

Radovan Kopp, Matěj Orság, Marija Radojičić,
Miroslav Trnka, Michal Šorf, Jan Mareš

Udržitelná produkce ryb v podmínkách změn klimatu

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Udržitelná produkce ryb v podmínkách změn klimatu

Certifikovaná metodika R23/2022

Metodika je realizačním výstupem výzkumného projektu MZe ČR QK1810161 Udržitelná produkce ryb v rybnících v podmínkách klimatických změn.

Oponenti:

Ing. Jiří Janošík – odborník v daném oboru, Rybářství Hodonín s.r.o.

Ing. Petr Chalupa, Ph.D. – posudek za státní správu, MZe, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství, Těšnov 17, Praha 1, 117 05

Smlouva o uplatnění metodiky:

BioFish s.r.o. se sídlem Horní Paseky 40, Ledec nad Sázavou.

Osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky R23/2022 54196/2022-MZE-16232/Nmet CERTIFIKOVANÁ METODIKA ze dne 25. 10. 2022

Osvědčení vydalo:

Ministerstvo zemědělství, úsek lesního hospodářství, sekce lesního hospodářství, odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1

Podíl autorů:

Prof. Ing. Radovan Kopp, Ph.D.¹ (50%)

Ing. Matěj Orság, Ph.D.^{1,2} (15 %)

Marija Radojičić¹ (15%)

Prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D.^{1,2} (10 %)

RNDr. Michal Šorf, Ph.D.¹ (5 %)

Prof. Dr. Ing. Jan Mareš¹ (5 %)

Adresa autorského kolektivu:

¹ Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Oddělení rybářství a hydrobiologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno. www.rybarstvi.eu

² Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Oddělení dopadů změny klimatu na agrosystémy, Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

Mendelova univerzita v Brně



Publikace „Udržitelná produkce ryb v podmínkách změn klimatu“ podléhá licenci CC BY-NC-ND 4.0 – <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISBN 978-80-7509-849-8 (print)

OBSAH

1	Cíl metodiky	5
2	Popis metodiky	5
3	Základní fyzikálně-chemické faktory vodního prostředí	5
3.1	Teplota vody a vzduchu	6
3.1.1	Stanovení teploty vody a vzduchu	6
3.1.2	Stanovení teploty vody rybníků pomocí modelu	6
3.1.3	Stanovení teploty vody rybníků pomocí metod dálkového průzkumu	8
3.2	Obsah rozpuštěného kyslíku	11
3.2.1	Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě	16
3.3	Reakce vody pH	16
3.3.1	Stanovení hodnoty pH	16
3.4	Průhlednost vody	18
3.4.1	Stanovení průhlednosti vody	18
3.5	Fytoplankton	19
3.5.1	Stanovení chlorofylu-a	20
3.5.2	Orientační stanovení výskytu sinic	22
3.6	Zooplankton	27
3.6.1	Stanovení biovolume	27
3.6.2	Stanovení hmotnosti sušiny	29
3.7	Výpočet výparu z vodní hladiny	31
4	Srovnání novosti postupů	31
5	Popis uplatnění metodiky	31
6	Ekonomické aspekty	32
7	Poděkování	32
8	Seznam použité literatury	33
9	Seznam předcházejících publikací	33

1 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout chovatelům ryb informace o metodách monitoringu a hodnocení měnících se parametrů vodního prostředí, které mají významný vliv na produkci ryb v podmínkách probíhající klimatické změny. Nevhodné hospodářské zásahy a vstupy znečištění z povodí v uplynulých desetiletích způsobily enormní nárůst živin (především fosforu) v rybnících, kdy je rybniční ekosystém destabilizován masivním rozvojem fytoplanktonu (především sinic) spojený s velkým kolísáním koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě. Produkce ryb stagnuje i přes vysoký obsah dostupných nutrientů. Globální změna klimatu a s ní související stále rostoucí teplota vody vedou k urychlení a znásobení mikrobiálních procesů ve vodním prostředí, což negativně ovlivňuje rybářské hospodaření v rybnících a zvyšuje riziko úhynu ryb i dalších organizmů.

2 POPIS METODIKY

Historie produkce ryb v podmínkách ČR

Počátky rybničního hospodářství na území ČR lze datovat již do 11. století. Hlavní chovanou rybou byl od počátku kapr, z dravých ryb pak především štika. Roční produkce ryb se v tomto období pohybovala mezi 20 až 30 kg.ha⁻¹. Koncem 16. století existovalo na území ČR přibližně 180 tisíc hektarů rybníků, průměrný roční přírůstek se pohyboval mezi 20–40 kg.ha⁻¹ a celkový výlov ryb se odhaduje na 3–4 tisíce tun. V 18. století ubyla téměř polovina rybníků a celkový výlov poklesl na 1,5–2 tisíce tun. Na počátku 20. století byla produkce velmi rozdílná od 20 do 120 kg.ha⁻¹ v závislosti na způsobu hospodaření. Celkový výlov ryb se pohyboval kolem 2 tisíc tun.

V průběhu let mezi dvěma světovými válkami se chov začal stávat intenzivnějším a byl doprovázen vápněním, hnojením organickými hnojivy a příkrmováním. Celkový výlov tržních ryb se pohyboval kolem 3,3 tisíc tun při průměrné produkci 75 kg.ha⁻¹. Po 2. světové válce intenzifikace výroby ryb dále sílila, zvyšovaly se obsádky ryb, přistoupilo se k hnojení minerálními hnojivy (superfosfát, dusíkatá hnojiva). Později došlo k další intenzifikaci chovu ryb, díky zhuštěným a polykulturním obsádkám, introdukci býložravých ryb (amur a tolstolobici) a intenzivnímu krmení. Celková produkce ryb se z 5,4 tisíce tun v roce 1955 zvýšila na 12 tisíc tun v roce 1980. Přírůstek ryb se za stejné období zvýšil ze 136 kg.ha⁻¹ na 328 kg.ha⁻¹ (Urbánek, 2015).

Produkce tržních ryb na území ČR v roce 1990 činila 19,3 tisíce tun a v posledních letech kolísá kolem 20 tisíc tun. V současnosti (2020) činí produkce tržních ryb 20,4 tisíce tun. V posledních dvaceti letech se průměrný přírůstek ryb pohybuje kolem 410 až 430 kg.ha⁻¹ (Mořický a kol., 2020). V následujících letech právě z důvodu vlivu klimatické změny bude stále problematičtější chov ryb v přírodním prostředí a udržení stávající produkce tržních ryb.

3 ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ FAKTORY VODNÍHO PROSTŘEDÍ

Při chovu ryb je nezbytné monitorovat základní faktory prostředí, které charakterizují situaci na lokalitě a mohou predikovat vznik problematických situací z hlediska

chovu ryb. Nejde jen o faktory vodního prostředí, významné jsou i informace o meteorologické situaci v oblasti, která má vliv na fungování celého vodního ekosystému. Ne všechna data je nutné přímo fyzicky sledovat, především meteorologická data lze získat z nejbližších měřících stanic.

3.1 Teplota vody a vzduchu

Teplota patří mezi základní ukazatele charakterizující fungování ekosystému. Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu díky vysoké měrné kapacitě vody. Molekulový přenos tepla vodou je bezvýznamný, téměř veškerý přenos se uskutečňuje pohybem (prouděním). Rozhodující mechanickou silou podílející se na míchání vrstev vody je vítr. Přes poměrně úzké teplotní rozmezí přírodních vod (od 0 °C do asi 33 °C) významně ovlivňuje její chemickou a biochemickou reaktivitu.

Teplota vody je jedním z významných ukazatelů jakosti vody z hlediska života vodních organismů. Z hlediska chovu ryb je hlavní význam teploty vody v ovlivnění nasycení vody kyslíkem (vyšší teplota snižuje obsah kyslíku) a vlivu na míru toxicity amoniakálního dusíku (vyšší teplota zvyšuje podíl toxické formy amoniakálního dusíku). Optimální hodnoty teploty vody pro růst a vývoj kaprovitých ryb jsou 18–28 °C u lososovitých 8–18 °C (Svobodová a kol., 1987; Heteša a Kočková, 1997; Pitter, 2009, Kopp, 2015).

