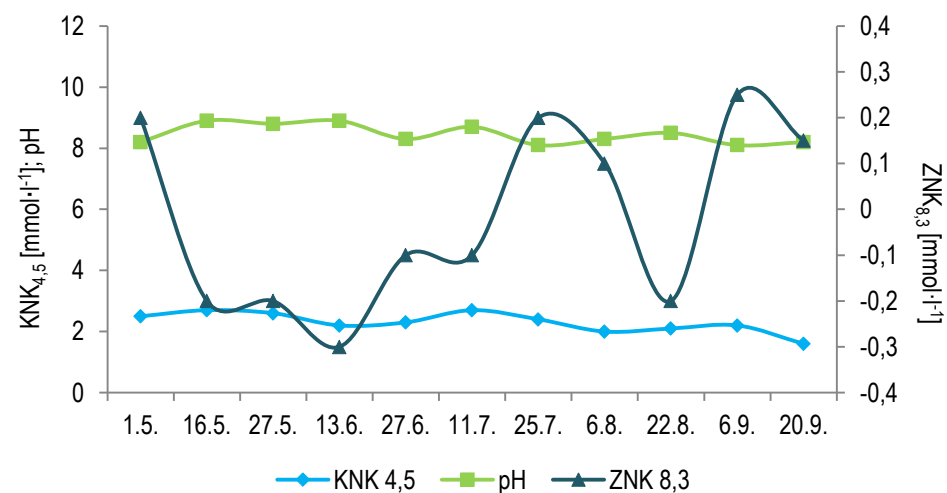
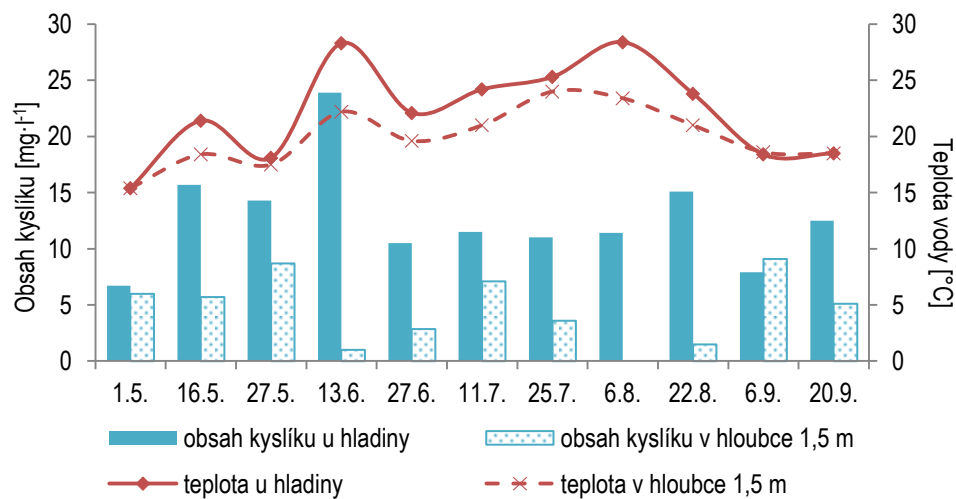
**Příloha č. 7:** Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Ohrada v průběhu vegetační sezóny roku 2015.



**Příloha č. 8:** Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Záhumenní velký v průběhu vegetační sezóny roku 2015.



**Příloha č. 9:** Změny hodnot vybraných fyzikálně – chemických parametrů kvality vody a ukazatelů RKK a SGR na rybníce Vlkava v průběhu vegetační sezóny roku 2015.



**Příloha č. 10:** Rybník Ohrada – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum měření | Amoniak a amonné ionty (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | BSK <sub>5</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový N (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | CHSK <sub>Cr</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Amoniakální N (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový P (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusičnany (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusitany (mg·l <sup>-1</sup> ) |         |
|--------------|--|--------|--|--------|---------------------------------|--------|--|--------|---|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------------------------------|---------|
|              | Odtok z ČOV                                  | Rybník | Odtok z ČOV                            | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                              | Rybník | Odtok z ČOV   | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                    | Rybník  |
| 19.5.        | <0,050                                       | 0,24   | 24,7                                   | 6,4    | 17,4                            | 2,8    | 219                                      | 47     | <0,040  | 0,19   | 3,62                            | 0,89   | 12,6                            | <0,27  | 0,0389                         | <0,0050 |
| 16.6.        | 4,4  | 0,95   | 13,7                                   | 14,7   | 16,4                            | 5      | 325                                      | 60     | 3,44  | 0,74   | 4,32                            | 2,31   | 33,8                            | <0,27  | 1,26                           | 0,0076  |
| 21.7.        | 0,082  | 0,58   | 3,7                                    | 6,6    | 15,6                            | 4,8    | 115                                      | 52     | 0,06  | 0,45   | 2,44                            | 1,79   | 52,1                            | 0,6    | 0,36                           | 0,10    |
| 25.8.        | 0,108  | 0,18   | 3,7                                    | 8,7    | 11,3                            | 7,2    | 102                                      | 52     | 0,08  | 0,14   | 1,85                            | 1,63   | 37,5                            | 15,6   | 0,20                           | 0,80    |
| 21.9.        | <0,050                                       | 0,90   | <1                                     | 5,2    | 3,2                             | 3,9    | 15                                       | 42     | <0,040  | 0,70   | 0,259                           | 1,42   | 14,1                            | 4,42   | 0,05                           | 0,48    |

Hodnoty N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> při odběrech 16. 6. 2015; 21. 7. 2015 a 25. 8. 2015 byly vypočteny z parametru „amoniak a amonné ionty“ podle Fainy (2015).

