

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: Ochrana a tvorba životního prostředí

Biomanipulace na vodní nádrži Žlutice

Autorka: Hana Kopčová

Vedoucí práce: RNDr. Mgr. Ivana Vejříková, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Ing. Lukáš Vejřík, Ph.D.

Škola: Gymnázium Sokolov a Krajské vzdělávací centrum, příspěvková organizace

Kraj: Karlovarský

Sokolov 2023

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: Ochrana a tvorba životního prostředí

Biomanipulace na vodní nádrži Žlutice Biomanipulation in Žlutice Water Reservoir

Autorka: Hana Kopčová

Vedoucí práce: RNDr. Mgr. Ivana Vejříková, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Ing. Lukáš Vejřík, Ph.D.

**Škola: Gymnázium Sokolov a Krajské vzdělávací centrum, příspěvková
organizace**

Kraj: Karlovarský

Sokolov 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů. Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné. Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Hana Kopčová

V Sokolově dne 1. února 2023

Hana Kopčová

Poděkování

Nejvíce bych chtěla poděkovat mým školitelům Ivaně a Lukáši Vejříkovým, členům skupiny Fishecu z Hydrobiologického ústavu Biologického centra AV ČR, za poskytnutí možnosti zúčastnit se výzkumu biomanipulace na vodní nádrži Žlutice, který byl součástí projektu „Biomaniipulace jako nástroj zlepšení kvality vody nádrží“ s registračním číslem CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007417 podpořeného z Evropských strukturálních a investičních fondů. Ivaně a Lukášovi děkuji za pomoc při práci v terénu, pomoc při tvorbě práce, dobré rady a konzultace.

Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří pomáhali při terénních pracích. Těmito lidmi jsou Jan Kopčo, Tomáš Hlaváček, Jakub Hlaváček. A z členů skupiny Fishecu z Hydrobiologického ústavu jimi jsou Tomáš Jůza, Luboš Kočvara, Martin Čech, Jiří Peterka, Zuzana Sajdlová a Tomáš Kolařík. Velmi děkuji vedoucímu skupiny Fishecu, Mgr. Tomáši Jůzovi Ph.D., za poskytnutí dat odlovů tenatními sítěmi na přehradě Žlutice mezi lety 2018–2022.

Také bych ráda poděkovala svým rodičům, kteří mě velmi podporovali při sepisování této práce.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mi byli velikou oporou.



Anotace

Tato práce pojednává o biologickém výzkumu s cílem zlepšit kvalitu vody nádrže Žlutice v Karlovarském kraji, která je zásobárnou pitné vody. V letech 2020–2022 zde byla prováděna biomanipulace, neboli ovlivnění potravního řetězce. Cílem bylo odlovit co největší množství kaprovitých, zooplanktivorních ryb (potravou je zooplankton), tím zamezit výskytu velkého množství vodních řas a sinic (neboli fytoplanktonu, který je potravou pro zooplankton), a tak docílit lepší kvality vody. Biomanipulace může být prováděna dvěma způsoby, zásahem z horní části potravního řetězce (Top-down control) nebo z dolní části řetězce (Bottom-up control). Na nádrži Žlutice byl proveden „Top-down control“, kdy se zasahovalo v potravním řetězci na úrovni ryb. Třemi metodami, elektrolov, vězence a vlečná síť (tral), byla snaha odlovit co největší množství kaprovitých ryb (kapr obecný, cejn velký, plotice obecná, perlín ostrobřichý), přičemž elektrolov byl metodou nejúčinnější. V průběhu jarního období bylo odloveno 2217 kg planktivorních ryb v roce 2020, 4270 kg v roce 2021 a 1478 kg v roce 2022. Výsledky odlovů prováděné naším týmem byly úspěšné, avšak ne tak velké, aby došlo k výraznému ovlivnění potravního řetězce na takto velké nádrži. I přes vysoké úsilí neklesla biomasa kaprovitých ryb dostatečně. Závěrem tedy navrhuje biomanipulaci provádět na úrovni dravých druhů ryb, kdy se do nádrže vysadí velké množství vrcholových predátorů (sumec velký, štika obecná), kteří vyvíjejí na kaprovité ryby permanentní tlak a jejich množství tak drží na dostatečně nízké úrovni. Tento systém však bude fungovat jen v případě omezení pytláctví na lokalitě, které způsobuje výrazný úbytek žádoucích dravců.

Klíčová slova: Elektrolov, eutrofizace, kvalita vody, planktivorní ryby, top-down control, živiny

Annotation

This thesis deals with biological research with the aim to improve the water quality of the Žlutice reservoir in Karlovy Vary region, which is a reservoir of drinking water. In the years 2020–2022, biomanipulation, influencing the food web, was carried out. The goal was to catch as many cyprinids, zooplanktivorous fish, as possible (zooplankton is their diet), thereby preventing the occurrence of a large number of algae and cyanobacteria (or phytoplankton, which is the diet for zooplankton), and thus improving the water quality. Biomanipulation can be carried out in two ways, by intervention in the upper part of the food web (Top-down control) or in the lower part of the food web (Bottom-up control). In Žlutice reservoir, "Top-down control" was carried out, when the food chain was intervened at the level of the fish. The three methods, electrofishing, fish traps and trawling, were used for catching as many cyprinids as possible (carp, bream, roach, rudd), with electrofishing being the most efficient method. It was caught 2,217 kg, 4,270 kg and 1,478 kg of planktivorous fish during the spring period in 2020, 2021 and 2022, respectively. The results of the catches carried out by our team were successful, but not large enough to significantly affect the food web in such a large reservoir. Despite enormous effort, the biomass of cyprinids did not decrease sufficiently. In conclusion, we suggest the biomanipulation at the level of predatory fish species, when a large number of apex predators (European catfish, Northern pike) are introduced into the reservoir that make permanent pressure on the cyprinids and thus keep their number at a sufficiently low level. However, this system will only work if poaching is restricted in the locality, which causes a significant decrease in the predatory fish.

Keywords: Electrofishing, eutrophication, nutrients, planktivorous fish, top-down control, water quality

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce	10
2.1	Cíle práce v rámci pracovní skupiny Fishecu	10
2.2	Cíle práce v rámci SOČ.....	10
3	Teoretická část	11
3.1	Vodní ekosystémy a kvalita vody	11
3.2	Bio-manipulace a její typy.....	12
3.2.1	Top-down control.....	12
3.2.2	Bottom-up control	14
3.3	Faktory ovlivňující průběh bio-manipulace: odlov zooplanktivorních ryb.....	15
4	Metodika	16
4.1	Popis studované lokality.....	16
4.2	Metody odchyty ryb.....	17
4.2.1	Elektrolov	17
4.2.2	Vězence	19
4.2.3	Vlečná síť (tral)	21
4.3	Následné zpracování ryb	23
4.3	Zpracování dat	26
5	Výsledky	27
5.1	Bio-manipulační odlovy v roce 2020.....	27
5.2	Bio-manipulační odlovy v roce 2021.....	28
5.3	Bio-manipulační odlovy v roce 2022.....	30
5.4	Účinnost odlovných metod v roce 2020, 2021 a 2022.	33
5.4.1	Srovnání odlovných metod v letech 2020–2022 (početnost ryb).....	33
5.4.2	Účinnost odlovných metod (biomasa ryb)	34
5.5	Kontrolní odlovy celkové rybí obsádky před a v průběhu bio-manipulace.....	35
5.5.1	Tohoroční ryby (plůdek)	35
5.5.2	Starší kaprovité ryby a celkové množství kaprovitých ryb	36
6	Diskuse.....	38
6.1	Bio-manipulační odlovy ryb	38
6.2	Srovnání a účinnost odlovných metod.....	39
6.3	Srovnání biomasy kaprovitých ryb před a po bio-manipulaci	39

6.4	Navrhovaný zásah.....	40
7	Závěr	42
8	Seznam použité literatury.....	43

1 ÚVOD

Hlavním tématem, kterým se v této práci zabývám, je proces zvaný Biomanipulace. Biomanipulace je proces zlepšení jakosti vody pomocí ovlivňování potravního řetězce.

Díky mým školitelům, Ivaně Vejříkové a Lukáši Vejříkovi, kteří jsou členy skupiny Fishecu z Biologického centra Akademie věd, jsem měla možnost účastnit se výzkumu, který se zabýval vlivem biomanipulace. Nabídli mi možnost být součástí týmu provádějícího biomanipulaci na vodní nádrži Žlutice, která je zásobárnou pitné vody pro některá města v Karlovarském kraji, např. pro Toužim nebo Bochoř. Je proto důležité udržet kvalitu vody na co možná nejlepší úrovni.

Biomanipulace na této nádrži byla prováděna v rámci projektu „Biomanipulace jako nástroj zlepšení kvality vody nádrží“ s registračním číslem CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007417 podpořeného z Evropských strukturálních a investičních fondů, v rámci operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Celková doba terénního výzkumu vlivu biomanipulace trvala tři roky. Pracovní skupina Fishecu, která se na Biologickém centru zabývá ekologií ryb a zooplanktonu (www.fishecu.cz), měla za úkol odlovit co největší množství zooplanktivorních ryb (tento způsob biomanipulace je popisován v teoretické části práce). Já jsem se tak stala po dobu odlovů součástí této skupiny. Odlovy se prováděly v jarním období, a to z důvodu příznivých podmínek pro tření ryb. S výzkumem jsme začali na jaře roku 2020 a pokračovali jsme i další dva roky poté. Již po prvním roce výzkumu jsem nasbírala mnoho zkušeností a informací o tématu biomanipulace, a proto se rozhodla pro jejich zpracování formou Středoškolské odborné činnosti.

Našimi terénními pracemi však výzkum neskončil. Další pracovní skupiny z Biologického centra Akademie věd měly za úkol sledovat v průběhu roku po celou dobu projektu různé parametry, například koncentrace živin v nádrži, množství fytoplanktonu a zooplanktonu. A pracovní skupina Fishecu uskutečnila každoroční letní monitoring celkové rybí obsádky za použití především odlovných tenatních sítí. Těchto terénních odlovů jsem se již nezúčastnila, ale součástí mé práce je vyhodnocení celkové rybí obsádky na základě těchto dat. Jak vypadala rybí obsádka před biomanipulací a v průběhu biomanipulace.

2 CÍLE PRÁCE

2.1 Cíle práce v rámci pracovní skupiny Fishecu

- V průběhu terénních prací s týmem odlovit co největší množství zooplanktivorních ryb
- Přepsat veškerá data z papírových protokolů do PC

2.2 Cíle práce v rámci SOČ

- Sepsat literární rešerši na téma Biomanipulace
- Pro potřebu SOČ graficky zpracovat data získaná při terénních pracích
- Stanovit účinnost odlovných metod použitých v terénu
- Vyhodnotit biomasu a druhovou skladbu odlovených ryb
- Porovnat složení celkové rybí obsádky před a v průběhu biomanipulace a tím vyhodnotit vliv provedeného zásahu (na základě dat z Biologického centra AV ČR)
- Závěrem zhodnotit míru úspěšnosti zásahu a navrhnout případné změny

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Vodní ekosystémy a kvalita vody

Voda je nedílnou součástí života. Je velmi důležitá, a proto její kvalitu musíme udržovat. Eutrofizace je proces přísunu živin do vodního ekosystému. Hlavními živinami jsou fosfor a dusík, které se dostávají do ekosystému, a pokud jsou ve velkém množství, způsobují nekvalitní stav vody (Kalff, 2002). Tento jev trápí velkou část vodních ploch v naší republice, včetně vodních nádrží využívaných jako zásobárny pitné vody. V současné době je eutrofizace na nádržích způsobena například ztrátou břehových mokřadů, vegetace, a hlavně rozvojem zemědělství v okolí (Carpenter a Cottingham, 2002). Dále eutrofizaci způsobuje masivní odlov dravých ryb, které stojí na vrcholu potravní pyramidy (Carpenter a kol., 1985). Mezi dravé ryby, které se u nás vykytují, patří zejména štika obecná (*Esox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*), candát obecný (*Sander lucioperca*) nebo bolen dravý (*Aspius aspius*). Tyto dravé ryby jsou piscivorní (rybožravé), a tak jejich odchyt následně umožní výrazný nárůst biomasy planktivorních ryb. Hlavní potravou planktivorní ryby je zooplankton, což je plankton tvořený drobnými živočichy (Lazzaro, 1987). Mezi planktivorní ryby patří kaprovité druhy ryb jako plotice obecná (*Rutilus rutilus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), cejn velký (*Abramis brama*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*) nebo karas stříbřitý (*Carassius gibelio*), (Hanel, 1992). Hlavní potravou zooplanktonu je fytoplankton (Kalff, 2002). Oproti zooplanktonu je fytoplankton tvořen řasami a sinicemi. Při nedostatku zooplanktonu dochází k masivnímu rozvoji fytoplanktonu, který má negativní vliv na kvalitu vody (Pechar a kol., 2009).