3.1.1 Stanovení teploty vody a vzduchu

Ke stanovení teploty vody i vzduchu lze použít běžné typy rtuťových, lihových nebo digitálních teploměrů. Při měření je nutno brát zřetel na dostatečné vytemperování teploměru na teplotu vzorku. Výsledky se udávají ve stupních Celsia °C po zaokrouhlení na 0,1 °C. Pro rybářské účely plně dostačují jednoduché typy rtuťových, lihových nebo digitálních teploměrů s dělením stupnice po 1 °C, které lze pořídit v cenových relacích od 100 Kč.

Teplotu vzduchu lze jednoduše získat i z blízkých meteostanic, které měří vybrané veličiny kontinuálně. Níže jsou uvedeny odkazy na meteostanice v ČR:

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/KW/Captor/index_ex.html

<https://www.meteo-pocasi.cz/maps/world/>

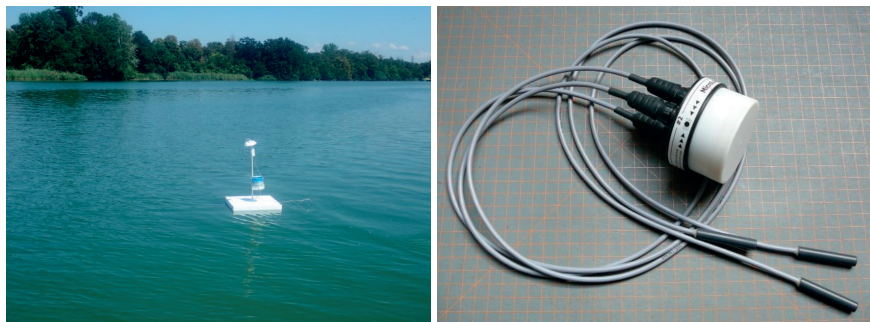
<https://mapy.in-pocasi.cz/>

<http://www.amet.cz/meteodupont.htm>

3.1.2 Stanovení teploty vody rybníků pomocí modelu

Pro monitoring a predikci teploty vody v rybnících byl vyvinut a otestován model, do kterého pro jednoduchost vstupuje jako jediná veličina pouze průměrná denní teplota vzduchu. Model je založen na předpokladu, že teplota povrchové vrstvy vody (hloubka 0,15 m) je lineárně závislá na klouzavém průměru teploty vzduchu, kterou kopíruje s jistým časovým zpožděním. Pro účely vývoje a testování modelu byla použita data teplot vody a vzduchu z devíti rybníků širokého rozpětí rozloh (3–300 ha) a nadmořských výšek (170–740 m. n. m.) v ČR. Měření bylo realizováno elektronickými odporovými čidly Microlog T3 (firma EMS Brno) s vlastním datalogerem (zařízením pro záznam naměřených hodnot). Celá sestava byla umístěna na ukotveném plováku.

Jedno čidlo měřilo teplotu v hloubce 0,15 m a druhé teplotu vzduchu v 0,5 m nad vodou (Obr. 1).



Obr. 1 Nainstalovaná měřící platforma (vlevo) a přístroj Microlog T3 se třemi odporovými teploměry, jež byl na platformě umístěn (vpravo).

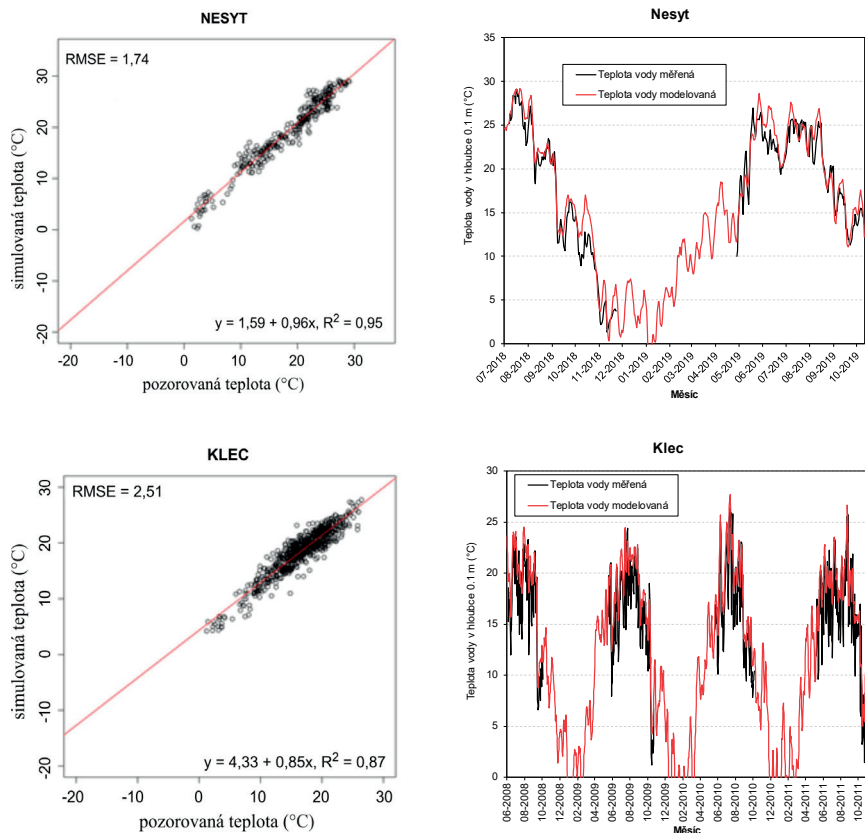
Pro vývoj a testování modelu byl použit statistický software R, který interaktivně hledal kombinaci parametrů, vedoucích k nejnižší odmocnině ze střední kvadratické chyby (RMSE). Model byl optimalizován pro nejvyšší přesnost v období od května do října, aby nejlépe vystihoval období s nejvyššími teplotami vody. Výsledek je ve formě lineárního vztahu:

$$y = 2,120 + 1,021 \cdot x$$

y = teplota vody v hloubce 0,15 m

x = klouzavý průměr průměrné teploty vzduchu za posledních pět dní, s časovým posunem (zpožděním) o dva dny. (Poznámka: data o teplotě vzduchu lze získat např. z databáze E-OBS, z ČHMÚ po podání žádosti, nebo odečíst z Windy.com)

Tato parametrizace vede k nejnižšímu RMSE 2,09 °C. Model lze využít pro simulaci teploty vody rybníků v různých nadmořských výškách ČR a také v různých časových obdobích (Obr. 2). Při využití dat teploty vzduchu dle scénářů RCP (reprezentativní směry vývoje koncentrací) lze modelovat i variabilitu teploty vody v budoucích podmínkách. (Poznámka: scénáře RCP prozatím nejsou pro veřejnost volně dostupné. Jde o trajektorie koncentrací skleníkových plynů, přijatých mezivládním panelem pro změnu klimatu [IPCC], k modelování změn klimatu)



Obr. 2 Ukázka shody měřené a modelované teploty vody v hloubce 0,15 m na rybnících Nesyt a Klec.