**Příloha č. 11:** Rybník Záhumenní velký – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři během let 2014, 2015 a 2016.

| Datum měření | Amoniak a amonné ionty (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | BSK <sub>5</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový N (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | CHSK <sub>Cr</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Amoniakální N (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový P (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusičnany (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusitany (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Chloridy (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | NL <sub>105</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        |
|--------------|--|--------|--|--------|---------------------------------|--------|--|--------|---|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|---|--------|
|              | Odtok z ČOV                                  | Rybník | Odtok z ČOV                            | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                              | Rybník | Odtok z ČOV   | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                    | Rybník | Odtok z ČOV                    | Rybník | Odtok z ČOV                             | Rybník |
| 14. 8. 2014  |  | 2,4    | 10,3                                   | 7      | 105                             | 8,3    | 80                                       | 55     | 99,3  | 1,91   | 3,25                            | 0,95   | 1,8                             | <0,27  | 2,51                           | 0,0055 | 91,7                           | 16,7   |   |        |
| 19. 5. 2015  | 82,2   | 1,96   | 35,2                                   | 2,5    | 62,6                            | 3,7    | 144                                      | 30     | 63,9  | 1,52   | 4,21                            | 0,13   | <0,27                           | 1,44   | 0,18                           | 0,18   |                                |        |   |        |
| 16. 6. 2015  | 77,1   | 0,62   | 11,9                                   | 6,2    | 59,8                            | 3,1    | 92                                       | 45     | 60,1  | 0,48   | 6,02                            | 0,20   | 2,38                            | <0,27  | 1,54                           | 0,04   |                                |        |   |        |
| 21. 7. 2015  | 79,7   | 3,02   | 15,3                                   | 7,7    | 82,3                            | 7,3    | 128                                      | 121    | 62,2  | 2,35   | 9,74                            | 0,74   | 2,23                            | <0,27  | 1,54                           | 0,03   |                                |        |   |        |
| 14. 8. 2015  | 81,9   | 2,67   | 14,6                                   | 5,6    | 72,7                            | 5,1    | 78                                       | 92     | 63,9  | 2,08   | 2,63                            | 0,65   | 21,4                            | <0,27  | 5,9                            | 0,06   | 143,8                          | 40,1   |   |        |
| 21. 9. 2015  | 5,49   | 1,01   | 14,8                                   | 3,3    | 26,5                            | 3,1    | 110                                      | 52     | 4,26  | 0,78   | 3,96                            | 0,37   | 69,3                            | 0,62   | 3,26                           | 0,11   |                                |        |   |        |
| 30. 10. 2015 | 21,6   | 1,28   | 11,6                                   | 2,5    | 43,5                            | 2,8    | 116                                      | 33     | 16,8  | 0,99   | 7,3                             | 0,37   | 94,4                            | 1,56   | 12,1                           | 0,09   |                                |        |   |        |
| 11. 1. 2016  | 62,8   |        | 68                                     |        |                                 |        | 183                                      |        | 48,8  |        |                                 |        |                                 |        |                                |        |                                |        |   | 107    |
| 9. 6. 2016   | 88,2   |        | 206                                    |        |                                 |        | 690                                      |        | 68,5  |        |                                 |        |                                 |        |                                |        |                                |        |   | 484    |
| 27. 9. 2016  | 26,7   |        | 8,8                                    |        |                                 |        | 29                                       |        | 20,8  |        |                                 |        |                                 |        |                                |        |                                |        |   | 11     |
| 24. 10. 2016 |  |        | 12                                     |        |                                 |        | 73                                       |        | 15  |        |                                 |        |                                 |        |                                |        |                                |        |   | 23     |

Hodnoty zobrazené červeně vyznačují překročení maximálních hodnot povoleného znečištění vypouštěného do povrchových vod v rámci ČOV Jabkenice.

Hodnoty N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> při odběrech 16. 6. 2015; 21. 7. 2015; 14. 8. 2015; 25. 8. 2015 a 30. 10. 2015 byly vypočteny z parametru „amoniak a amonné ionty“ podle Fainy (2015).