Eutrofizace bohužel trápí i přehradu Žlutice. Kvůli ní se zde vyskytuje velké množství řas a sinic (vodní květ), především v letním období. Je to hlavně z důvodu vlivu člověka v jejím blízkém okolí (zemědělství – hnojiva nebo kanalizační systémy). Kvůli těmto činnostem se do nádrže dostává velké množství živin (fosfor a dusík). Jelikož tato nádrž zásobuje některá města a obce pitnou vodou, musí se problém řešit. Možným způsobem, jak docílit kvalitní vody, je provedení biomanipulace.

3.2 Biomanipulace a její typy

Biomanipulace je proces zlepšení jakosti vody pomocí ovlivňování potravního řetězce. Správným a odborným zásahem do potravního řetězce můžeme zamezit rozvoji nežádoucích organismů (Horppila a kol., 1998; Matěna a kol., 1994).

3.2.1 Top-down control

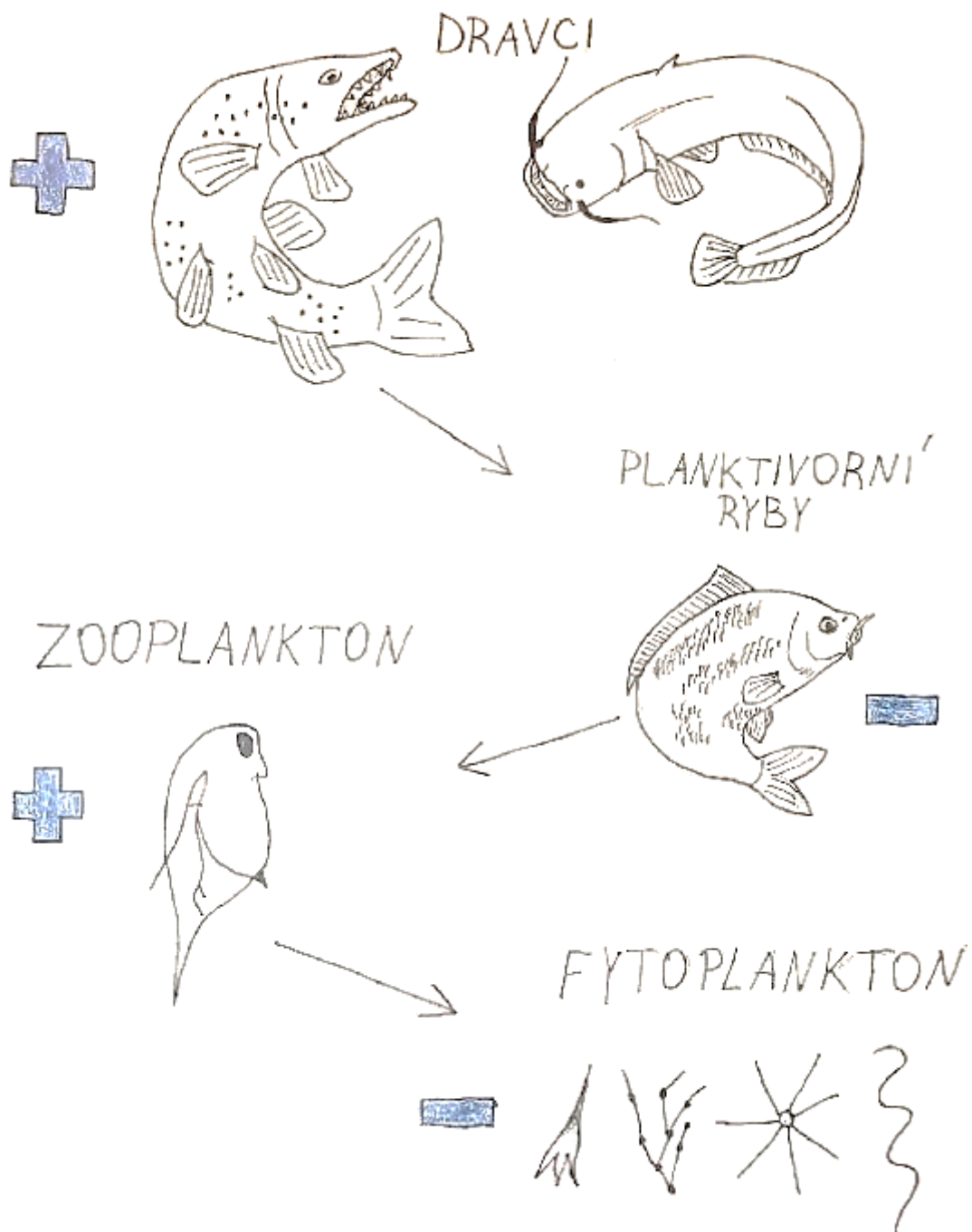
Biomanipulace se provádí dvěma různými způsoby. Prvním je tzv. „Top-down control“, neboli zásah shora. Při tomto zásahu se ovlivňuje potravní řetězec shora, tedy od ryb. Kaskádovitým efektem poté dojde k ovlivnění celého potravního řetězce od ryb přes zooplankton (drobní mikroskopičtí živočichové vznášející se ve volné vodě) k fytoplanktonu (vodní řasy a sinice), které negativně ovlivňují kvalitu vody (Kalff, 2002).

Biomanipulace „Top-down control“ se dá provádět dvěma metodami, které jsou anglicky pojmenované „Press disturbance“ a „Pulse disturbance“ (Vejríková a kol., 2018).

Při zásahu nazývaném „**Press disturbance**“ ovlivňujeme úroveň dravých druhů ryb, které stojí na vrcholu potravního řetězce (Carpenter a kol., 1985). Pokud vysadíme dravé ryby, klesne počet planktivorních ryb (tj. ryb živících se převážně zooplanktonem, jako například kapr obecný nebo cejn velký; Hanel, 1992). Tím se posléze zvýší množství zooplanktonu. Zooplankton následně redukuje počet fytoplanktonu (tedy vodních řas a sinic), který, pokud se vyskytuje ve vysokém množství, má negativní vliv na kvalitu vody (Hrbáček, 1994). Dravé druhy ryb (nejčastěji sumec velký, případně štika obecná nebo candát obecný) dlouhodobě, ale mírně vyvírají planktivorní ryby. Na planktivorní ryby je tím pádem vyvíjen neustálý tlak. Proto „Press disturbance“ bychom mohli volně přeložit jako Zásah tlakem (Vejrík a kol., 2019a; 2019b).

Pulse disturbance je naopak krátkodobý, zato intenzivní zásah. Nejčastěji se provádí odlovením velké biomasy zooplanktivorních ryb a zásah opět kaskádovitě ovlivní celý potravní řetězec (Kalff, 2002). Tento způsob lovu prováděla naše skupina. Lovili jsme pouze v krátké době (duben až červen), ale odlovili jsme velké množství ryb. Pulse disturbance se dá tedy přeložit jako Pulzový/pulzní zásah (Matěna a kol., 1994).

Oba tyto zásahy se mohou použít zároveň, a tím se mohou doplňovat. Pokud se do nádrže vysadí dostatečné množství dravých ryb, jejich biomanipulační vliv tak působí po celý rok (Press disturbance). Navíc se může přidat intenzivní odlov nežádoucích, zooplanktivorních ryb v jarním období (Pulse disturbance).



Obrázek 1. Schéma Top-down control. Modrými znaménky a šipkami je naznačený vliv na jednotlivé trofické úrovně po provedení zásahu.

3.2.2 Bottom-up control

Druhým možným způsobem biomanipulace je „Bottom-up control“, neboli zásah zdola. Při tomto zásahu se naopak ovlivňuje potravní řetězec zdola. Sníží se koncentrace živin ve vodě (fosfor a dusík) nebo také světla, čímž se následně sníží množství nežádoucího fytoplanktonu (Scheffer a kol., 2001, Jurajda a kol., 2016). Hlavními zdroji živin může být intenzivní chov ryb v rybnících, komunální odpadní vody, zemědělské plochy a lesy. Nejlepší řešení problému by bylo zlepšit kvalitu přitékající vody. Možnosti řešení může být zařízení lepšího čištění odpadních vod (např. kořenové čističky) nebo popřípadě změnit styl obhospodařování okolních rybníků. Bohužel však tato opatření jsou těžko realizovatelná a vymahatelná.

Základními chemickými metodami pro redukci živin je srážení fosforu a ošetření sedimentu. Metoda srážení fosforu se využívá například v mělkých jezerech a nádržích, nebo v těch, ve kterých se dlouho zdržuje voda. Používají se hlavně sloučeniny hliníku a železa (síran hlinitý a chlorid železitý). Také je důležité přidat uhličitan vápenatý, aby nedošlo k nadměrné kyselosti vody. Nejvhodnější doba pro použití této metody je od podzimu do jara. Metoda ošetření sedimentu využívá kombinované ošetření sloučeninami dusíku a železa. Používá se na jezerech a nádržích, kde bývá silná vrstva organické hmoty. Sloučeniny dusíku působí za nedostatku kyslíku jako oxidační činidlo, a proto podporují rozklad organické hmoty. Sediment se následně zas neutralizuje uhličitanem vápenatým. Provádí se nejčastěji na jaře (Kalff, 2002).

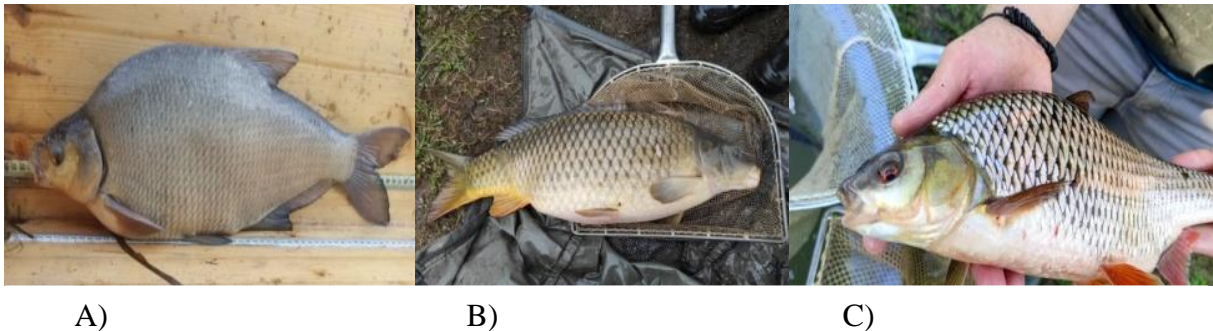
Bottom-up kontrol založená na chemických procesech je však velice složitá a finančně nákladná technika, která mívá pouze krátkodobý efekt (Jeppesen a kol., 2012). Navíc se při ní využívá velké množství chemických látek, kterým je dobré se při managementu (strategie hospodaření) nádrže pro pitnou vodu vyhnout. I proto se při biomanipulaci na nádrži Žlutice přistoupilo k metodě „Top-down control“, která je pro přírodu přirozenější.

3.3 Faktory ovlivňující průběh biomanipulace: odlov zooplanktivorních ryb

Hlavním faktorem ovlivňujícím průběh vybrané biomanipulace je vhodná doba pro tření ryb. Loví se na jaře, od dubna do června, nejčastěji pak v polovině května a v červnu, kdy se vytírá nejvíce zooplanktivorních ryb (plotice obecná, perlín ostrobřichý, cejn velký, karas stříbřitý, lín obecný a kapr obecný; Baruš a Oliva, 1995).