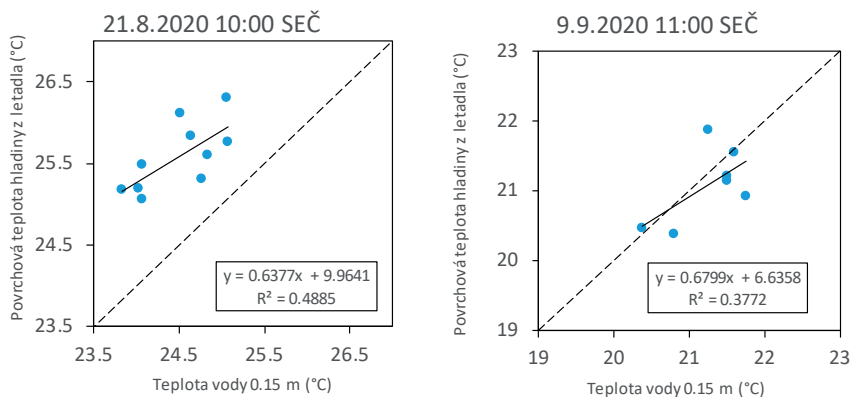
3.1.3 Stanovení teploty vody rybníků pomocí metod dálkového průzkumu

Tento přístup byl testován v průběhu léta 2020 nad osmi jihomoravskými rybníky. Proběhly tři letecké měřicí kampaně (27. července, 21. srpna a 9. září), kdy byla senzorem TASI, umístěným na letadle Cessna 208 Caravan, nasnímána povrchová teplota vody ve všech rybnících a to během jedné hodiny. Díky tomu bylo možné získat kromě absolutních hodnot teplot vody také její prostorovou variabilitu na ploše rybníku. Dva termíny přeletů se časově překrývají s obdobím měření in situ, takže bylo možné provést srovnání obou metod měření.

Z výsledků porovnání teplot hladin získaných z přeletů, s teplotami vody v hloubce 0,15 m získaných z měřících platform, je jasně patrný vztah, který je předpokladem pro budoucí využití leteckého měření ke stanovení teplot hladin vodních ploch. Je ale

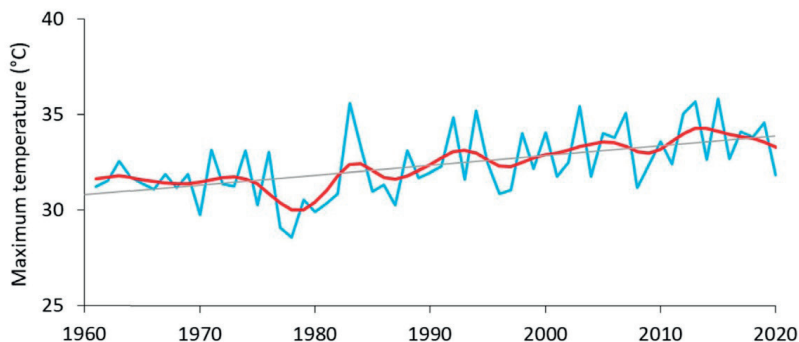
třeba mít na zřeteli, že teplota povrchu hladiny a teplota v hloubce 0,15 m nejsou zcela identické a volně srovnatelné proměnné a obě jsou ovlivněny dalšími faktory, jako je rychlost toku tepla z povrchu hladiny do hloubky, promíchávání vodního sloupce větrem, úhel osvitlu Sluncem, apod. Z leteckého měření lze aktuálně získat pouze teplotu povrchu; oproti tomu v případě monitoringu in situ je měření povrchové teploty vody pomocí teploměrů téměř neuskutečnitelné, vzhledem k neustálému pohybu hladiny, ať už kvůli vlnám (až 1 m, dle rychlosti větru), anebo kvůli manipulacím s hladinou ze strany správce rybníku. Z dat získaných během prvního přeletu 21. srpna mezi 9–10 h vyplývá, že povrchová teplota nasnímaná z letadla je oproti teplotě vody v hloubce 15 cm vyšší, průměrně o 1,1 °C (minimální rozdíl 0,5 °C, maximální 1,6 °C), (Obr. 3). Tento výsledek se opírá o data ze všech 10 měřících platform na ploše osmi rybníků. Lze konstatovat lineární vztah obou proměnných ($R^2 = 0,49$), avšak mírně posunutý od ideální linie 1:1. Může to být dáno časovým zpožděním toku tepla mezi hladinou a hloubkou 15 cm po ránu, kdy hladina se prohřívá rychleji, než hlubší vrstvy vody.

Druhý přelet, uskutečněný 9. září mezi 11–12 h, ukázal, že povrchová teplota rybníků měřená senzorem TASI z letadla, je průměrně o 0,2 °C nižší, než teplota v 15 cm pod hladinou, měřená in situ (minimální rozdíl -0,8 °C, maximální 0,6 °C; Obr. 3). Pro toto srovnání bylo možné použít sedm měřících platform, jelikož tři platformy se začátkem září v důsledku větru a vyšších vln převrátily a data z nich nebylo možné do srovnání zahrnout. Rozptýlení bodů kolem linie 1:1 je vyšší ($R^2 = 0,38$), avšak absolutní rozdíly jsou ve srovnání s přeletem 21. srpna nižší. Určitou roli mohl hrát fakt, že nálet proběhl mezi 11 a 12 h, kdy sluneční záření mělo od rozbřesku více času k prohřátí vody až do hloubky 0,15 m.

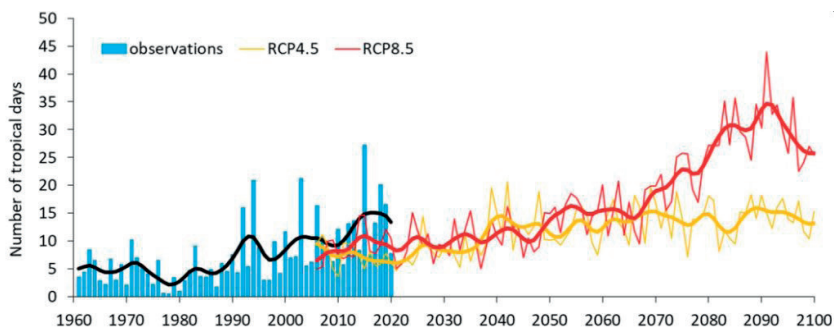


Obr. 3 Srovnání teplot hladin získaných z přeletu 21. srpna a 9. září, s teplotami vody v hloubce 0,15 m, získaných z měřících platform in situ. Každý bod grafu reprezentuje jednu měřící platformu na konkrétním rybníce.

Vzhledem k příčinné souvislosti mezi teplotou vzduchu a vody lze teplotu vody v budoucích podmínkách odhadnout např. pomocí trendů ve vývoji maximálních teplot vzduchu, nebo počtu tropických dní (Obr 4, 5).



Obr. 4 Průměrné roční absolutní teplotní maxima pro ČR (modrá křivka), vyhlazená Gaussovým filtrem (červená křivka) doplněná lineárním trendem (šedá čára) vykazují statisticky významný rostoucí trend $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 10 let (převzato z publikace Zahradníček a kol., 2022).



Obr. 5 Vývoj počtu tropických dní (maximální denní teplota vzduchu překročí $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) od roku 1960 po současnost ČR, s výhledem na budoucí podmínky (převzato z publikace Zahradníček et al. 2022).

K přiblížení vývoje teploty vody v následujících letech byl vybrán scénář RCP 4.5, který je realistickým odhadem vývoje a sada 7 reprezentativních klimatických modelů, které zachycují míru nejistoty panující v klimatických odhadech. Pro zjednodušení a přehlednost grafů je vyobrazena jen průměrná a maximální hodnota ze všech modelů. Jako prahové hodnoty byly vybrány teploty $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obrázky 6 až 9 tak zobrazují počet dnů v roce s teplotou vody rovnající se nebo překračující nastavenou prahovou hodnotu na vybraných rybnících ČR. Poloha rybníků a jejich výměra je uvedena v tabulce č. 1.

Tab. 1 Vybrané rybníky, pro které byly vytvořeny teplotní modely.