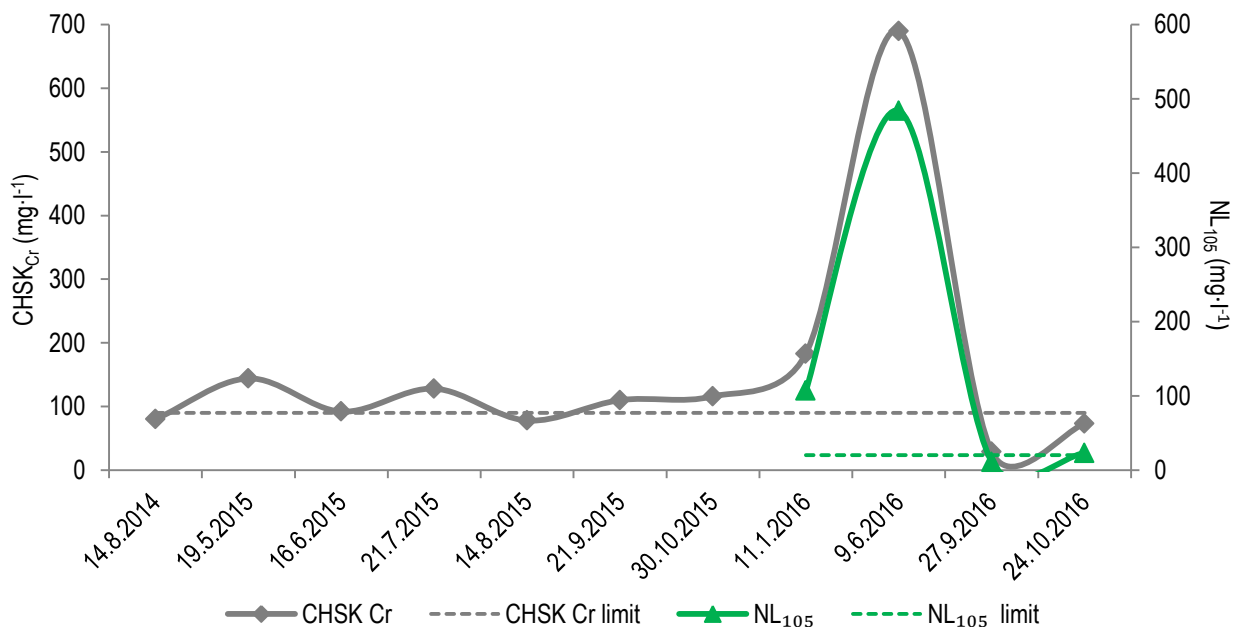
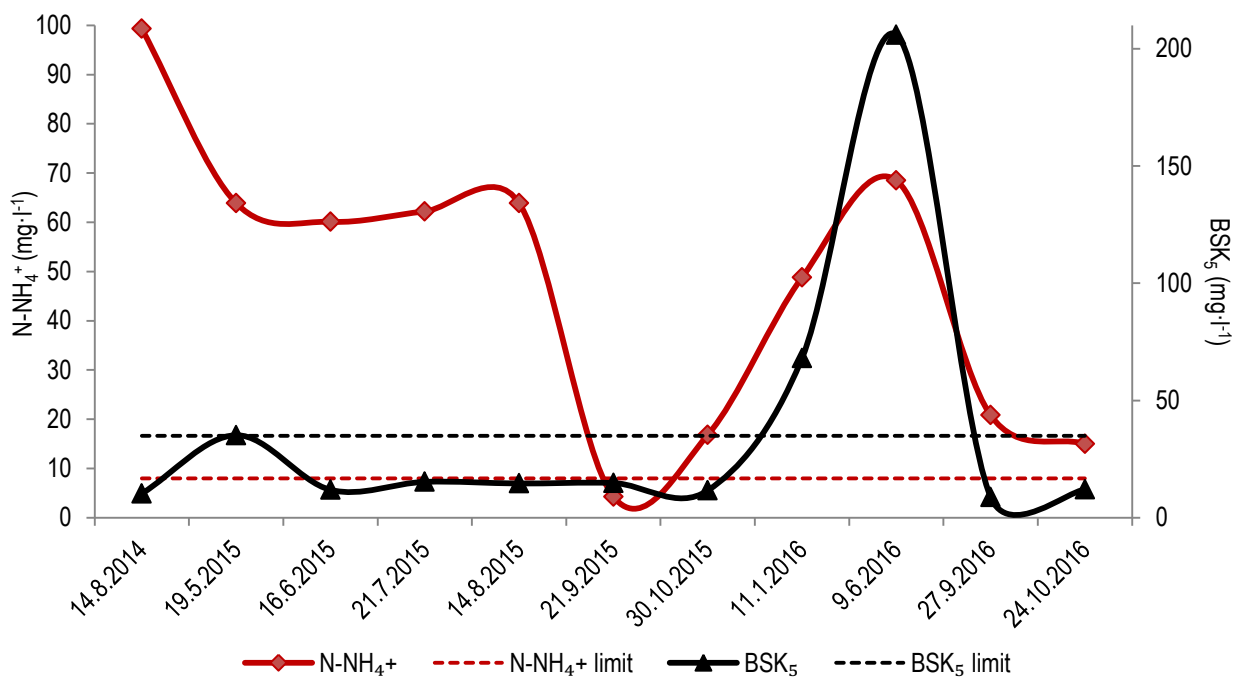