Dalším faktorem je příznivé počasí pro tření ryb. Doba tření je silně závislá na aktuálním počasí. Nejvhodnější doba pro tření je teplý den před začátkem bouřky. Za příznivé počasí můžeme považovat, pokud je teplota mezi 18 °C až 25 °C, slunečno a jemný až skoro žádný vítr. Počasí hraje velkou roli, protože jakmile není vhodné počasí (např. studený vítr, déšť, nízká teplota), je velmi malá pravděpodobnost, že se ryby v břehové linii budou třít. Tím pádem se velmi snižuje efektivita odlovu ryb.

Ze zooplanktivorních ryb, které se vyskytují na nádrži Žlutice, se nejprve vytírá plotice obecná (v dubnu až květnu, kdy má voda přibližně 11–17 °C), následně cejn velký (v květnu až červnu, kdy má voda přibližně 17–19 °C) a nakonec kapr obecný (nejčastěji v červnu, kdy má voda kolem 20 °C) (Vymetal, int. odk. 1). Rybám se v době tření začíná vytvářet na těle třecí vyrážka (nejvíce na hlavě), je to hlavně z důvodu dráždění samic při rozmnožování. Po konci tření se třecí vyrážka vytratí. Rostliny, kmeny a různé podobné předměty slouží pod hladinou jako místo k výtěru jiker. Následně samci na jikry vypustí mlíčí a tím je oplodní.



Obrázek 2. Snímky některých zooplanktivorních ryb: A) cejn velký (*Abramis brama*), B) kapr obecný (*Cyprinus carpio*), C) plotice obecná (*Rutilus rutilus*).

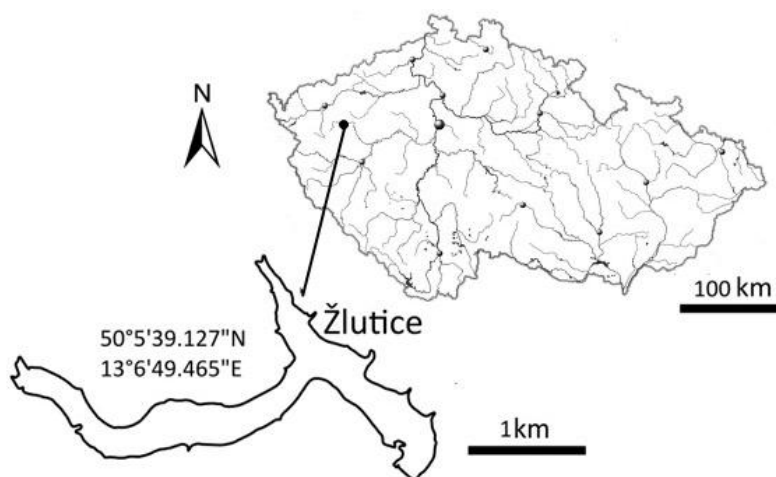
4 METODIKA

4.1 Popis studované lokality

Vodní nádrž Žlutice se nachází v Karlovarském kraji, cca 2 km severozápadně od města Žlutice a nachází se v nadmořské výšce 508 m n. m. Její rozloha je 167 hektarů. Nádrž tvoří zásobárnu pitné vody pro mnoho okolních měst v Karlovarském kraji. Proto je důležité udržet kvalitu vody na vysoké úrovni (Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví). Objem nádrže je $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ vody. Do nádrže ústí dva hlavní přítoky (řeka Střela a Ratibořský potok). Od hráze až do úplné mělčiny má nádrž délku asi 4,5 km. Její šířka je 0,5 km. Největší hloubka je zde cca 23 metrů a průměrná hloubka 7,7 metru. Průměrná průhlednost vody je 2,4 metru. Během let 2018–2021 se parametry nádrže lišily. V prvních třech letech byly srážky a přítok do nádrže podprůměrné, ale v roce 2021 přiteklo více vody, a tak srážky a přítok do nádrže byly nadprůměrné (Hejzlar a kol., 2022).

Voda v nádrži Žlutice je eutrofní, což znamená, že je bohatá na živiny, a to může v létě způsobit výskyt vodního květu. Bylo zde naměřeno v průměru $25,8 \mu\text{g L}^{-1}$ celkového fosforu (TP= total phosphorus; Hejzlar a kol., 2022). Celkový fosfor se běžně využívá jako ukazatel trofie (schopnosti dodávat vodnímu prostředí živiny) vodního ekosystému (Kalff, 2002).

Okolní prostředí je klidné, neboť je k přehradě zakázán přístup lidem. Celou nádrž obklopují smíšené lesy. Nejčastějšími druhy stromů jsou zde borovice lesní nebo dub letní. V době jara až léta se na hladině vody objevuje vodní rostlina jménem lakušník vodní. V místech mělčiny se rozkládá po celém obvodu a někdy nám zabraňuje přístup do úplné mělčiny, kde je vždy pravděpodobně nejvíce ryb. Důvodem je, že lakušník vodní tvoří prostředí pro vytírání ryb, kde se následně také ukrývá jejich plůdek.



Obrázek 3. Schéma vodní nádrže Žlutice a její poloha (I. Vejříková, L. Vejřík).

4.2 Metody odchyty ryb

4.2.1 Elektrolov

Elektrolov je metoda, kdy se do vody zasílá malé množství elektrického proudu. Tento způsob lovu je velmi efektivní. Je také velmi rychlý a dá se provádět skoro po celé ploše mělčiny. Po zapnutí elektrického agregátu se přes elektrody (katodu a anodu) do vody vpustí slabý elektrický proud, který ve vodě vytvoří elektrické pole. Nosiči náboje jsou ionty, které se rozpustí ve vodě. Jakmile se ryba ocitne v blízkosti elektrického pole, tak je nucena se přibližovat více k lodi (= galvanotaxe). Tím se ryba omráčí a je snadné ji vylovit. Pokud se nechytí, tak se hned po několika vteřinách probere a bez následků odplave (Kubečka a kol., 2022).

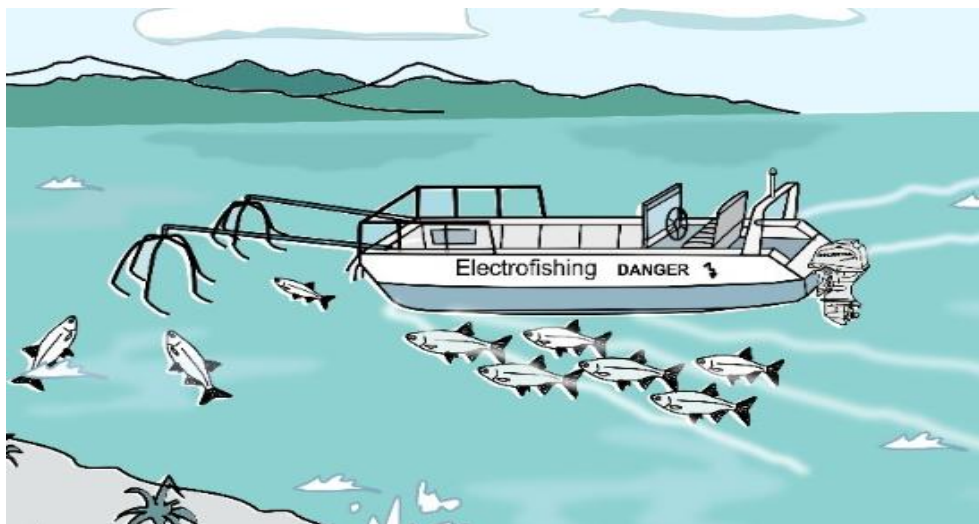
Systém elektrod: Při odchyty ryb elektrolovnou lodí se využívá systému elektrod (konkrétně dvou anod a jedné katody). Anody jsou umístěny na nevodivých tyčích v popředí lodi (asi 2,5 m dlouhých) a vedou rovně do vody. Na tyčích se nacházejí ocelová lanka připomínající svým tvarem nohy pavouka, přes které je do vody zasílán proud. Anody se mohou kdykoliv odmontovat dle potřeby (např. při přejezdu na větší vzdálenost), nebo se mohou vysunout nad hladinu. Katoda se nachází přesně v zádi lodi pod lovicími, tedy na trupu lodi (Kubečka a kol., 2022).

Výhody elektrolovu:

- Rychlý a celkem jednoduchý odchyt ryb
- Široké spektrum ulovených ryb
- Použití v různých typech prostředí
- Nízká náročnost, potřeba maximálně 5 osob
- Velmi šetrná metoda k rybám, pokud je správně používána

Nevýhody elektrolovu:

- Nemožnost použití do více jak 1,5 m hloubky
- Riziko nebezpečí zasažení proudem při nesprávném použití



Obrázek 4. Schéma elektrolovné lodi v akci. Vpředu lodi lze vidět systém anod připomínající tvarem pavouky (autor obrázku: Z. Sajdllová).



Obrázek 5. Snímek elektrolovné lodi.

Elektrolovná loď, která byla námi využívána, je dlouhá přibližně 5 metrů a široká 1,5 metru. Vejdou se na ni maximálně čtyři lovci a řidič. V popředí lodi se nachází 1 m vysoké zábradlí, které slouží pro opření lovcích, aby nepřepadli do vody, kde je elektrický proud. Dole pod zábradlím se nachází dvě tyče (anody), které mohou být kdykoliv odmontovány. V zádi lodi se nachází elektrický agregát, díky němuž je zasílán přes elektrody elektrický proud do vody. Je umístěn u řidiče, aby s ním mohl kdykoliv dle potřeby manipulovat. Celá loď je vyrobena ze slitiny hliníku, neboť hliník je nevodivý kov.

Odchyt ryb při elektrolovu na nádrži Žlutice začal přemístěním se do mělčiny pomocí elektrolovné lodi. Z hráze do mělčiny se jelo přibližně 10 minut. V místě vhodném pro elektrolov řidič lodě zapne elektrický agregát a následně s lodí pluje jen velmi pomalu. Lovíci musí být připraveni na místech a čekají na vynořování ryb. Z důvodu bezpečnosti mají lovíci nasazeny gumové rukavice a na nohou gumové holínky, aby nedošlo k zásahu elektrickým proudem. Samozřejmostí jsou i záchranné vesty pro celou posádku. Ryby během chvíle vyplouvaly na hladinu a musely se co nejdříve ulovit pomocí tzv. keserů, což je nástroj velmi podobný obyčejnému podběráku, jen je mohutnější a pevnější. Zepředu loď se nachytala vždy větší biomasa ryb než z boku, protože zde byl elektrický proud vysílán. Ulovené ryby se dávaly do kádě umístěné uprostřed lodi a napuštěné vodou, která se neustále okysličovala pomocí vzduchování (přístroj, který slouží k okysličování vody; Kubečka a kol., 2022). Ryby, které nebyly chyceny, se po velmi krátké době zas vzpamatovaly a bez následků ihned odplavaly. Po naplnění kádí loď přešla zpátky na hráz. Ryby byly uloženy do haltýře (zařízení k uchování živých ryb), kde čekaly na zpracování.

4.2.2 Vězence

Vězence jsou velké sítě, které se uchyť ke dnu nádrže. Jeho ramena se rozprostřou po co největší možné délce, aby se zachytilo co nejvíce ryb. Vězenec pracuje na principu pasti. Jakmile ryba vpluje dovnitř, tak už ale nevyplave ven (Kubečka a kol., 2022). Vězence se musely pravidelně alespoň jednou za týden kontrolovat, jelikož zde mohlo být více ryb, které by pak mohly zbytečně trpět. Celkově vězence jsou dobrým způsobem pro odchyt planktivorních ryb hlavně v době tření.

Výhody vězenců:

- Šetrný odchyt ryb
- Odchyt značně velké biomasy ryb v době tření

Nevýhody vězenců:

- Časté kontrolování z důvodu možného úhynu ryb
- Obtížná instalace a manipulace



Obrázek 6. Vězenec a jeho instalace do vody.



Obrázek 7. Vězenec nainstalovaný v nádrži.