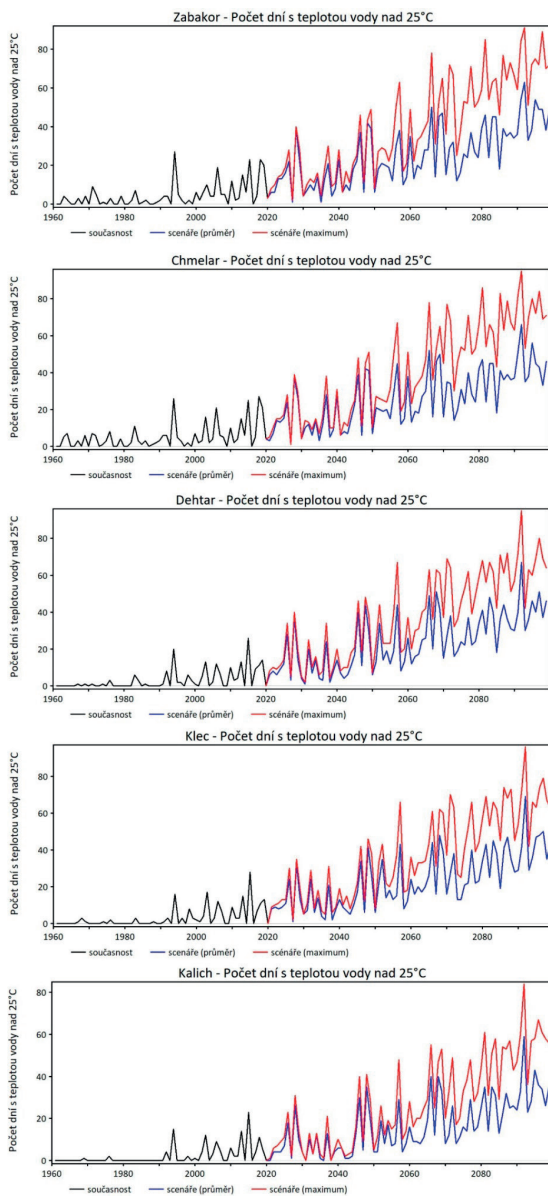
Rybník	Výměra (ha)	Nadmořská výška	GPS
Dehtář	246	404	49.0070658N, 14.2976414E
Dvorský	29,9	163	48.8552239N, 17.0721272E
Chmelař	66,6	242	50.5886178N, 14.3302142E
Kalich	10,6	538	49.2935139N, 15.0636506E
Klec	55,4	418	49.0940044N, 14.7649036E
Nesyt	289	172	48.7776392N, 16.7379497E
Novoveský	174	178	48.9376797N, 16.5184492E
Ráček	0,23	590	49.6689050N, 16.3319144E
Žabakor	50	223	50.5481894N, 15.0481153E

3.2 Obsah rozpuštěného kyslíku

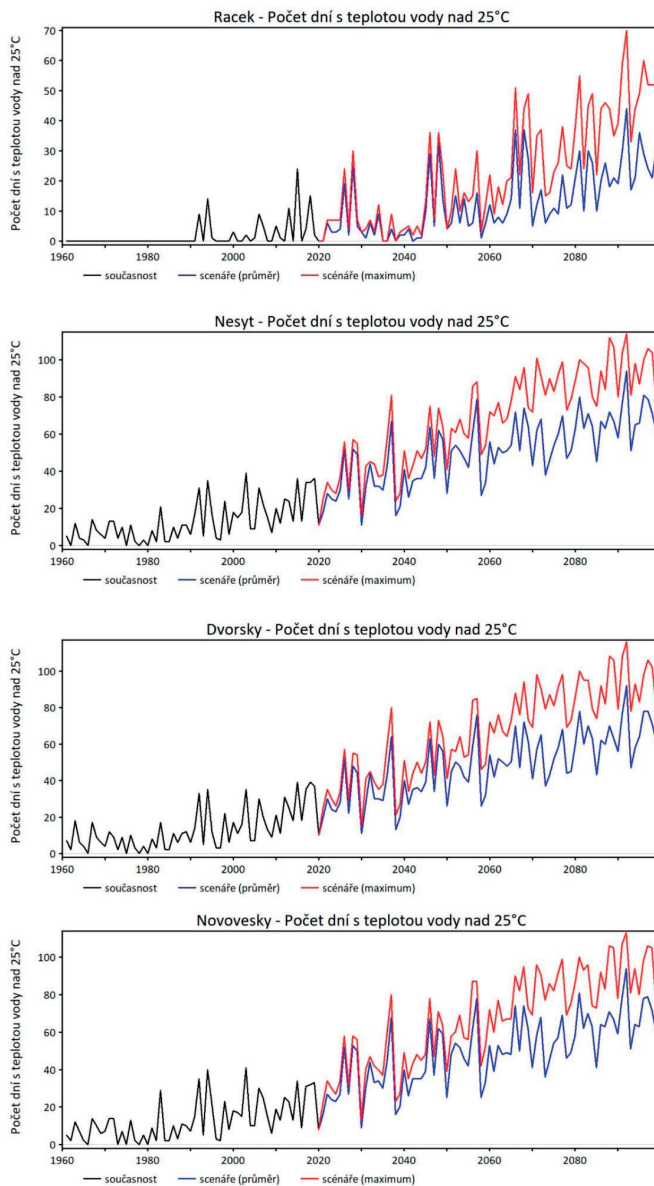
Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů a často proto bývá limitujícím faktorem pro život ryb. Pro kapra obecného je optimální obsah kyslíku během vegetačního období nad $6,5 \text{ mg.l}^{-1}$, obsah kyslíku $1,5\text{--}2,0 \text{ mg.l}^{-1}$ je již dlouhodoběji nepřijatelný. Spotřeba kyslíku rybami významně závisí na aktuálním fyziologickém stavu ryby. Stres nebo intenzivní metabolismus (po nakrmení) zvyšuje spotřebu kyslíku rybami 2–4 krát (Svobodová a kol., 1987; Palíková a kol., 2019).

Kyslík se dostává se do vody jednak difúzí z atmosféry, jednak při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin, sinic a řas. Nedostatek kyslíku zvyšuje škodlivost toxických látek na ryby, snižuje příjem potravy a tím ovlivňuje i kvalitu rybího masa jako potraviny. Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na atmosférickém tlaku, koncentraci rozpuštěných látek, a především na teplotě vody (Pitter, 2015; Kopp, 2015).