**Příloha č. 12:** Rybník Vlkava – Souhrnná tabulka o výsledcích zkoušek anorganických parametrů kvality vody v akreditované laboratoři v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

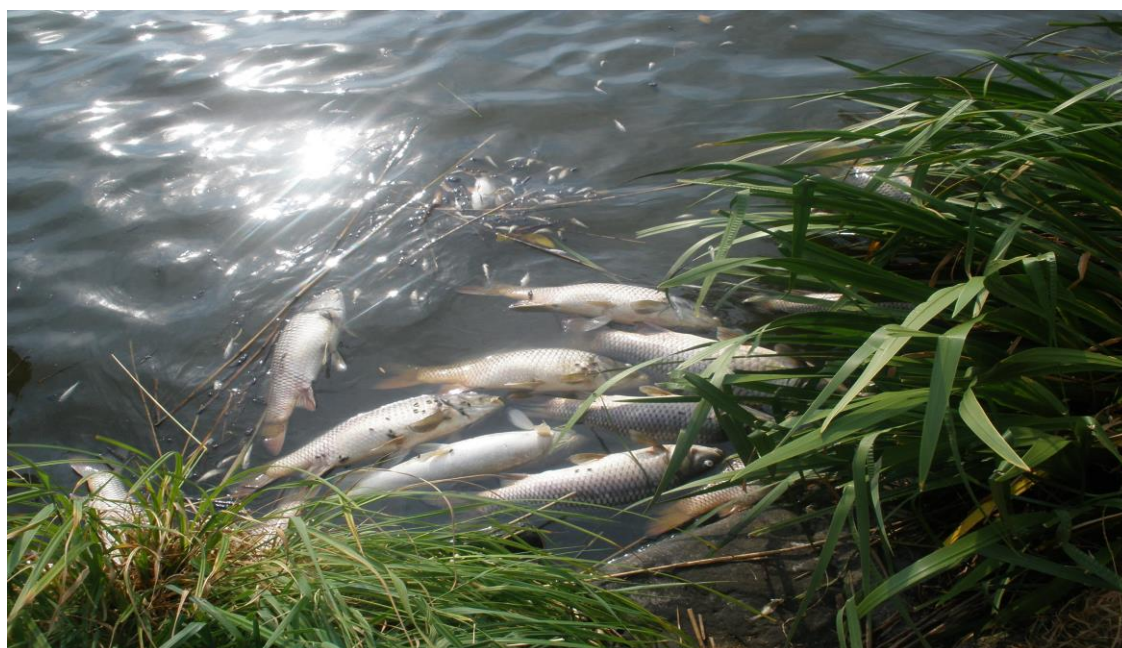
| Datum měření | Amoniak a amonné ionty (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | BSK <sub>5</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový N (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | CHSK <sub>Cr</sub> (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Amoniakální N (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Celkový P (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusičnany (mg·l <sup>-1</sup> ) |        | Dusitany (mg·l <sup>-1</sup> ) |         |
|--------------|--|--------|--|--------|---------------------------------|--------|--|--------|---|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------------------------------|---------|
|              | Odtok z ČOV                                  | Rybník | Odtok z ČOV                            | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                              | Rybník | Odtok z ČOV   | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                     | Rybník | Odtok z ČOV                    | Rybník  |
| 19.5.        | <0,050                                       | 0,12   | 1,3                                    | 6      | 1,9                             | 2,1    | 12                                       | 50     | <0,040  | 0,1    | 0,13                            | 0,16   | 4,36                            | <0,32  | 0,011                          | 0,0067  |
| 16.6.        | <0,050                                       | <0,050 | 3,2                                    | 9,6    | 14,7                            | 3,8    | 49                                       | 101    | 0   | 0      | 7,42                            | 0,26   | 51,6                            | <0,27  | 0,043                          | <0,0050 |
| 21.7.        | <0,050                                       | <0,050 | 3,6                                    | 6,5    | 3,1                             | 4      | 45                                       | 94     | 0   | 0      | 0,90                            | 0,24   | 1,98                            | <0,27  | 0,007                          | <0,0050 |
| 25.8.        | <0,050                                       | 0,08   | <1                                     | 15,9   | <1                              | 5,9    | 23                                       | 119    | 0   | 0,1    | 0,38                            | 0,36   | 0,58                            | <0,27  | 0,006                          | <0,0050 |
| 21.9.        | <0,050                                       | <0,050 | <1                                     | 12,4   | 1,8                             | 7,4    | 23                                       | 197    | <0,040  | <0,040 | 0,16                            | 0,42   | 0,54                            | <0,27  | <0,0050                        | <0,0050 |

Hodnoty N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> při odběrech 16. 6. 2015; 21. 7. 2015 a 25. 8. 2015 byly vypočteny z parametru „amoniak a amonné ionty“ podle Fainy (2015).