4.2.3 Vlečná síť (tral)

Poslední využívanou metodou byla vlečná síť neboli tral. Tento způsob odlovu je nejnáročnější, jak fyzicky, tak časově. Tral (angl. Trawl) je druh lovicí kuželovité sítě, která je zakončena zužujícím se rukávem. Oproti elektrolovu se používá hlavně při lovu v hloubce, na dně nebo ve volné vodě. Zasahuje se pouze na malém úseku nádrže a po odlovení následuje zdlouhavé přebírání ryb. Tralování může být jednolodní či dvoulodní. Při jednolodním tralování je tral vlečen jednou lodí, která tral tolik nerozevře. Tento způsob se používá zpravidla pro mořský rybolov, jelikož tam mívají lodě větší výkon, zatímco na nádržích mají lodě výkon menší. Tento způsob žádná ze skupin na přehradě Žlutice nevyužívala. Při dvoulodním tralování je tral vlečen dvěma loděmi, které dokážou tral více rozevřít (větší šance na ulovení ryb). Je mnohem výhodnější, neboť lze využít pouze poloviční výkon obou lodí (Kubečka a kol., 2022). Tento způsob na nádrži Žlutice využívala druhá odlovná skupina, které jsem nebyla součástí, ale metodu jsem alespoň pozorovala. Naše skupina se spíše soustřeďovala na elektrolov a vězence.

Výhody tralu:

- Lze vzorkovat různé hloubky nádrže
- Odchytí značně velké biomasy ryb během krátké doby
- Dokáže zachytit určité množství ryb v daném čase (dle potřeby snadné přepočítání na objem nádrže)
- Široké spektrum ulovených druhů ryb

Nevýhody tralu:

- Vysoká spotřeba paliva
- Lodě specializované pro lov tralem jsou většinou velmi drahé
- Poměrně vysoká cena vlečných tralových sítí
- Potřeba znalé, vyškolené a silné posádky
- Problém – překážky ve vodě (kmeny, skály apod.)



Obrázek 8. Tralová loď (foto: archiv skupiny Fishecu).



Obrázek 9. Lov vlečnou sítí (foto: archiv skupiny Fishecu).

4.3 Následné zpracování ryb

Po odlovu ryb (nejčastěji elektrolovem) následovalo na břehu nádrže jejich okamžité zpracování. Z haltýře se vždy vyndala ryba a umístila se na měřicí desku, kde se změřila její délka bez ocasu (neboli standardní délka, SL= standard length) a délka i s ocasem (neboli celková délka, TL= total length). Pokud se jednalo o rybu dravou, tak se ještě zjišťovalo, zda má ryba čip, či nikoliv. Zjišťovalo se to pomocí čtečky. Pokud dravec čip měl, zaznamenalo se číslo čipu do protokolu, dravec se zvážil a byl vrácen do nádrže. Jestliže čip neměl, tak se mu nový čip aplikoval, číslo nového čipu se zaznamenalo do protokolu a následně se dravec zvážil a vrátil se zpět do vody. Dravé ryby se pouštěly zpět hlavně z důvodu pozitivního vlivu na kvalitu vody, aby mohly provádět Press disturbance, který je součástí Top-down efektu a je v této práci popisován výše. Čip se dravcům dával proto, aby byl při opakovaném ulovení ryby přehled, o kolik ryba vyrostla, kolik přibrala, a tedy jak v nádrži prospívá.

Pokud se z haltýře vytáhla planktivorní ryba, pouze se změřila, zvážila, a posléze byla uložena do druhého haltýře. V tomto druhém haltýři se uchovávaly planktivorní ryby, jejichž přítomnost ve vodní nádrži není žádoucí. Tyto ryby byly po domluvě odvezeny na konci dne do plzeňské zoo, kde sloužily jako potrava různým druhům živočichů, které mají ryby jako součást svého jídelníčku.

Všechny naměřené hodnoty, jako hmotnost, standardní a celková délka se zapisovaly do protokolů, abychom věděli, jak velká biomasa se odchytila.



A)



B)

Obrázek 10. A) Měření ryby, B) Vážení ryby (foto: I. Vejříková).



Obrázek 11. Zjišťování za pomoci čtečky, zda štika obecná má aplikovaný čip, či nikoliv.



A)



B)

Obrázek 12. A) Čtečka čipů s právě načteným kódem, B) Čipy a jehla pro aplikaci.



Obrázek 13. Haltýř umístěný na volné vodě určený k uchovávání planktivorních ryb.



Obrázek 14. Haltýř u břehu, ze kterého se braly planktivorní ryby ke zpracování.

4.3 Zpracování dat

Veškerá data byla zpracována v tabulkovém programu Microsoft Excel. Byly vytvořeny grafy termínů lovu, účinnosti odlovných metod, biomasy planktivorních ryb a srovnání rybí obsádky před a při biomanipulaci. Použitými grafy byly výsečový, sloupcový a spojnicový. Výsečový graf znázorňoval poměr jednotlivých druhů planktivorních ryb v rámci celkové odlovené biomasy. Sloupcový graf znázorňoval závislost odlovené biomasy na termínu odlovu. Pro zhodnocení rybí obsádky před a po biomanipulaci byly použity spojnicové grafy, kdy každá křivka znázorňovala změnu biomasy pro jednotlivé druhy ryb z celkové rybí obsádky vodní nádrže Žlutice v průběhu čtyř let.

Dále byly v Excelu použity některé funkce. Například SUMA pro biomasu planktivorních ryb, POČET pro jejich početnost nebo PRŮMĚR pro porovnání hmotností kaprovitých ryb před a při biomanipulaci. Pro vypočítání porovnání biomasy v % byla použita trojčlenka.

5 VÝSLEDKY

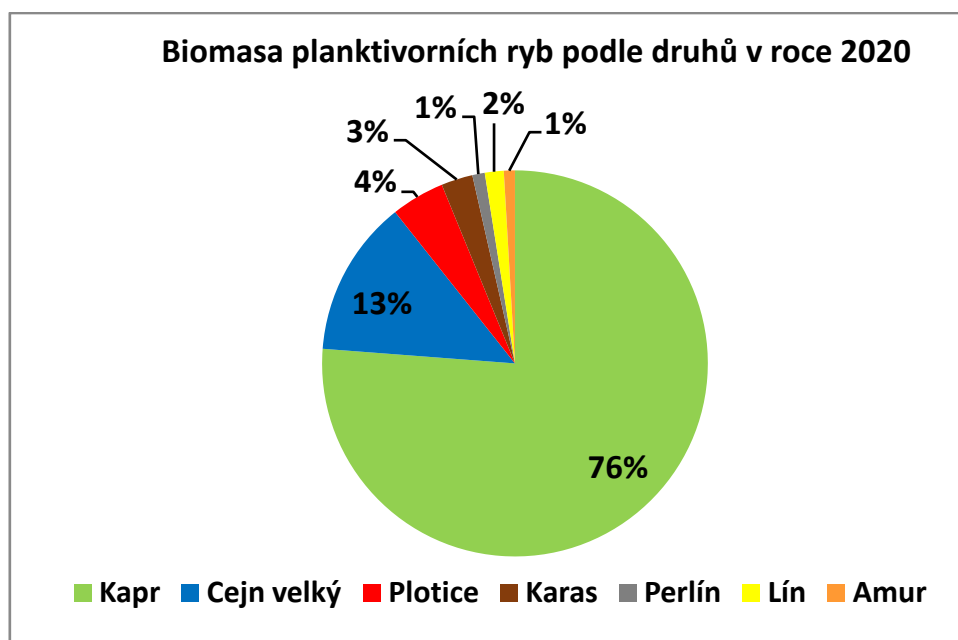
V této kapitole se budu věnovat hlavně odlovům planktivorních ryb z roků 2020, 2021 a 2022. Hlavními tématy jsou celková biomasa planktivorních ryb, biomasa planktivorních ryb podle druhů, biomasa odlovená v různých termínech a účinnost odlovných metod (početnost a biomasa). Na závěr bude srovnána obsádka kaprovitých ryb v nádrži před a v průběhu biomanipulace na základě dat ze sledování celkové rybí obsádky.

5.1 Biomanipulační odlovy v roce 2020

V roce 2020 bylo odloveno celkem 2217 kg planktivorních ryb. Největší biomasu v tomto roce tvořil kapr obecný (76 % = 1689 kg). Druhou největší biomasu tvořil cejn velký ze 13 % (291 kg). Ostatních ryb v porovnání s kaprem či cejnem bylo odchyceno mnohem méně: plotice obecná (4 %), karas stříbřitý (3 %), lín obecný (2 %) a po 1 % perlín ostrobřichý a amur bílý. Výsledky jsou shrnuty v Tabulce 1 a Obrázku 15. V roce 2020 jsme lovili v průběhu 13 dnů od 23. dubna do 3. června. Přesné termíny, kdy byly ryby uloveny, jsme však nezaznamenávali, proto nemůžeme zhodnotit, v jaké dny byla ulovena největší biomasa ryb.

Tabulka 1. Celková hmotnost ryb odlovených v roce 2020 rozdělených podle druhů.

Druh	Hmotnost (kg)
Kapr obecný	1689
Cejn velký	291
Plotice obecná	99
Karas stříbřitý	59
Perlín ostrobřichý	23
Lín obecný	35
Amur bílý	21



Obrázek 15. Graf znázorňující odlovenou biomasu planktivorních ryb podle druhů v roce 2020.

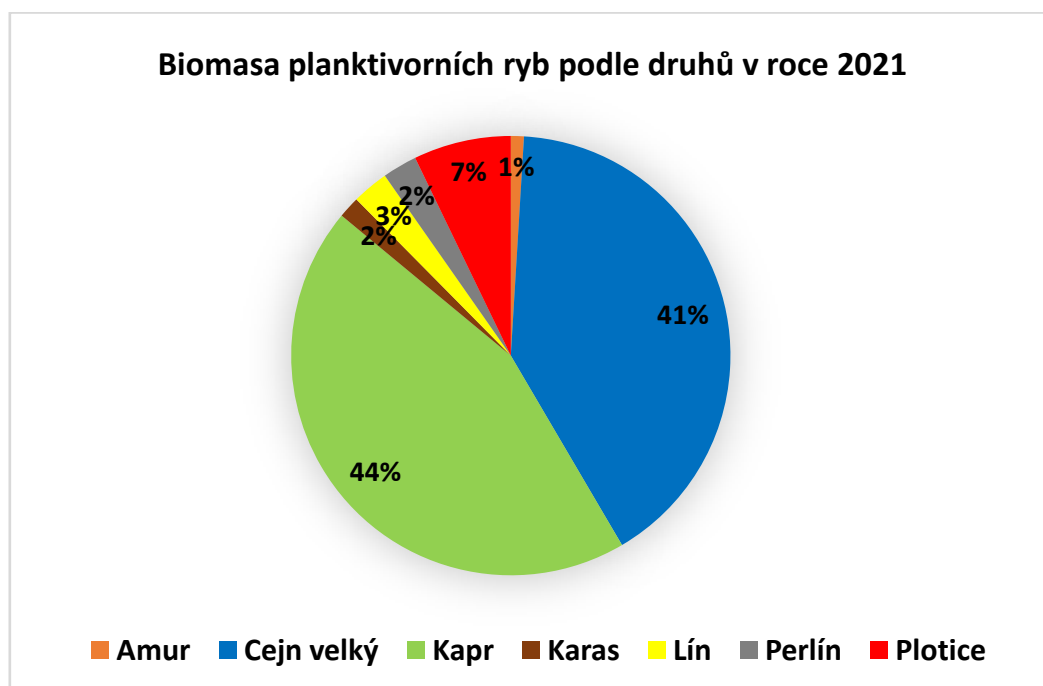
5.2 Biomanipulační odlovy v roce 2021

V roce 2021 se celkem odlovilo 4270 kg planktivorních ryb, tedy skoro dvakrát více než v předchozím roce. Největší biomasu v roce 2021 tvořil opět kapr obecný (44 % = 1902 kg). Druhou největší biomasu tvořil cejn velký (41 % = 1737 kg). V tomto roce se také povedl odchyt plotice obecné (7 % = 307 kg). Ostatních ryb se chytilo méně: lín obecný (115 kg), perlín ostrobřichý (109 kg), karas stříbřitý (68 kg) a amur bílý (41 kg). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2 a Obrázku 16.