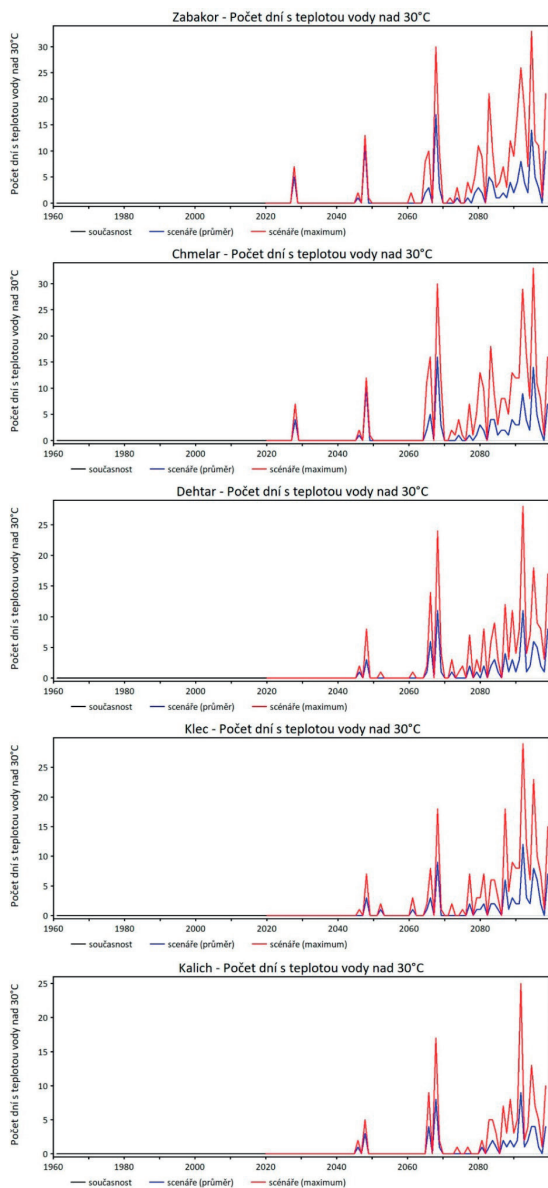
V povrchových vodách kolísá koncentrace kyslíku podle toho, zda jde o tok nebo nádrž či jezero a dále v závislosti na obsahu organických látek. Obsah kyslíku ve stojatých vodách je závislý především na fotosyntetické činnosti rostlin a dýchání všech organizmů. Čím je voda na organizmy bohatší, tím výraznější je kolísání obsahu kyslíku během 24 hodin i rozdíly v jednotlivých hloubkách. Zatímco povrchové vrstvy bývají přes den kyslíkem výrazně přesyceny v důsledku asimilační činnosti fytoplanktonu (naopak nízké koncentrace kyslíku v brzkých ranních hodinách) v hlubších vrstvách bývá kyslíku nedostatek, protože je tu málo světla, větší množství organické hmoty podléhající oxidaci a vysoká abundance drobných organizmů (nálevníci, bičíkovci, bakterie), kteří kyslík spotřebovávají. Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. v platném znění specifikuje hodnoty jakosti vod vhodných pro život ryb u rozpuštěného kyslíku pro vody kaprové nad $8,0 \text{ mg.l}^{-1}$ (přípustná hodnota nad $7,0 \text{ mg.l}^{-1}$) a pro vody lososové nad $9,0 \text{ mg.l}^{-1}$. V případě poklesu kyslíku pod $6,0 \text{ mg.l}^{-1}$, je nutno zkoumat zda tato situace nebude mít škodlivé důsledky na rybí populaci. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. uvádí obecný požadavek přípustné hodnoty znečištění povrchových vod pro všechny typy vod, kdy hodnota nasycení vody kyslíkem by neměla klesat pod $9,0 \text{ mg.l}^{-1}$.



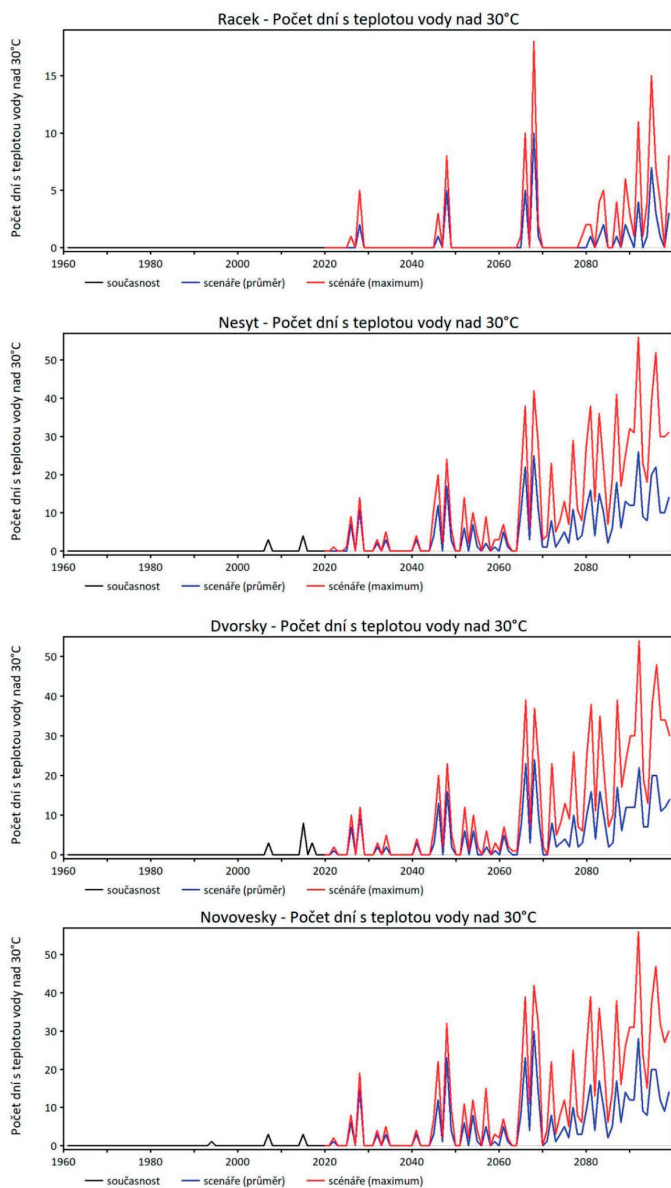
Obr. 6 Počet dnů v roce s teplotou vody rovnající se nebo překračující hodnotu 25 °C na vybraných rybnících v časovém rozmezí 1960 až 2100.



Obr. 7 Počet dnů v roce s teplotou vody rovnající se nebo překračující hodnotu 25 °C na vybraných rybnících v časovém rozmezí 1960 až 2100.



Obr. 8 Počet dnů v roce s teplotou vody rovnající se nebo překračující hodnotu 30 °C na vybraných rybnících v časovém rozmezí 1960 až 2100.



Obr. 9 Počet dnů v roce s teplotou vody rovnající se nebo překračující hodnotu 30 °C na vybraných rybnících v časovém rozmezí 1960 až 2100.

3.2.1 Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě

Kyslík je nutno stanovit nebo alespoň fixovat na místě odběru vzorku. V současnosti je nejběžnějším způsobem stanovení obsahu rozpuštěného kyslíku využití automatických analyzátorů se sondami založenými na elektrochemickém nebo optickém principu měření. Cena oximetrů se pohybuje v rozmezí od několika tisíc až po několik desítek tisíc korun (Kopp a kol., 2014).

K orientačnímu stanovení rozpuštěného kyslíku se stále užívá i klasická jodometrická (Winklerova) metoda využívající reakce rozpuštěného kyslíku v alkalickém prostředí s hydroxidem manganatým za vzniku hnědě zbarvené sraženiny vícemocných sloučenin manganu. Intenzita hnědého zbarvení sraženiny indikuje množství kyslíku.

Odebereme zkoumaný vzorek vody do skleněné (průhledné plastové) lahvičky tak, abychom zamezili kontaktu se vzdušným kyslíkem. K odebranému vzorku pak přidáme 1 ml (25 kapek) činidla č. 1 (síran manganatý) a 1 ml (25 kapek) činidla č. 2 (hydroxid sodný s jodidem draselným). Vzorek se dobře promíchá a vzniklá sraženina se porovná s barevnou škálou (Obr. č. 10) dle které lze přibližně určit koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Činidla:

- (1) *Síran manganatý*, srážecí roztok: 48 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ nebo 42,5 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ se rozpustí v destilované vodě a doplní na 100 ml.
- (2) *Hydroxid s KI*, srážecí roztok: 40 g NaOH nebo 57 g KOH se rozpustí spolu s 31,5 g KI v destilované vodě a doplní na 100 ml.

Pro běžný monitoring obsahu rozpuštěného kyslíku při chovu ryb v provozních podmínkách toto orientační stanovení na základě intenzity vybarvení vzniklé sraženiny dostačuje. Cena jednoho stanovení se pohybuje kolem 3,00 Kč.

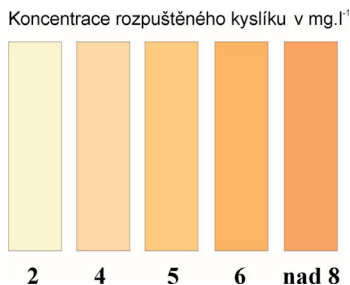
3.3 Reakce vody pH

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách a proto je stanovení hodnoty pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody. Hodnota pH kolísá v přírodních vodách v poměrně širokém rozmezí a může výrazně ovlivňovat život vodních organismů i využití vody pro pitné účely. Příliš nízké nebo vysoké pH zvyšuje toxicitu řady látek, což může být i příčinou úhynu ryb (Pitter, 2015; Kopp, 2015).