**Příloha č. 13:** Grafické znázornění překračování maximálních hodnot povoleného znečištění vypouštěného z ČOV v Jabkenicích v průběhu let 2014, 2015 a 2016.



**Příloha č. 14:** Fotografie z hromadného úhynu ryb na rybníce Záhumní velký v roce 2015 (Foto: autor, 2015).



**Příloha č. 15:** Produkční ukazatele sledovaných rybníků v roce 2015.

| Rybník<br>[výměra ha]  | Druh ryby   | Nasazeno       |                       |  |  |   | Sloveno        |                       |  |  |   |            | Přirůstek             |   |  |  | Produkční ukazatele  |  |      |      |      |      |
|------------------------|-------------|----------------|-----------------------|--|--|---|----------------|-----------------------|--|--|---|------------|-----------------------|---|--|--|----------------------|--|------|------|------|------|
|                        |             | Počet ryb [ks] | Celková hmotnost [kg] | Kusová hmotnost [kg.ks <sup>-1</sup> ] | Počet ryb na 1 ha [ks.ha <sup>-1</sup> ] | Hmotnost ryb na 1 ha [kg.ha <sup>-1</sup> ] | Počet ryb [ks] | Celková hmotnost [kg] | Kusová hmotnost [kg.ks <sup>-1</sup> ] | Počet ryb na 1 ha [ks.ha <sup>-1</sup> ] | Hmotnost ryb na 1 ha [kg.ha <sup>-1</sup> ] | Ztráty [%] | Přirůstek celkem [kg] | Kusový přirůstek [kg.ks <sup>-1</sup> ] | Přirozený přirůstek [kg.ha <sup>-1</sup> ] | Celkový přirůstek [kg.ha <sup>-1</sup> ] | Spotřeba krmiva [kg] | Spotřeba krmiva na 1 ha [kg.ha <sup>-1</sup> ] | FCR  | FCE  | SGR  |      |
| Ohrada (0,85)          | Kapr        | 750            | 200                   | 0,27                                   | 882                                      | 235   | 480            | 1000                  | 2,08                                   | 565                                      | 1176  | 36         | 800                   | 1,81                                    | 382  | 941                                      | 1900                 | 2235   | 2,38 | 0,42 | 0,88 |      |
| Záhumenní velký (5,85) | Kapr        | 3500           | 2200                  | 0,63                                   | 598                                      | 376   | 250            | 570                   | 2,28                                   | 43                                       | 97  | 92,9       |                       | 1,65                                    |  |  | 7500                 | 1282   |      |      | 0,54 |      |
|                        | Amur        | 700            | 400                   | 0,57                                   | 120                                      | 68  |                |                       |  |  |   | 100        |                       |   |  |  |                      |  |      |      |      |      |
|                        | Tolstolobik | 800            | 600                   | 0,75                                   | 137                                      | 103   | 60             | 180                   | 3                                      | 10                                       | 31  | 92,5       |                       |   |  |  |                      |  |      |      |      | 2,25 |
|                        | Lin         | 400            | 100                   | 0,25                                   | 68                                       | 17  |                |                       |  |  |   | 100        |                       |   |  |  |                      |  |      |      |      |      |
|                        | Štika       | 80             | 30                    | 0,38                                   | 14                                       | 5   |                |                       |  |  |   | 100        |                       |   |  |  |                      |  |      |      |      |      |
| Vlkava (22,1)          | Kapr        | 15000          | 1200                  | 0,08                                   | 679                                      | 54  | 14100          | 25400                 | 1,8                                    | 638                                      | 1149  | 6          | 24200                 | 1,72                                    | 425  | 1095                                     | 59200                | 2679   | 2,45 | 0,4  | 1,3  |      |
|                        | Amur        | 500            | 200                   | 0,4                                    | 23                                       | 9   | 320            | 930                   | 2,9                                    | 15                                       | 42  | 36         | 730                   | 2,5                                     |  |  |                      |  |      |      | 0,83 |      |
|                        | Tolstolobik | 2000           | 2000                  | 1                                      | 91                                       | 91  | 1800           | 5400                  | 3                                      | 81                                       | 244   | 10         | 3400                  | 2                                       |  |  |                      |  |      |      |      | 0,46 |