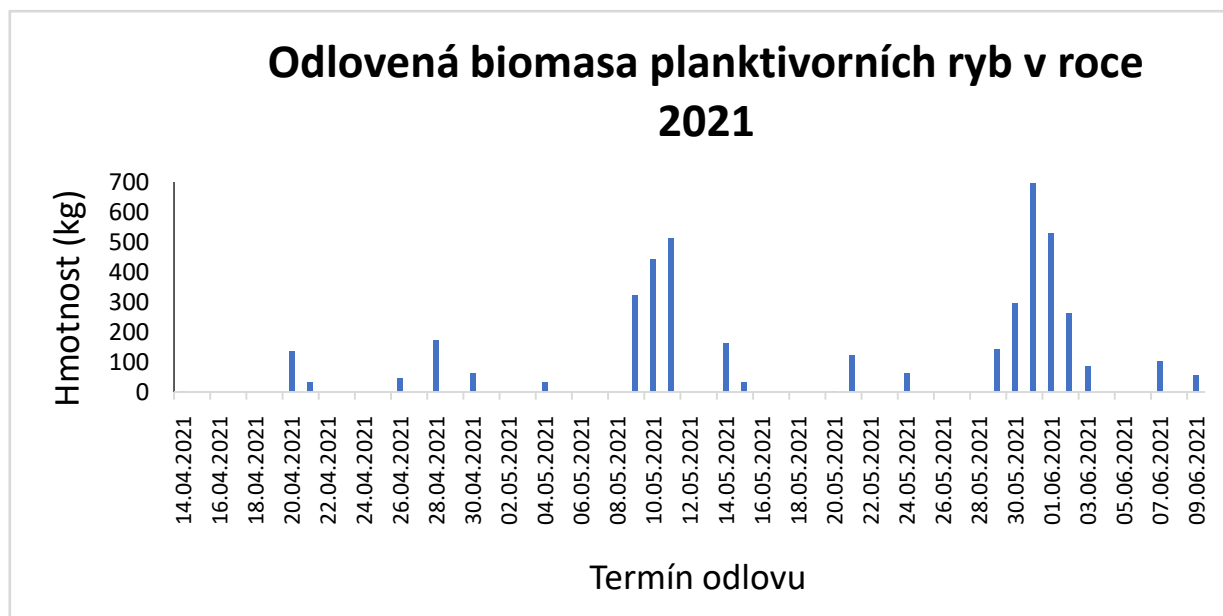
V roce 2021 jsme lovili od 20. dubna do 9. června a odlovy strávili celkem 28 dnů. Nejvíce ryb se odchytilo mezi 10.–12. květnem a mezi 31. květnem až 5. červnem. Nejvíce biomasy se odlovilo ve dnech 31. května (696 kg) a 1. června (530 kg), (Obr. 17).

Tabulka 2. Celková hmotnost ryb odlovených v roce 2021 rozdělených podle druhů.

Druh	Hmotnost (kg)
Kapr obecný	1902
Cejn velký	1737
Plotice obecná	307
Lín obecný	115
Perlín ostrobřichý	109
Karas stříbřitý	68
Amur bílý	41



Obrázek 16. Graf znázorňující odlovenou biomasu planktivorních ryb podle druhů v roce 2021.



Obrázek 17. Graf znázorňující termíny odlovů a jejich odlovenou biomasu v roce 2021.

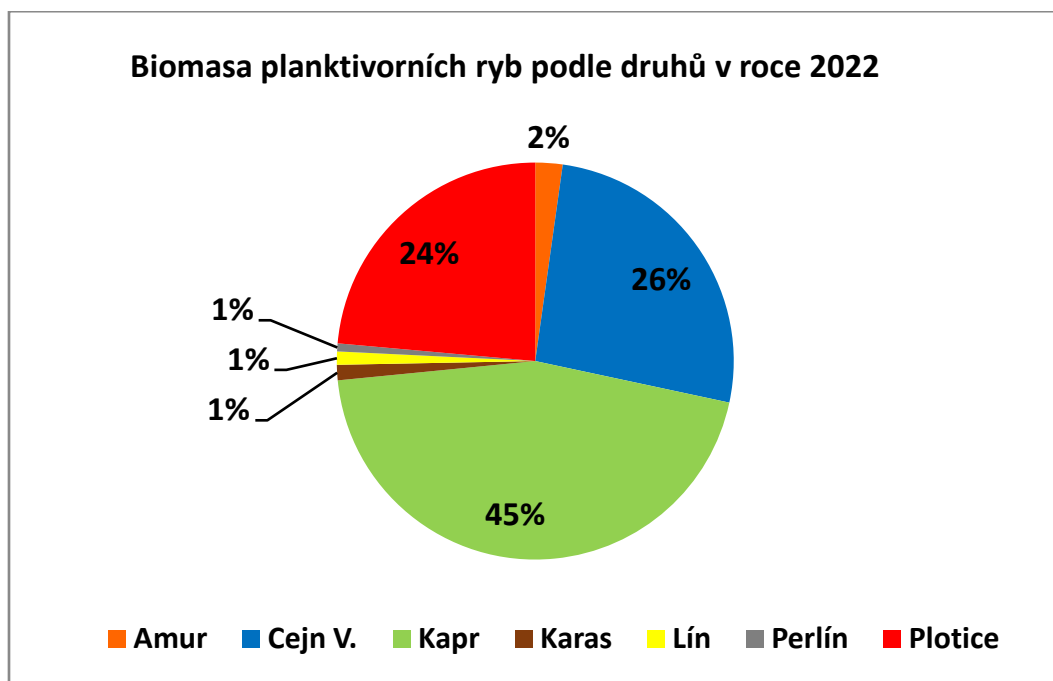
5.3 Biomanipulační odlovy v roce 2022

V roce 2022 se celkem odlovilo 1478 kg planktivorních ryb. Největší biomasu opět tvořil kapr obecný (45 % = 616 kg). Druhou největší biomasu tvořil cejn velký (26 % = 357 kg) a plotice obecná (24 % = 322 kg). Ostatních druhů ryb se chytilo méně: amur bílý (30 kg), perlín ostrobřichý (9 kg), lín obecný (15 kg) a karas stříbřitý (17 kg).

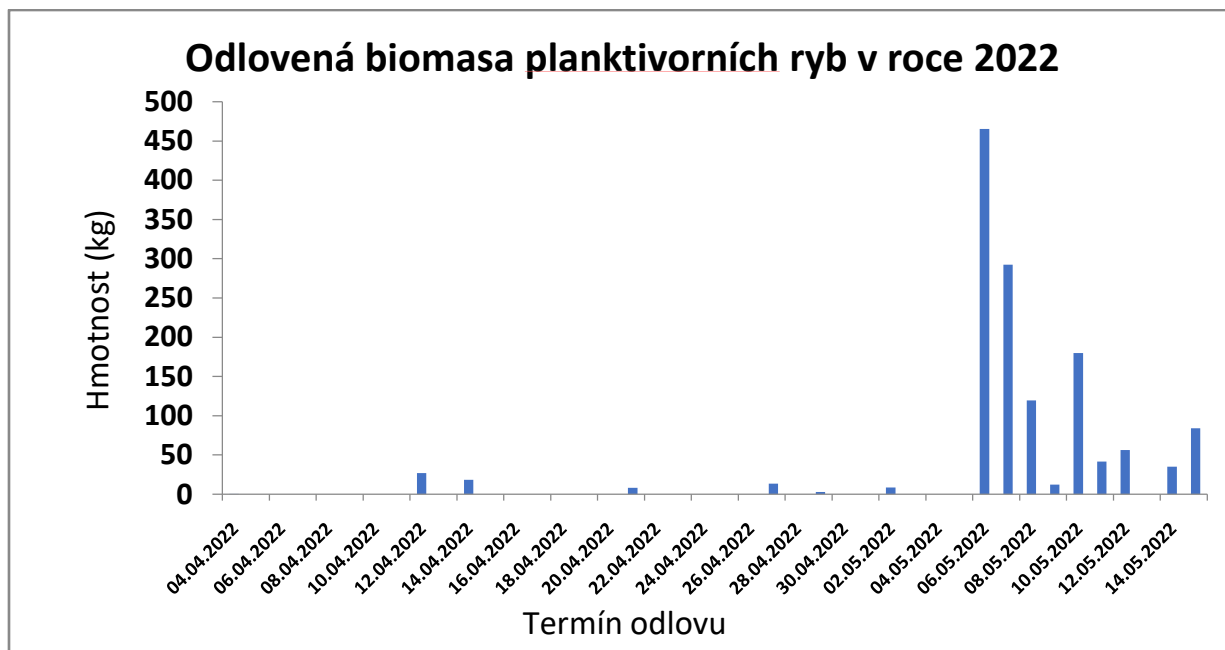
V roce 2022 jsme odlovy započali koncem března, ale první ryby se chytily od 4. dubna do 15. května. Celkem jsme odlovy strávili 19 dnů. Největší biomasa ryb byla odchycena v termínech 6. května (465 kg) a 7. května (292 kg). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 3, Obrázku 18 a Obrázku 19.

Tabulka 3. Celková hmotnost ryb odlovených v roce 2022 rozdělených podle druhů.

Druh	Hmotnost (kg)
Kapr obecný	616
Cejn velký	357
Plotice obecná	322
Lín obecný	15
Perlín ostrobřichý	9
Karas stříbřitý	17
Amur bílý	30



Obrázek 18. Graf znázorňující odlovenou biomasu planktivorních ryb podle druhů v roce 2022.

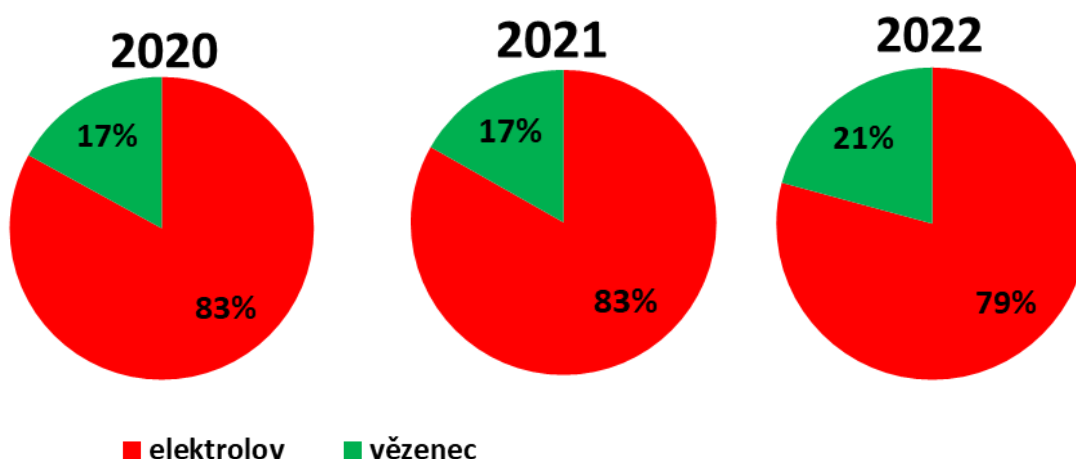


Obrázek 19. Graf znázorňující termíny odlovů a jejich odlovenou biomasu v roce 2022.

5.4 Účinnost odlovných metod v roce 2020, 2021 a 2022.

V kapitole budou porovnávány pouze metody elektrolov a vězence, protože vlečnými sítěmi se nakonec odlovilo malé množství ryb, a navíc jsem metodu osobně neprováděla.

5.4.1 Srovnání odlovných metod v letech 2020–2022 (početnost ryb)



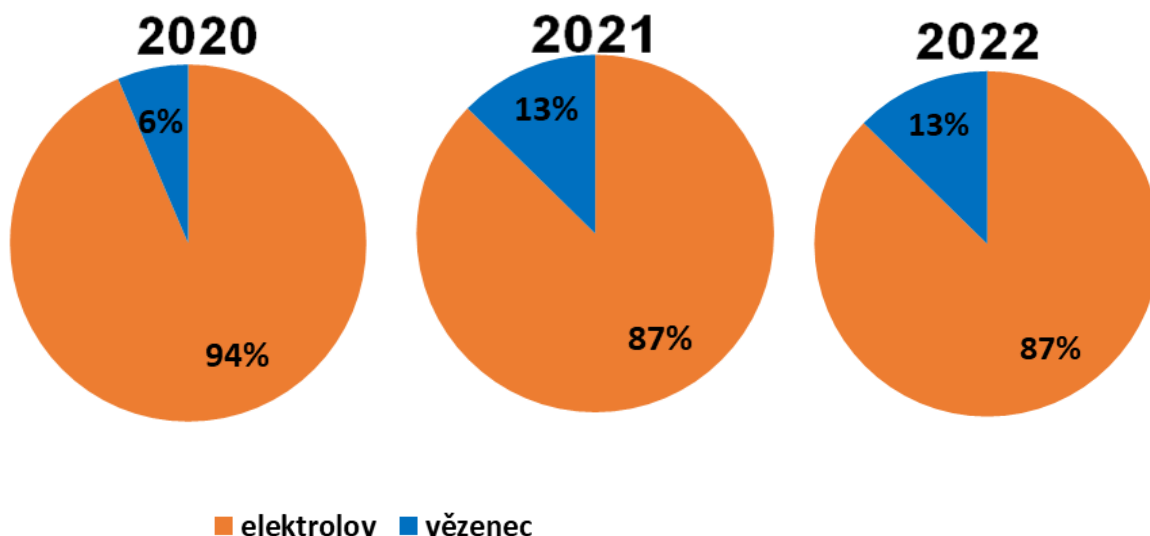
Obrázek 20. Grafy srovnávající účinnost odlovných metod na základě početnosti ryb v letech 2020–2022.