Reakce vody se v průběhu dne značně mění především v silně eutrofních rybnících díky intenzivní fotosyntéze. Nejnižší hodnoty pH tak zaznamenáme v brzkých ranních hodinách, naopak v pozdním odpolední je reakce vody silně zásaditá a může dosahovat i vysokých hodnot pH (vyšší než 10). Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. i č. 71/2003 Sb. uvádí stejné přípustné hodnoty znečištění povrchových vod pro vody lososové i kaprové v rozpětí pH 6–9.

3.3.1 Stanovení hodnoty pH

Hodnota pH se určuje jednak kolorimetricky, jednak potenciometricky. Kolorimetrické stanovení patří mezi rychlé, ale méně přesné stanovení. Ke vzorku vody se přidá univerzální indikátor (množství vzorku i indikátoru dle pokynů výrobce) a srovná se



Obr. 10 Barevná škála pro stanovení přibližné koncentrace rozpuštěného kyslíku (mg.l-1) na základě zbarvení sraženiny vícemocných sloučenin manganu

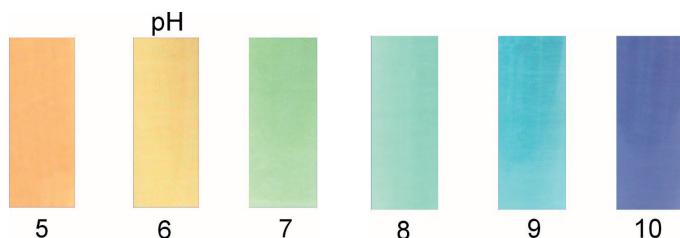
vzniklé zbarvení nejčastěji s papírovou barevnou škálou. Přesnost stanovení pH je cca $\pm 0,5$.

K přesnému stanovení pH slouží potenciometrické stanovení, pro které se jako měrná elektroda nejvíce osvědčuje skleněná elektroda a jako referenční elektroda kalomelová nebo argentchloridová. Správný chod pH-metrů je nutno kontrolovat standardními tlumivými roztoky o známé hodnotě pH.

V praxi se často využívají multimetry, jejichž součástí je mimo měření hodnoty pH, sledována i teplota vody a její konduktivita. Cena těchto přístrojů začíná přibližně na 1000 Kč. pH sonda postupně stárne a je potřeba počítat s obměnou vlastní sondy v intervalu cca 2 roky.

Pro běžný monitoring hodnoty pH v chovech ryb v provozních podmínkách je plně dostačující orientační stanovení pomocí směsného indikátoru. Cena jednoho stanovení je zanedbatelná a pohybuje kolem pár haléřů. Do ceny analýzy není započtena skleněná zkumavka, kdy lze použít jakoukoli zkumavku z čírého skla o dostatečném objemu.

Odebereme 10 ml zkoumaného vzorku vody do skleněné zkumavky. Přidáme 5 kapek činidla č. 1 (směsný indikátor). Vzorek se dobře promíchá a nechá stát alespoň 1 minutu. Vzniklé zbarvení porovnáme s příloženou barevnou škálou (Obr. č. 11) a určíme přibližnou koncentraci pH. Zbarvení je stále minimálně po dobu 12 hodin.



Obr. 11 Barevná škála pro stanovení přibližné koncentrace pH při použití směsného indikátoru

Činidla:

- (1) *směsný indikátor*: Níže uvedené indikátory se po navážení rozpustí v methanolu (CH₃OH) a doplní do 1 litru. Správné zelené barvy indikátoru se docílí velmi opatrným přidáváním hydroxidu sodného 4g NaOH rozpuštěného ve 100 ml ethanolu (C₂H₅OH) za tepla. Docílení správného zabarvení směsného indikátoru nelze uspěchat, je nutno zachovat trpělivost, dobarvení může trvat i delší dobu.

Indikátor – fenolftalein: 0,2720 g

Indikátor – orthokresolftalein: 0,2290 g

Indikátor – bromthymolová modř: 0,7640 g

Indikátor – methylčerveně: 0,1682 g

Indikátor – methyloranž: 0,0644 g

3.4 Průhlednost vody

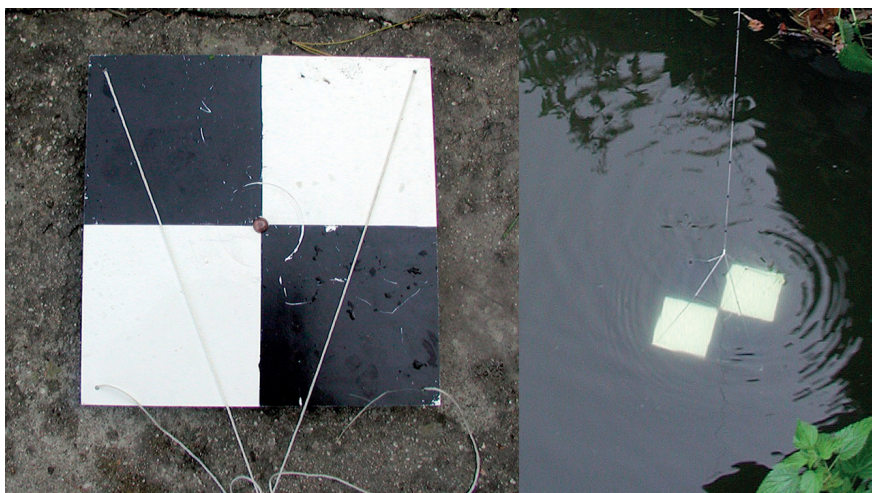
Průhlednost vody závisí především na barvě vody a zákalu (množství suspendovaných látek). Zákal vody se může i v krátkých intervalech značně změnit (např. po přívalových deštích), často jsou zákaly způsobené zvýšeným rozvojem planktonních organizmů. Průhlednost vody je rovněž ovlivněna rozdílnou absorpcí světla různými barevnými látkami rozpuštěnými nebo rozptýlenými ve vodě. Rozlišení biogenního a nebiogenního zákalu je pro rybářskou praxi velmi důležité, protože biogenní zákal nepřímo informuje o intenzitě primární produkce planktonu, kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku a pH, i o dostatku biogenů v rybníce. Průhlednost vody určuje sílu eufotické vrstvy, tj. vrstvy vody, v níž probíhá fotosyntetická asimilace (Kopp, 2015).

Průhlednost vody různých nádrží a toků je značně rozdílná a v platné legislativě není u přírodních vod nijak limitována. V nádržích chudých na živiny a s malou produkcí organické hmoty (např. vysokohorská jezera) může dosahovat i několika metrů. V rybnících se zvýšeným obsahem živin zajišťujících vysokou produkci kolísá průhlednost většinou v řádech desítek centimetrů. Hypertrofní nádrže s masovým výskytem planktonních sinic mohou mít průhlednost vody i nulovou. V zimě bývá průhlednost větší než v létě, kdy je ovlivňována především intenzitou rozvoje planktonu.

3.4.1 Stanovení průhlednosti vody

Průhlednost vody se u povrchových vod stanovuje téměř výhradně pomocí Secchiho desky (Obr. č. 12). Kruhová nebo čtvercová deska, zatížená tak, aby se rovnoměrně ponořovala, o průměru cca 20 až 30 cm, rozdělená na čtyři kvadranty, které jsou střídavě černé a bílé, se ponořuje pod hladinu a odečte se hloubka, při níž přestane být vidět rozdíl mezi černým a bílým kvadrantem. Měření by se mělo provádět ve stínu, ne na přímém slunci. Doporučujeme měření několikrát zopakovat a hloubku zjišťovat jak při pohybu desky shora dolů, tak při pohybu zdola nahoru. Výsledky měření se udávají v cm.

Secchiho deska se dá vyrobit svépomocí, cena komerčně dodávaných Secchiho desek se pohybuje od 250 Kč výše.