**Příloha č. 16:** Rybník Ohrada – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum odběru            | 1.5.           |                | 16.5.          |                | 27.5.          |                | 13.6.          |                | 27.6.          |                | 11.7.          |                | 25.7.          |                | 6.8.           |                | 22.8.          |                | 6.9.           |                | 20.9.          |                |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Velikost                | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm |
| <b>Cladocera</b>        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Bosmina longirostris    | 3              | 1              | 20             | 4              | 14             | 2              | 5              | 3              |                |                | 11             | 1              | 4              |                | 3              |                | 16             |                | 4              |                | 36             |                |
| Ceriodaphnia sp.        |                | 4              | 4              | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                | 3              | 1              |                |                | 16             | 8              | 14             | 16             | 28             | 44             |
| Daphnia galeata         |                | 4              | 14             | 6              | 16             | 20             | 5              | 12             | 18             | 32             | 14             | 18             | 8              | 4              | 2              | 1              | 5              | 7              | 46             | 22             | 12             | 32             |
| Daphnia longispina      |                |                |                |                |                |                |                |                | 1              | 3              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Daphnia magna           |                | 3              |                | 1              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Daphnia pulicaria       |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Chydorus sphaericus     | 8              |                | 20             |                | 4              |                | 4              |                | 8              |                | 24             |                | 16             |                | 22             |                | 40             |                | 4              |                |                |                |
| <b>Rotifera</b>         |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Asplanchna sp.          |                |                | 2              | 2              |                |                |                |                |                |                | 4              |                | 14             | 2              | 12             |                |                |                |                |                | 16             | 4              |
| Brachionus angularis    |                |                | 52             |                |                |                | 4              |                | 12             |                |                |                | 12             |                | 8              |                |                |                |                |                |                |                |
| Brachionus calyciflorus |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 2              |                | 8              |                | 8              |                |
| Brachionus rubens       | 1488           |                | 248            |                | 64             |                |                |                | 4              | 4              |                |                | 60             |                | 36             |                | 8              |                | 36             |                | 124            |                |
| Keratella quadrata      |                |                |                |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 1              |                |                |                |                |                | 4              |                |
| <b>Copepoda</b>         |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Cyclops sp. - Dospělec  |                | 128            | 78             | 394            | 4              | 4              | 20             | 52             | 40             | 102            | 168            | 68             | 40             | 12             | 14             | 5              |                |                | 8              | 28             | 6              | 26             |
| Cyclops sp. - Kopepod   | 28             | 14             | 226            | 176            | 30             | 14             | 88             | 24             | 178            | 26             | 394            | 98             | 88             | 20             | 56             | 9              | 22             | 6              | 198            | 46             | 390            | 114            |

**Příloha č. 17:** Rybník Záhumenní velký – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum odběru             | 1.5.           |                | 16.5.          |                | 27.5.          |                | 13.6.          |                | 27.6.          |                | 11.7.          |                | 25.7.          |                | 6.8.           |                | 14.8.          |                | 22.8.          |                | 6.9.           |                | 20.9.          |                |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Velikost                 | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm | <<br>500<br>µm | ><br>500<br>µm |
| <b>Cladocera</b>         |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Bosmina longirostris     |                |                |                |                | 4              |                | 7              | 1              | 8              |                | 1512           | 112            | 464            | 9              | 120            |                | 32             |                | 4              |                | 1300           | 196            | 520            | 72             |
| Ceriodaphnia sp.         |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 3              | 1              |                |                | 3              | 5              |                |                |                |                |                | 4              |
| Daphnia galeata          |                |                | 28             | 36             | 22             | 42             |                |                |                |                | 18             | 6              |                | 4              |                |                | 4              |                | 4              |                | 4              |                |                | 12             |
| Daphnia juvenil          |                |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Chydorus sphaericus      |                |                | 4              |                | 4              |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 16             |                |                |                |                |                |                |                |
| <b>Rotifera</b>          |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Asplanchna sp.           | 2852           | 688            | 4              | 1              |                |                | 10             | 2              | 8              | 1              | 3              | 1              |                |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                | 44             | 12             |
| Brachionus angularis     | 16             |                |                |                |                |                | 16             |                | 8              |                |                |                |                |                | 4              |                |                | 4              |                | 4              |                |                |                |                |
| Brachionus calyciflorus  | 2              |                |                |                |                |                | 2              |                | 26             |                | 6              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Brachionus diversicornis |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 2              |                |                |                |
| Brachionus rubens        | 24             |                | 4              |                | 12             |                |                |                | 16             |                | 8              |                |                |                | 12             |                | 4              |                | 4              |                | 136            |                | 32             |                |
| Conochilus sp.           |                |                |                |                |                |                | 12             |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Filinia sp.              | 4              |                | 6              |                | 128            |                |                |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 16             |
| Keratella cochlearis     |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 32             |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Keratella quadrata       | 40             |                |                |                | 4              |                | 4              |                | 112            |                | 8              |                | 8              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 4              |
| Polyarthra sp.           | 4              |                |                |                |                |                |                |                | 4              |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Trichocerca sp.          |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 4              |

**Příloha č. 18:** Rybník Vlka – Přehled zjištěných druhů zooplanktonu a jejich abundance v průběhu vegetační sezóny roku 2015.