Tabulka 4. Celkový počet odlovených ryb metodami elektrolov a vězence.

Metoda	Počet ryb, ks (2020)	Počet ryb, ks (2021)	Počet ryb, ks (2022)
Elektrolov	724	3013	1171
Vězenec	148	607	307

V roce 2020 a 2021 je procentuální poměr účinnosti metod stejný (elektrolov 83 % a vězenec 17 %). V roce 2022 mají vězence účinnost o 4 % vyšší, tedy 21 %. A účinnost elektrolovu byla v tomto roce 79 %. V porovnání mezi lety 2020, 2021 a 2022 je zřejmé, že nejméně úspěšným rokem byl rok 2021, kde se pomocí elektrolovu odchytilo 3013 ks ryb a s pomocí vězence 607 ks ryb. Naopak nejméně ryb v rámci biomanipulačních odlovů se nachytilo v roce 2020 (elektrolov: 724 ks ryb a vězenec: 148 ks ryb).

5.4.2 Účinnost odlovných metod (biomasa ryb)



Obrázek 21. Grafy srovnávající účinnost odlovných metod na základě biomasy ryb v letech 2020–2022.

Tabulka 5. Celková hmotnost odlovených ryb metodami elektrolov a vězenec.

Metoda	Hmotnost, kg (2020)	Hmotnost, kg (2021)	Hmotnost, kg (2022)
Elektrolov	2074	3736	1081
Vězenec	143	542	286

V roce 2021 a 2022 na základě hodnocení biomasy ryb je procentuální poměr účinnosti elektrolovu a vězenec stejný (elektrolov 87 % a vězenec 13 %). V roce 2020 mají vězence účinnost menší (6 %). Naopak účinnost elektrolovu byla v tomto roce nejvyšší (94 %). V porovnání mezi lety 2020, 2021 a 2022 je zřejmé, že nejúspěšnější rok byl opět rok 2021. Pomocí elektrolovu se odlovilo 3736 kg planktivorních ryb a pomocí vězenec 542 kg planktivorních ryb. Nejmenší biomasa ryb se odchytila v roce 2022 (elektrolov: 1081 kg ryb a vězenec: 286 kg ryb).

5.5 Kontrolní odlovy celkové rybí obsádky před a v průběhu biomanipulace

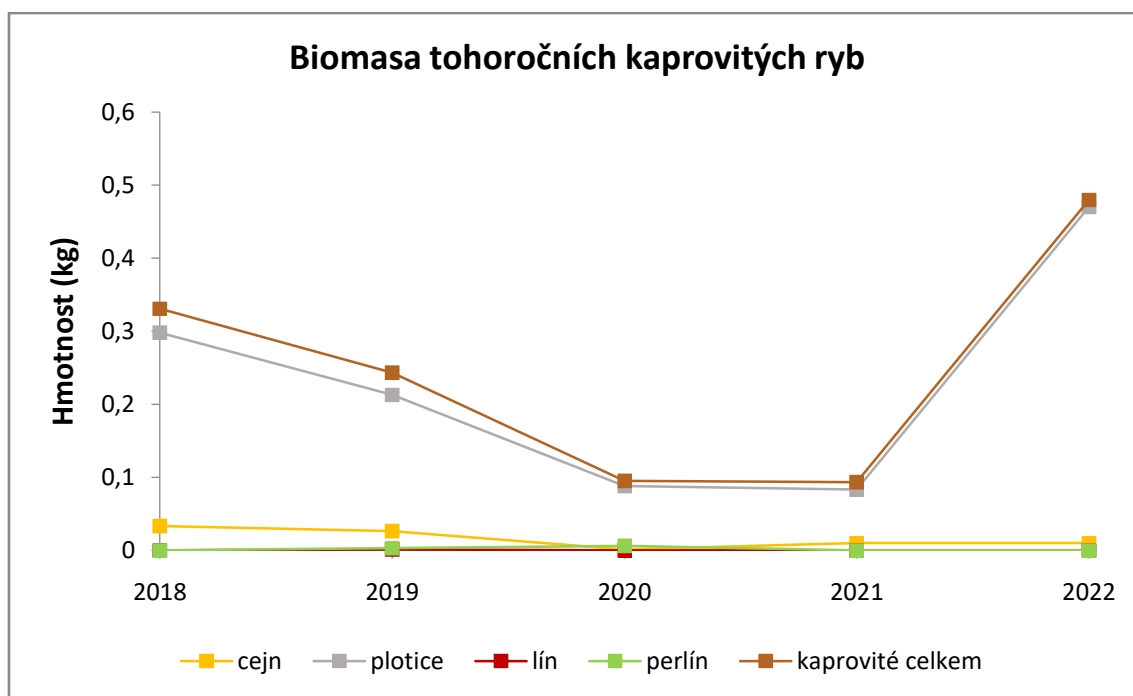
Tato kapitola vznikla na základě dat získaných z pravidelných ročních monitoringů celkové rybí obsádky prováděných pracovní skupinou Fishecu a data mi byla laskavě poskytnuta vedoucím skupiny Mgr. Tomášem Jůzou, Ph.D. Ryby byly odchyťovány rybářskými sítěmi (tzv. tenatními sítěmi). Celková odlovná plocha sítí je 7875 m² sítě.

Před biomanipulací byl stav rybí obsádky na nádrži Žlutice sledován v roce 2018 a 2019. Následující roky 2020, 2021 a 2022 byla již rybí obsádka ovlivněná biomanipulačními zásahy.

5.5.1 Tohoroční ryby (plůdek)

Před biomanipulací, tedy mezi lety 2018–2019, bylo množství plůdku vysoké. V roce 2018 činila biomasa plůdku 0,331 kg, v roce 2019 byla biomasa plůdku o něco menší, a to 0,243 kg. Největší množství plůdku tvořila plotice obecná. V roce 2018 plotice tvořila 90 % biomasy z celkového množství tohoročních ryb.

V průběhu biomanipulace došlo k výrazné změně. Množství plůdku se rapidně snížilo. V roce 2020 na 0,095 kg a v roce 2021 na 0,093 kg. Avšak po biomanipulaci v roce 2022 se množství plůdku naopak rapidně zvýšilo na 0,48 kg. Celková biomasa plůdku mezi lety 2018 až 2021 klesla ze 100 % na 32,4 %. V roce 2022 se ale biomasa zvýšila na 145 % oproti počátečnímu stavu. Množství plůdku plotice obecné se nejdříve snížilo z 0,298 kg (2018) na 0,083 kg (2021). V roce 2022 se však množství plůdku plotice zvýšilo na 0,47 kg. Nulové hodnoty množství plůdku tvořily kaprovité ryby, kterými byly kapr obecný a karas stříbřitý. Všechny výsledky jsou uvedeny v Obrázku 22.

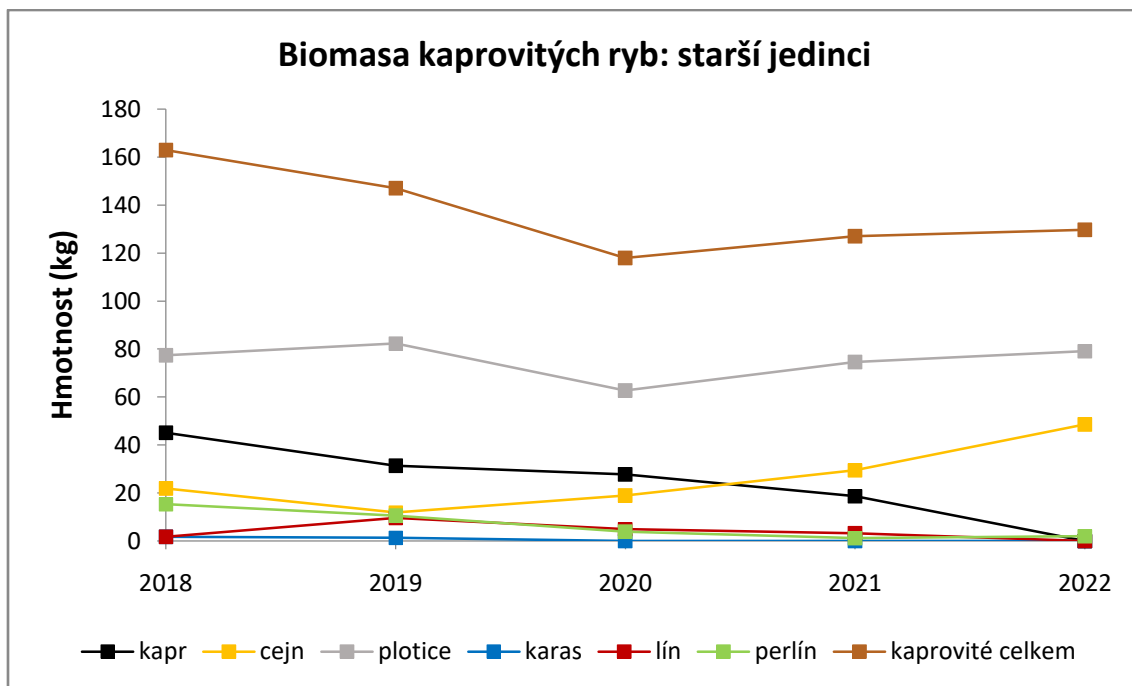


Obrázek 22. Graf porovnávající biomasu kaprovitých tohoročních ryb mezi lety 2018–2022.

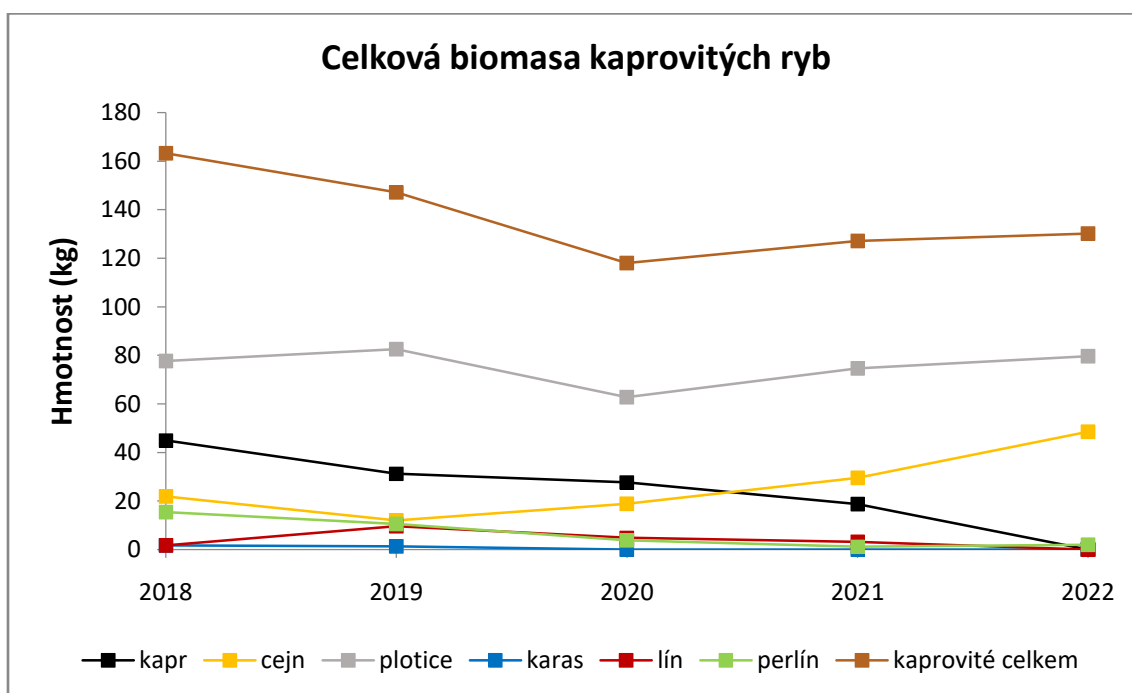
5.5.2 Starší kaprovité ryby a celkové množství kaprovitých ryb