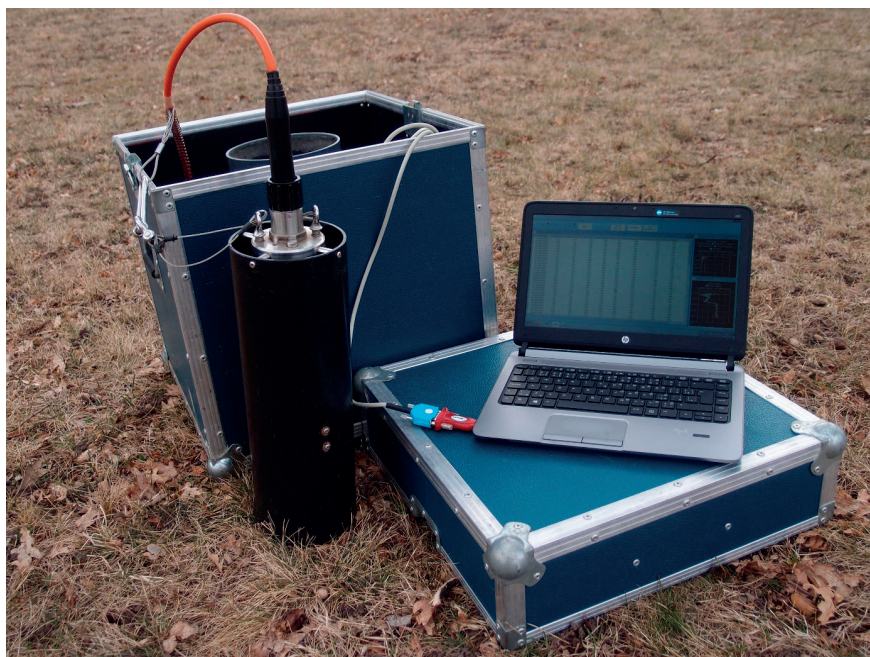


Obr. 12 Secchiho deska sloužící ke stanovení průhlednosti (vlevo detail, vpravo při měření)

3.5 Fytoplankton

Jde o společenstvo sinic a řas, bičíkovců i nepohyblivých organismů obývajících volnou vodu rybníků. Planktonní druhy sinic a řas dosahují velikosti od 1 do cca 500 μm , v případě, že tvoří kolonie, mohou dosahovat i makroskopických rozměrů. Fytoplankton rybníků se v mírném pásu vyznačuje výraznou sezónní dynamikou. Jarní fytoplankton je převážně tvořen rozsivkami, zlativkami, skrytěnkami a zelenými řasami. V období nejteplejších měsíců v roce dominují na rybnících převážně sinice nebo zelené řasy, které se často udrží až do podzimních výlovů rybníků. Díky vysoké trofií rybníků je celková biomasa sinic a řas vysoká a může výrazně rozkolísat některé fyzikálně-chemické parametry vody.

Z pohledu chovu ryb není stěžejně důležité znát druhové spektrum fytoplanktonu, ale spíše celkovou biomasu a podíl sinic, především vláknitých druhů, které jsou z hlediska možného výskytu kyslíkových deficitů na rybnících nejproblematičtější skupinou. Kvantitu fytoplanktonu lze vyjádřit abundancí (hustotou organismů, resp. jejich početností), objemovou biomasou (tzv. biovolume), hmotností sušiny, koncentrací chlorofylu anebo obsahem organického uhlíku. Většina těchto metod vyžaduje kvalifikovanou osobu a laboratorní vybavení. Koncentraci chlorofylu-a lze z hlediska rybářského hospodaření považovat za nejvhodnější vyjádření celkové biomasy fytoplanktonu. Hodnotu chlorofylu-a si lze nechat stanovit v laboratořích zabývajících se analytikou vod. Cena analýzy jednoho vzorku se pohybuje cca od 70 do 350 Kč. Chlorofyl popř. i další pigmenty sinic a řas lze stanovit přímo na lokalitě pomocí speciálních fluorescenčních sond (obr. 13). Cena těchto sond je ale velmi vysoká.



Obr. 13 Ukázka fluorescenční sondy (Foto P. Rychtecký)

3.5.1 Stanovení chlorofylu-a

Podstatou stanovení je extrakce chlorofylu horkým ethanolem a stanovení jeho koncentrace pomocí spektrofotometru. Pomocí filtračního zařízení (Obr. 14) se zfiltruje požadovaný objem vzorku volné vody odebrané z rybníka (0,1–2 litry v závislosti na množství sinic a řas), přes filtr ze skleněné vlákniny (průměr pórů 0,45–1,0 μm). Filtr (Obr. 15) se pár minut vysuší na filtračním papíru (není povoleno dotýkat se filtrů prsty) a přelije se horkým ethanolem. Po extrakci (min. 5 minut) se filtr homogenizuje (pomocí skleněné tyčinky) a nechá extrahovat (několik hodin, nejlépe v ledničce). Po extrakci se směs opět filtruje za stejných podmínek jako poprvé, zpracovává se ale filtrát doplněný ethanolem na požadovaný objem (25–100 ml). Filtrát se poměruje na spektrofotometru při vlnových délkách 665 a 750 nm. Po změření je filtrát okyselen několika kapkami HCl (3 M) a cca po 5 minutách se opět měří na spektrofotometru při vlnových délkách 665 a 750 nm.

Výpočet:

$$c(\mu\text{g/l}) = 26,7 \cdot [(A_o - A_p) - (A_{o,ac} - A_{p,ac})] \cdot v / (V \cdot d)$$

A_o absorbance při 665 nm

A_p absorbance při 750 nm

A_{o,ac} absorbance při 665 nm po okyselení HCl

A_{p,ac} absorbance při 750 nm po okyselení HCl

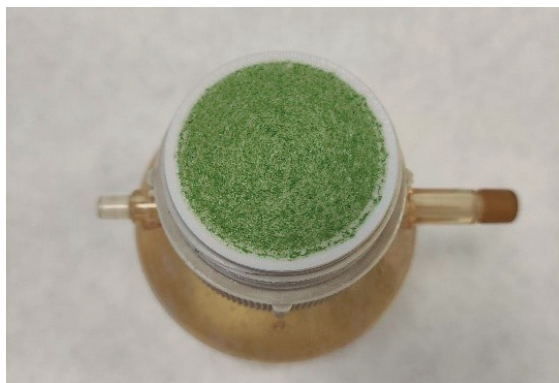
v objem extraktu (ml)

V objem přefiltrované vody (l)

d délka květy (cm)



Obr. 14 Filtrační zařízení ke stanovení chlorofylu a



Obr. 15 Filtr s přefiltrovanou biomasou sinic

3.5.2 Orientační stanovení výskytu sinic

K přesné identifikaci taxonomického složení fytoplanktonu v rybníce včetně odběru vzorku lze využít komerční laboratoře, cena těchto analýz je ale vysoká a přesahuje 1 000 Kč za vzorek. Orientační stanovení přítomnosti sinic lze provést relativně levně za využití planktonní sítky a mikroskopu. Vzorek fytoplanktonu z rybníka se odebere nejlépe pomocí vrhací planktonní sítky (Obr. 16). Doporučená velikost ok je 20 μm , hustší sítko se rychle ucpává a sítkou s většími oky může část sinic uniknout. Pro orientační stanovení podílu sinic není třeba stanovovat délku tahu sítkou, množství přefiltrované vody se řídí aktuální biomasou sinic a řas v rybníce tak, aby bylo odebráno dostatečné množství biomasy k mikroskopickému rozboru. Stačí cca 10–30 ml sítkou zahuštěného vzorku. V případě výskytu hustého vodního květu sinic lze odebrat vzorek jen volné vody bez využití sítky. V ideálním případě je vzorek zpracováván v živém (nativním) stavu, pokud nelze vzorek analyzovat ihned po odběru, lze ho krátkodobě (do 24 hodin po odběru) uchovávat v ledničce. V jiném případě je nutné vzorek fixovat



Obr. 16 Vlevo odběr vzorku pomocí vrhací planktonní sítky, vpravo vzorek odebraného fytoplanktonu s dominancí sinic (plavou u hladiny) ve vzorkovnici

pomocí formaldehydu (stačí několik kapek koncentrovaného formaldehydu (36–38%) na výslednou koncentraci kolem 2%).