| Datum odběru                    | 1.5.        |             | 16.5.       |             | 27.5.       |             | 13.6.       |             | 27.6.       |             | 11.7.       |             | 25.7.       |             | 6.8.        |             | 22.8.       |             | 6.9.        |             | 20.9.       |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Velikost                        | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm | < 500<br>µm | > 500<br>µm |
| <b>Cladocera</b>                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Bosmina longirostris</i>     | 103         | 65          | 1506        | 346         | 359         | 89          | 304         | 80          | 628         | 56          | 109         | 11          | 64          |             | 308         | 5           | 76          | 3           | 356         |             | 500         |             |
| <i>Ceriodaphnia</i> sp.         |             | 2           |             |             | 8           | 12          | 13          | 39          |             | 12          | 4           | 2           |             | 4           | 10          | 2           | 3           | 1           | 4           |             | 24          | 8           |
| <i>Daphnia galeata</i>          | 2           | 250         | 30          | 42          | 34          | 30          | 15          | 17          | 9           | 3           | 5           | 9           | 5           | 19          | 32          | 20          | 4           |             | 8           |             | 4           | 10          |
| <i>Daphnia longispina</i>       |             | 8           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Daphnia magna</i>            | 3           | 9           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Daphnia pulicaria</i>        |             |             |             |             |             | 4           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Diaphanosoma brachyurum</i>  |             | 4           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Chydorus sphaericus</i>      | 3           | 1           | 8           |             | 2           |             | 4           |             | 54          |             | 4           |             | 32          |             | 200         |             | 52          |             | 72          |             | 80          |             |
| <b>Rotifera</b>                 |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Asplanchna</i> sp.           | 11          | 5           | 10          | 8           | 3           | 1           |             |             | 25          | 3           |             |             |             |             | 28          |             |             |             | 12          |             |             |             |
| <i>Brachionus angularis</i>     |             |             | 4           |             | 4           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Brachionus diversicornis</i> |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 4           |             | 56          |             | 16          |             | 64          |             |
| <i>Brachionus rubens</i>        | 8           |             | 188         |             | 8           |             | 4           |             | 48          |             | 4           |             | 16          |             | 12          |             | 44          |             | 12          |             | 128         |             |
| <i>Filinia</i> sp.              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 4           |             |
| <i>Keratella cochlearis</i>     |             |             |             |             |             |             |             |             | 4           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Keratella quadrata</i>       | 2           |             | 8           |             |             |             |             |             | 4           |             | 4           |             | 4           |             | 8           |             | 4           |             |             |             | 20          |             |
| <b>Copepoda</b>                 |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <i>Cyclops</i> sp. - Dospělec   |             | 4           |             | 6           |             |             | 2           | 26          |             |             |             |             |             | 12          | 1           | 27          |             |             |             | 2           | 3           | 17          |
| <i>Cyclops</i> sp. - Kopepod    | 4           | 28          |             | 4           | 138         | 30          | 115         | 25          | 44          | 32          | 20          | 4           | 47          | 9           | 77          | 7           | 92          |             | 150         | 14          | 199         | 33          |

## 11. Abstrakt

### Chov ryb v rybnících zatížených komunálními vodami

Na rybníku Záhumní velký – 5,85 ha, došlo v srpnu roku 2014 k totálnímu úhynu rybí obsádky. Při vyšetřování tohoto úhynu bylo zjištěno, že nad ním položená ČOV Jabkenice vypouští do rybníku vodu nevhodné kvality ( $\text{N-NH}_4^+$  –  $99,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Díky této zkušenosti bylo v roce 2015 na třech rybnících (Ohrada – 0,85 ha, Záhumní velký – 5,85 ha a Vlkava – 22,1 ha), nacházejících se v úrodné nížinné oblasti v okolí Mladé Boleslavi prováděno sledování fyzikálně – chemických parametrů kvality vody, odebírány vzorky zooplanktonu a měřena dynamika růstu obsádek pomocí kontrolních odlovů. Do těchto vybraných rybníků jsou zaústěny předčištěné odpadní vody z čistíren odpadních vod. Odebrané vzorky vody na odtoku z příslušné ČOV a v rybníce, byly analyzovány v akreditované laboratoři. Byly zjišťovány následující parametry:  $\text{BSK}_5$ , TN,  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ , amoniakální dusík, TP, dusitany, dusičnany a popř. i další. Na sledovaných rybnících byla nasazena obvyklá rybí obsádka, jež byla přikrmována pšenicí. Sledováním dynamiky růstu obsádek bylo zjištěno, že vyššího krmného koeficientu (2,78 – 3,5) bylo dosahováno především v druhé fázi vegetační sezóny, kdy došlo ke snížení abundance zooplanktonu většího než  $500 \mu\text{m}$ . Absence větších druhů zooplanktonních organismů (*Daphnia magna*, *D. pulex*) zároveň způsobila snížení průhlednosti vody v důsledku snížení filtračního tlaku na fytoplankton. Analýzou vody bylo zjištěno, že je v současné době velmi obtížné plnit v rybnících požadavky na jakost vody podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. i s ohledem na skutečnost, že na odtocích z ČOV byly vyjma rybníku Vlkava zjišťovány vyšší koncentrace analyzovaných parametrů než v rybnících. Limity přípustného znečištění, vypouštěného do povrchových vod, stanovené vodoprávním úřadem byly získány pro ČOV Jabkenice a ČOV Vlkava. Zatímco v případě ČOV Vlkava nebylo v průběhu sledování zjištěno překročení těchto limitů, na odtoku z ČOV v Jabkenicích byl limit pro  $\text{BSK}_5$  ( $20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) překročen 3x z 11 provedených odběrů, limit pro  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  ( $90 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) 7x z 11 provedených odběrů, limit pro  $\text{N-NH}_4^+$  ( $8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) překročen 10x z 11 provedených odběrů a limit pro NL ( $20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) 3x ze 4 provedených odběrů. Především parametr  $\text{N-NH}_4^+$  byl překračován velmi výrazně. Ze zmíněných devíti překročení stanoveného limitu byly v šesti případech zjištěny hodnoty vyšší než  $60 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$ . To s největší pravděpodobností způsobilo totální úhyn rybí obsádky jak v srpnu 2014, tak i ve stejném měsíci roku 2015. Ačkoli zjištěné koncentrace  $\text{N-NH}_3$  nebyly bezprostředně letální ( $0,0599 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1} \text{ N-NH}_3$ ) pravděpodobně způsobily tzv. toxickou nekrózu žaber. Při