Před biomanipulací se biomasa starších kaprovitých ryb pohybovala okolo 160 kg. V tomto období tvořila největší biomasu plotice obecná (2018: 77,4 kg a 2019: 82,3 kg). Na druhém místě byl kapr obecný (2018: 45 kg a 2019: 31 kg). Po prvním roce biomanipulace (2020) celková biomasa starších kaprovitých ryb klesla, avšak v roce 2021 i 2022 opět částečně narůstala. Celkový pokles mezi roky 2018 a 2022 byl ze 162,9 kg (100 %) na 129,7 kg (79,5 %). Co se týče jednotlivých druhů, biomasa plotice z původních 77,4 kg v roce 2018 nejdříve poklesla, nicméně v roce 2022 se vrátila na skoro stejnou původní hodnotu (79,2 kg). Nejvíce se snížilo množství kapra (2018: 45 kg a 2022: 0 kg) a perlína (2018: 15,4 kg a 2022: 2 kg). Naopak se zvýšilo množství cejna velkého (2018: 21,8 kg a 2022: 48,5 kg). Výsledky jsou uvedeny v Obrázku 23.

Celkové biomasy kaprovitých ryb (tohoročních i starších) se moc nelišily oproti výše uvedeným biomasám starších kaprovitých ryb. Tohoroční jedinci v biomase tvoří jen malou část. Celková biomasa kaprovitých ryb (tohoročních i starších) klesla z 163,2 kg (100 %) v roce 2018 na 130,1 kg (79,7 %) v roce 2022. Výsledky jsou uvedeny v Obrázku 24.



Obrázek 23. Graf porovnávající biomasu kaprovitých ryb (starších jedinců) mezi lety 2018–2022.



Obrázek 24. Graf porovnávající celkovou biomasu jednotlivých druhů kaprovitých ryb mezi lety 2018–2022.

6 DISKUSE

6.1 Biomanipulační odlovy ryb

Rok 2020 byl na odlov zooplanktivorních ryb celkem úspěšný, přihládneme-li ke skutečnostem, že jsme teprve sbírali zkušenosti s podobnými odlovy na této lokalitě a neměli jsme ideální vybavení. Důvodem bylo především použití menší elektrolovné lodi s malým výkonem. Další roky byla použita jiná elektrolovná loď s větším výkonem. Podařila se i tak odchytnout značně velká biomasa planktivorních ryb (celkem 2217 kg ryb). Avšak v porovnání délky odlovu s rokem 2022 byl tento nejméně úspěšný. Největší biomasu ryb tvořil kapr obecný a cejn obecný, a to z důvodu dobře zachycené doby jejich tření. V tomto roce se bohužel nepodařilo zachytit tření plotice obecné, a tak její biomasa tvoří jen 4 %, tedy 99 kg.

Rok 2021 byl nejúspěšnějším rokem pro biomanipulační zásahy. Celkem se odchytilo 4270 kg planktivorních ryb. Důvodem je již použití jiné elektrolovné lodi, se kterou šel odchytnout mnohem lépe a rychleji. Největší biomasu tvořil opět kapr obecný a cejn velký. Tření plotice obecné se v tomto roce také úplně nezdařilo zachytit, proto její biomasa tvoří pouhých 7 %, tedy 307 kg, avšak je to třikrát více než v předchozím roce. Nejvíce biomasy se odlovilo ve dnech 31. května (696 kg ryb) a 1. června (530 kg ryb). Je to z důvodu příznivých podmínek pro tření ryb, neboli slunečno a teplota vody okolo 20 °C (int. odk. 1). Z obrázku 17 lze podle počtu biomasy určit počasí v konkrétních dnech odlovů.

Rok 2022 byl na první pohled, co se týče biomasy, nejméně zdařilým rokem (celkem 1478 kg planktivorních ryb). V tomto roce tvořil největší biomasu opět kapr obecný a cejn velký. Konečně se povedlo zachytit dobu tření plotice obecné, a tak její biomasa tvoří 24 % (322 kg). Největší biomasa se v tomto roce odchytila 6. května (celkem 465 kg) a 7. května (292 kg). Důvodem bylo opět příznivé počasí pro tření planktivorních ryb. Avšak příznivé počasí bylo až od začátku května. Duben byl velmi studený, a proto se v tomto období chytilo nejméně ryb.

Aby se co nejlépe podchytilo tření ryb, musí se nejenom sledovat předpověď počasí a čekat na příznivé podmínky, jak již bylo několikrát zmiňováno, ale také se musí správně odhadnout místo, které si daný druh ryby pro tření vybere. V tomto případě je potřeba především dostatek zkušeností s podobnými odlovy, dokonalá znalost lokality (vědět, kde je jaká hloubka, jaké dno apod.) a trochu štěstí. Všechny tyto předpoklady jsme nejlépe propojili poslední odlovný rok 2022 a podchytili tak tření všech důležitých planktivorních ryb včetně plotice. Proto z hlediska techniky byl tento rok jistě nejúspěšnější. Avšak odlovená biomasa byla v tomto roce ze všech tří let nejnižší, protože doba, která mohla být biomanipulačním odlovům z finančních a kapacitních důvodů věnována, byla nejkratší v porovnání s předchozími roky. Biomasa kapra odlovená v roce 2022 byla nižší, protože velké množství velkých jedinců bylo již vyloveno v předchozích dvou letech.

6.2 Srovnání a účinnost odlovných metod

Z grafů č. 20 a 21 lze na první pohled vidět, že účinnější metodou byl elektrolov (celkem 6891 kg = 4908 ks planktivorních ryb za období let 2020, 2021 a 2022). Elektrolov je mnohem rychlejší metoda než vězence, co se týče odlovu (Kubečka a kol., 2022). Loví se na větší ploše za pomoci několika lidí, proto se díky této metodě odchytí větší biomasa planktivorních ryb. Avšak pomocí metody vězence se odchytí také nezanedbatelná část biomasy (celkem 971 kg = 1062 ks planktivorních ryb za období let 2020, 2021 a 2022). Proto je potřeba obě metody kombinovat s cílem dosáhnout co nejvyššího množství biomasy.

6.3 Srovnání biomasy kaprovitých ryb před a po biomanipulaci

Před biomanipulací se biomasa kaprovitých ryb chycených do tenatních sítí pohybovala okolo 160 kg. V průběhu biomanipulace množství kaprovitých ryb trochu kleslo, ale bylo by potřeba více. Za úspěšný výsledek bychom považovali pokles o 50 % oproti hodnotám z roku 2018. Avšak pokles byl pouze na 79,7 % (o 21,3 %). Tento pokles není bohužel dostatečný na to, aby se v nádrži udržel a lze předpokládat, že v dalších letech se biomasa kaprovitých ryb navrátí na původní hodnoty. Biomasa plotice obecné, která tvoří největší podíl kaprovitých ryb, se před a po biomanipulaci téměř nezměnila. V roce 2020, po prvním biomanipulačním odlovu, sice biomasa plotice mírně poklesla, nicméně v roce 2022 se opět vrátila na původní úroveň. Jedním z důvodů může být nepřesné zachycení její třetí doby, a proto nedostatečné množství odlovených jedinců v průběhu biomanipulace. Dalším důvodem může být její rychlé rozmnožení, které bylo nejspíše úspěšnější, než by bylo v případě, kdyby biomanipulace neproběhla. Jedinci, kteří v nádrži zůstali, využili volné ekologické niky, což znamená, že měli lepší šanci se rozmnožit a měli snadnější přístup k potravě. Kasprzak et al. (2002) popisuje, že po snížení množství dospělých ryb vždy následuje rychlý nárůst tohoročních ryb. A pokud není zajištěn jejich úbytek vhodnou odlovnou metodou, dosavadní odlovy dospělých ryb nemají dlouhodobý efekt. Dalším důvodem může být krátkodobé působení našeho provedení způsobu biomanipulace, pulse disturbance. Čím déle by se zásah prováděl, tím by efekt byl dlouhodobější. Naopak čím je zásah kratší, tím se populace z negativního vlivu zotaví rychleji (Karakoc et al., 2017).

Ve srovnání stavu biomasy kapra obecného před a po biomanipulaci lze ihned poznat velký rozdíl. Po biomanipulaci se podařilo jeho biomasu snížit natolik, že v nádrži zbylo již malé množství jedinců a při kontrolním odlovu tenatními sítěmi nebyl odchycen jedinec žádný. Tudíž biomasa kapra obecného poklesla ze 100 % na 0 % a biomanipulace byla v případě tohoto druhu velmi úspěšná. Lze předpokládat, že pokud kapr nebude do nádrže nelegálně vysazen, nebude se zde v dalších letech vůbec vyskytovat.

Biomanipulace nebyla úspěšná u cejna velkého, kdy se naopak jeho biomasa zvýšila. I přes vysokou snahu o odlovení tohoto druhu se odhadnutá populace v nádrži zdvojnásobila. Cejn se na nádrži Žlutice historicky nevyskytoval, ale poslední roky se zde začíná objevovat přítokem z ostatních horních rybníků (Vejrík, ústní sdělení). Dokud se cejn velký v rybnících nad nádrží bude vyskytovat, nelze bohužel nijak jeho přísun do nádrže zastavit, a tak ani regulovat jeho obsádku v nádrži.

Co se týče množství tohoročních kaprovitých ryb, v průběhu biomanipulace se jeho množství snížilo a vypadalo to, že se bude jednat o pozitivní výsledek biomanipulace. Efekt byl bohužel krátkodobý a v posledním roce 2022 byl naopak zaznamenán nárůst tohoročních ryb. Nicméně metoda tenatních sítí není pro plůdek zcela vypovídající a hodnoty mohou být částečně zkreslené (Prchalová a kol., 2010), proto se metoda tenatních sítí doplňuje o specializovaný průzkum ichtyoplanktonu (larvy ryb ve volné vodě), který je přesnější (Hejzlar a kol., 2022). Pro potřeby SOČ jsme však nechtěli výsledky komplikovat touto náročnější metodou a průzkum ichtyoplanktonu jsme již nezahrnuli.

6.4 Navrhovaný zásah

Biomanipulační zásahy byly prováděny mezi lety 2020–2022 a celkem bylo odloveno 7,9 tun zooplanktivorních ryb. Toto množství lze jistě považovat za úspěšné. Důležitým pozitivním vlivem je odchyt značného množství velkých jedinců kaprovitých ryb, kteří jsou větší, než by byl dravec schopen pozřít = gape limitation, neboli limitace otevřené tlamy. Což znamená, že jakmile je kořist větší, než jaká se dravci vejde do tlamy, tak není dravcem nijak ohrožena (Schmitt a Holbrook, 1984). Avšak úbytek kaprovitých ryb zjištěný při každoročním monitoringu rybí obsádky tenatními sítěmi neodpovídal představám. Můžeme tedy říct, že biomanipulační zásah v podobě masivního odlovu kaprovitých ryb („pulse“ zásah) nebyl dostatečně účinný. Tento zásah nemá ani dle literatury dlouhodobý efekt a masivní odlovy by měly být alespoň doprovázeny vysazováním dravých druhů ryb, jak navrhuje Wysujack a Mehner (2002). Nasazené dravé ryby vyžirají ryby planktivorní (Vejrík a kol., 2019a) a tím se postupně také omezí nárůst počtu tohoročních ryb (Kasprzaka kol., 2002). Se stejným cílem byly například úspěšně vysazeny dravé štiky o různých velikostech při biomanipulaci podle Van de Bund a Van Donk (2002). Zajímavý způsob úspěšné biomanipulace byl proveden v Japonsku, kdy za účelem redukce velkého množství řas vysadili nejen dravé ryby, ale také zooplankton (*Daphnia* sp.; Ha a kol., 2013).

Jako účinnější provedení biomanipulace bychom proto navrhovali provedení „press“ zásahu, kdy by došlo k vysazení dostatečného množství dravých ryb. Tato metoda je, co se týče úsilí, méně náročná než prováděný masivní odlov. Avšak navrhovaný management může v dnešní době ovlivňovat veliké procento pytláků, kteří na nádrži Žlutice vychytávají mnoho dravých ryb. Nejenom tím maří snahu o zlepšení kvality vody, navíc se jedná o odchyt dravých ryb za opravdu velké finanční prostředky. V rámci práce skupiny Fichecu (Vejrík, 2022) byla snaha

tuto míru pytláctví odhadnout. Orientačně se cena 1 kg dravé ryby na trhu pohybuje okolo 300 Kč v závislosti na druhu ryby. Pytlácký tlak byl v roce 2021 odhadnut na 529 kg odlovených dravých ryb ročně, tudíž celková hodnota nedovoleně ulovených dravých ryb je 158 700 Kč ročně. Z jednoho hektaru vodní plochy je tedy upytlačeno 3,17 kg dravých ryb o hodnotě 951 Kč (Vejrík, 2022). Je zřejmé, že při takto velkém pytláckém tlaku by účinnost „press“ zásahu byla výrazně snižována. Ale tento problém se dá řešit. Prvním krokem by mohlo být nějakým způsobem zamezit pytláctví. Zajistit tedy dostatečnou kontrolu nádrže, aby právě nedocházelo k pytláctví. Druhým krokem by bylo dovysazení dravých ryb, pokud by jejich množství bylo nedostačující, aby mohly požíváním planktivorních ryb na ně stále vyvíjet tlak, a tím přes kaskádovitý efekt zajistit lepší kvalitu vody. Početnost dravců by se zjistil pomocí odhadů obsádky (Vejrík a kol., 2019a). Také by se musela postupem času kontrolovat obsádka dravců v nádrži. Zda prospívají a jestli je jejich množství stále dostačující, aby byl tlak na planktivorní ryby dostatečný. A posledním krokem by byla samozřejmě kontrola kvality vody, například množství fytoplanktonu, množství živin, pH a podobně. Tato měření jsou již pravidelně prováděna Povodím Vltavy. V případě zájmu Povodí Vltavy by mohlo být doporučeno podobné postupy zahrnout do managementu vodní nádrže Žlutice.

7 ZÁVĚR

Biomanipulační odlovy planktivorních ryb prováděné naším týmem bychom mohli považovat za úspěšné. Námi odlovené množství ryb v průběhu tří let biomanipulačních odlovů bylo velké. Avšak výsledný efekt na celkovou rybí obsádku nebyl tak výrazný, jak bychom si představovali. Za úspěšný výsledek bychom považovali pokles celkové biomasy kaprovitých ryb o 50 % oproti biomase před prováděnou biomanipulací. Po námi provedené biomanipulaci celková biomasa kaprovitých ryb poklesla pouze na 79,7 % oproti biomase před odlovy.

Biomanipulace v takovéto podobě, jakou jsme prováděli, by byla dostatečná na jednodušší nádrži o menší ploše (Hejzlar a kol., 2022). Pro nádrž jako je Žlutice bylo lovné úsilí nedostatečné a samotná metoda nebyla vhodně zvolena. Proto bychom navrhovali jiný způsob provedení, a to zajistit dostatečné množství dravých ryb, které pak přirozeně mohou provádět výše popisovaný zásah „press disturbance“. Dravé ryby (například sumec velký) by vyvíjely na kaprovité zooplanktivorní ryby neustálý tlak, držely by jejich biomasy na nízkých hodnotách a nedovolily by jejich přemnožení. Tento způsob zásahu by měl navíc dlouhodobější efekt.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARUŠ, Vlastimil, Ota OLIVA. *Mihulovci--Petromyzontes, a ryby--Osteichthyes*. Praha: Academia, 1995. ISBN 9788020005014.

CARPENTER, Stephen R., Kathryn L. COTTINGHAM. Resilience and restoration of lakes. *Resilience and the behavior of large scale ecosystems*. Island Press, Washington, DC. 2002, s. 51–70. ISBN 9781559639712.

CARPENTER, S. R., J. F. KITCHELL, J. R. HODGSON. Cascading trophic interaction and lake productivity. *Bioscience*. 1985, 35, 634–639. ISSN 1525-3244.

HA, J.-Y., M., SANEYOSHI, H.-D. PARK, H. TODA, S. KITANO, T. HOMMA, T. SHIINA, T. MORIYAMA, K.-H. CHANG, T. HANAZATO. Lake restoration by biomanipulation using piscivore and *Daphnia* stocking; results of the biomanipulation in Japan. *Limnology*. 2013, 14, 19–30. ISSN 1439-8621.

HANEL, Lubomír. *Poznáváme naše ryby*. Praha: Brázda, 1992. ISBN 80-209-0227-9.

HEJZLAR, J., P. BLABOLIL, M. ČTVRTLÍKOVÁ, T. JŮZA, V. KASALICKÝ, J. KUBEČKA, J. SEĎA, P. ZNACHOR. Účinnost biomanipulace pro řízení vodního ekosystému a kvality vody ve vodárenských nádržích. In: *Sborník konference Vodárenská Biologie*. 2022, s. 147–156. ISBN 978-80-88238-24-9.

HORPPILA J., H. PELTONEN, T. MALINEN, E. LUOKKANEN, T. KAIRESAALO. Top-down or bottom-up effects by fish: Issues of concern in biomanipulation of lakes. *Restoration Ecology*. 1998, 6, 20–28. ISSN 1061-2971.

HRBÁČEK, Josef. Food web relations. In: EISELTOVÁ, Martina. *Restoration of Lake Ecosystems: a holistic approach*. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. Gloucester, UK, 1994, s. 44–58. ISBN 0950573159.

JEPPESEN, E., M. SØNDERGAARD, T. L. LAURIDSEN, T. A. DAVIDSON, Z. LIU, N. MAZZEO, C. TROCHINE, K. ÖZKAN, H. S. JENSEN, D. TROLLE, F. STARLING, X. LAZZARO, L. S. JOHANSSON, R. BJERRING, L. LIBORIUSSEN, S. E. LARSEN, F. LANDKILDEHUS, S. EGEMOSE, M. MEERHOFF. Biomanipulation as a restoration tool to combat eutrophication: recent advances and future challenges. *Advances in Ecological Research*. 2012, 47, 411–487. ISSN 0065-2504.

JURAJDA, P., Z. ADÁMEK, M. JANÁČ, K. ROCHE, L. MIKL, L. REDERER, T. ZAPLETAL, V. KOZA, J. ŠPAČEK. Use of multiple fish-removal methods during biomanipulation of a drinking water reservoir – Evaluation of the first four years. *Fisheries Research*. 2016, 173, 101–108. ISSN 0165-7836.

KALFF, Jacob. *Limnology: Inland water ecosystems*. Prentice Hall, New Jersey. 2002, 592 p. ISBN 978-0130337757.

KARAKOC, C., A. SINGER, K. JOHST, H. HARMS, A. CHATZINOTAS. Transient recovery dynamics of a predator–prey system under press and pulse disturbances. *BMC Ecology*. 2017, 17. ISSN 1472-6785.

KASPRZAK, C., J. BENNDORF, T. MEHNER, R. KOSCHEL. Biomanipulation of lake ecosystems: an introduction. *Freshwater Biology*. 2002, 47, 2277–2281. ISSN 1365-2427.

KUBEČKA, J., H. BALK, P. BLABOLIL, J. FROUZOVÁ, T. KOLAŘÍK, M. KRATOCHVÍL, M. MUŠKA, M. PRCHALOVÁ, M. ŘÍHA, Z. SAJDLOVÁ, K. SOUKALOVÁ, A. SOUZA, M. TUŠER, L. VEJŘÍK, I. VEJŘÍKOVÁ. *Methodology of monitoring fish communities in reservoirs and lakes*. Biology Centre CAS v.v.i. Institute of Hydrobiology, České Budějovice. 2022, 111 p. ISBN 978-80-86668-08-6.

LAZZARO, Xavier. A review of planktivorous fishes: Their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia*. 1987, 146, 97–167. ISSN 0018-8158.

MATĚNA, J., V. VYHNÁLEK, K. ŠIMEK. Food web management. In: EISELTOVÁ, Martina. *Restoration of Lake Ecosystems a holistic approach*. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. Gloucester, UK, 1994, s. 97–101. ISBN 0950573159.

PECHAR, L., I. CHMELOVÁ, J. POTUŽAK, J. ŠULCOVÁ. Dynamika dusíku a fosforu v eutrofních rybnících. In: *Revitalizace Orlické nádrže 2009, sborník příspěvků*. Vysoká škola technická a ekonomická, České Budějovice, 2009, s. 118–125. ISBN 978-80-87278-29-1.

PRCHALOVÁ, M., T. MRKVIČKA, J. KUBEČKA, J. PETERKA, M. ČECH, M. MUŠKA, M. KRATOCHVÍL, M. VAŠEK. Fish activity as determined by gillnet catch: A comparison of two reservoirs of different turbidity. *Fisheries Research*. 2010, 102, 291–296. ISSN 0165-7836.

SCHMITT, Russell J., Sally J. HOLBROOK. Gape limitation, foraging tactics and prey size selectivity of two microcarnivorous species of fish. *Oecologia*. 1984, 63, 6–12. ISSN 0029-8549.

SCHEFFER, M., S. R. CARPENTER, J. A. FOLEY, C. FOLKE, B. H. WALKER. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*. 2001, 413, 591–596. ISSN 0028-0836.

VAN DE BUND, Wouter, Ellen VAN DONK E. Short-term and long-term effects of zooplanktivorous fish removal in a shallow lake: a synthesis of 15 years of data from Lake Zwemlust. *Freshwater Biology*. 2002, 47, 2380–2387. ISSN 1365-2427.

VEJŘÍK, L., I. VEJŘÍKOVÁ, L. KOČVARA, P. BLABOLIL, J. PETERKA, Z. SAJDLOVÁ, J. JŮZA, M. ŠMEJKAL, D. BATROŇ, J. KUBEČKA, M. ČECH. The pros and cons of the invasive fresh water apex predator, European catfish *Silurus glanis*, and powerful angling technique for its population control. *Journal of Environmental Management*. 2019, 241, 374–382. ISSN 0301-4797.

VEJŘÍK, L., I. VEJŘÍKOVÁ, P. BLABOLIL, J. PETERKA, M. ČECH. Catfish as a potential key species for biomanipulation purposes. In: JENKINS, Owen. *Advances in Animal Science and Zoology, Volume 13*. Nova Science Publishing, New York, 2019, s. 127–134. ISBN 978-1-53616-048-2.

VEJŘÍK, Lukáš. *Vyhodnocení intenzity pytláckého tlaku na vodárenské nádrži: modelový případ ÚN Žlutice* (závěrečná zpráva). Biologické Centrum AV ČR, v.v.i. Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 2022, 9 p.

VEJŘÍKOVÁ, I., L. VEJŘÍK, L. KOČVARA, J. LEPŠ, Z. SAJDLOVÁ, M. ČTVRTLÍKOVÁ, J. PETERKA. Impact of herbivory and competition on lake ecosystem structure: under water experimental manipulation. *Scientific Reports*. 2018, 8, 12130. ISSN 2045-2322.

WYSUJACK, Klaus, Thomas MEHNER. Comparison of losses of planktivorous fish by predation and seine-fishing in a lake undergoing long-term biomanipulation. *Freshwater Biology*. 2002, 47, 2425–2434. ISSN 1365-2427.

Internetové odkazy

VYMETAL, Vojtěch. Kdy se trou ryby [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.rybarske-navody.cz/2022/05/07/kdy-se-trou-ryby/> (dostupné 27. 2. 2023)

Zákon č. 258/2000 Sb. (v platném znění) o ochraně veřejného zdraví. Vyhláška č. 252/2004 Sb. pro pitnou vodu. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha: ©AION CS, 2004. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252> (dostupné 9. 3. 2023).