následném poklesu obsahu kyslíku ve vodním prostředí v měsíci srpnu, pak tyto ryby nebyly schopny narušeným žaberním aparátem kyslík přijmout. Při nastaveném způsobu rybářského obhospodařování bylo na rybnících Ohrada a Vlkava dosaženo tzv. nulového salda fosforu. Veškerý fosfor dodaný v rámci rybářského hospodaření byl vytěžen z vodního prostředí ve formě přírůstku ryb.

**Klíčová slova:** toxická nekróza žaber, hypertrofní rybníky, zooplankton, čistírny odpadních vod, kvalita vody, úhyn ryb

## 12. Abstract

### Fish farming in ponds exposed to municipal water management

In August 2014 a total die-off of fish stock occurred in Záhumní velký, a pond with a surface area of 5.85 ha. The investigation of the fish kill revealed that the Jabkenice WWTP located above the pond area had discharged water of inappropriate quality (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -99.3 mg/l<sup>-1</sup>) into the pond. This event resulted in the monitoring of physical and chemical parameters of water quality, zooplankton sampling and measuring of growth dynamics of fish stock by using control reduction fishing. The survey conducted in 2015 studied three different ponds (Ohrada – 0.85 ha, Záhumní velký – 5.85 ha and Vlkava – 22.1 ha), located in the fertile lowland areas around Mladá Boleslav where pre-cleaned sewage water from the sewage treatment plants flows. The water samples taken both at the outflow of the waste water treatment plant and in the pond were analysed in an accredited laboratory. The following parameters were examined: BOD<sub>5</sub>, TN, COD<sub>Cr</sub>, ammoniacal nitrogen, TP, nitrites, nitrates and others. The fish stock fed with wheat was being monitored in the ponds. Monitoring of the fish stock growth dynamics revealed that the higher feeding coefficient (2.78 – 3.5) was reached mainly in the second stage of the vegetation season, when there was a reduction in the abundance of zooplankton larger than 500 µm. The absence of bigger species of zooplankton organisms (*Daphnia magna*, *D. pulex*) caused at the same time reduction in transparency of water as a result of decrease in the filtration pressure on phytoplankton. Water analysis reveals that it is currently very difficult to meet the water quality requirements in the ponds in accordance with Government Decree No. 401/2015 Coll., and having regard to the fact that the concentration of analysed parameters detected at the effluent discharge from the WWTP was higher than in the ponds, except for the Vlkava pond. The limits of allowable pollution discharged to surface waters, as determined by the water management authority, were obtained for the Jabkenice WWTP and Vlkava WWTP. While in the case of the Vlkava WWTP the limits were not exceeded during this monitoring, the limit for BOD<sub>5</sub> (20 mg/l<sup>-1</sup>) was exceeded 3 times out of 11 samplings, the limit for COD<sub>Cr</sub> (90 mg/l<sup>-1</sup>) was exceeded 7 times out of 11 samplings, the limit for the N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (8 mg/l<sup>-1</sup>) was exceeded 10 times out of 11 samplings and the limit for the NL (20 mg/l<sup>-1</sup>) was exceeded 3 times out of 4 samplings at the effluent discharge in the Jabkenice WWTP. Above all, the N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> parameter was significantly exceeded. The values higher than 60 mg/l<sup>-1</sup> of N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> were detected in six cases of the abovementioned nine exceeded limits. This result most likely

caused the death of the total fish stock in August 2014 and in August 2015. Although the detected N-NH<sub>3</sub> concentration was not immediately lethal (0.0599 mg·l<sup>-1</sup> N-NH<sub>3</sub>), it might have caused toxic necrosis of the gills. The subsequent drop in the oxygen content in the water environment in August caused that the fish stock was not able to accept oxygen due to affected branchial apparatus. The zero balance of phosphorus was achieved in the Ohrada and Vlkava ponds during the adjusted method of fishing management. All of the phosphorus supplied within the fishing management was acquired from the aquatic environment in the form of fish growth.

**Keywords:** toxic necrosis of the gills, hypertrophy ponds, zooplankton, wastewater treatment plants, water quality, fish kill