Kapka zahuštěného vzorku se pak umístí na podložní sklíčko a překryje se druhým podložním sklíčkem tak, aby nevznikaly zbytečné vzduchové bubliny. Ke zjištění přítomnosti sinic a odhadu jejich podílu se využije mikroskop. Cena mikroskopu může být značná. K orientačnímu stanovení ale lze využít i mikroskopy v cenových relacích od cca 300 Kč ideálně s možností pořízení fotodokumentace (Obr. 17). K pořízení co nejkvalitnějších fotografií je vhodné mít vzorek na sklíčko s minimem vody a mikroskop co nejlépe zafixovat proti pohybu. Jako podložka pod sklíčko se osvědčily tmavší materiály bez zjevné vlastní struktury, která by rušila pozorování (Obr. 18). Levné mikroskopy se přiloží přímo na podložní sklo. K rozpoznání sinic od řas a anorganického materiálu je potřeba určitá zkušenost, vhodné je alespoň z počátku pořízení fotodokumentace a zaslání fotek specialistovi k potvrzení identifikace. Na obrázku 19 jsou uvedeny mikrosnímky sinic z rybníků za použití levného mikroskopu. Na obrázcích 20 a 21 jsou pro porovnání ukázány mikrosnímky sinic pořízené pomocí kvalitní mikroskopické techniky a na obrázku 22 jsou ukázány fotografie řas s možností záměny za sinice. Na obrázku 23 jsou ukázány snímky fytoplanktonu rybníků s převahou zelených řas, jejichž dominantní výskyt eliminuje riziko vzniku kyslíkového deficitu.

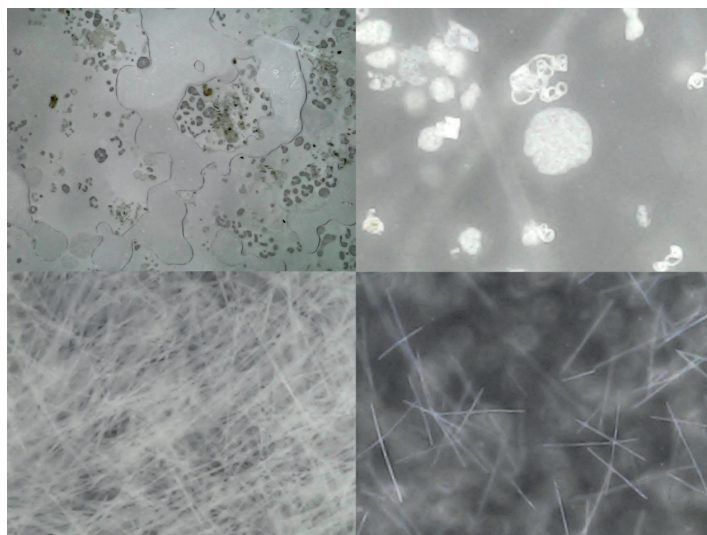
Z hlediska stability rybníčního ekosystému je ve struktuře fytoplanktonního společenstva důležitá druhová pestrost řas a nízký podíl planktonních sinic. S rostoucím podílem sinic (především vláknitých druhů) a snižujícím se počtem vyskytujících se druhů roste nebezpečí výskytu kyslíkových deficitů. Odhad počtu buněk sinic provedeme srovnáním s počtem buněk řas a vyjádřením podílu v procentech.



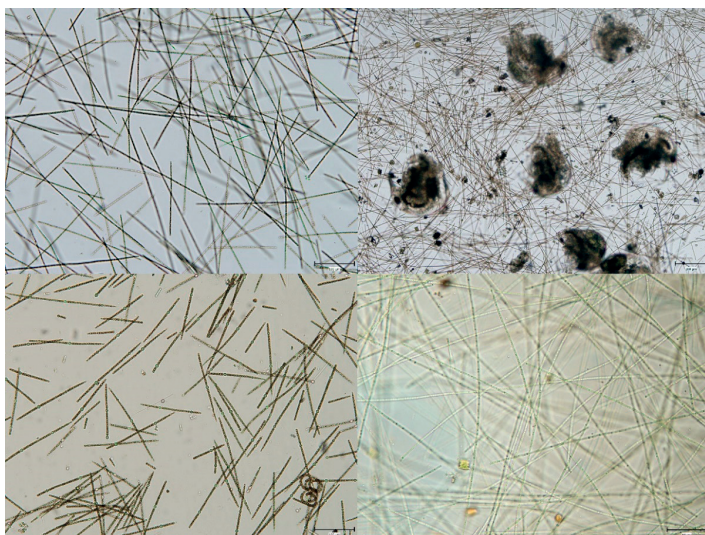
Obr. 17 Levné typy mikroskopů (cenová relace do 500 Kč)



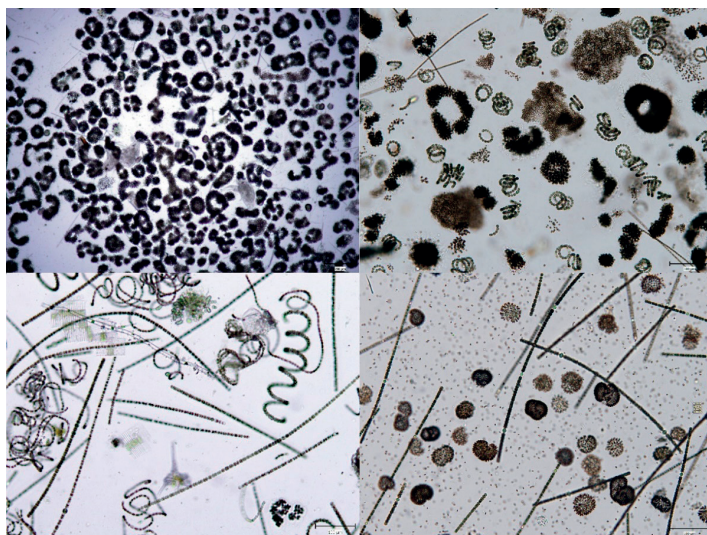
Obr. 18 Použití mikroskopu, vzorek mezi dvěma sklíčky, tmavá podložka



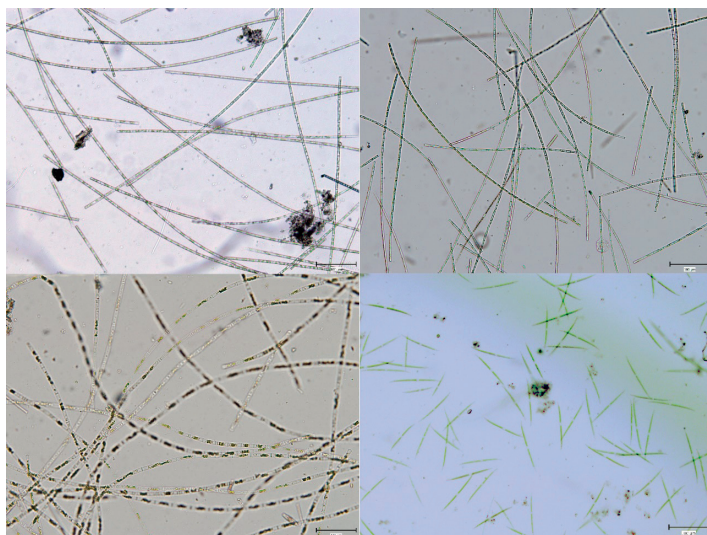
Obr. 19 Mikrosnímky sinic z levného mikroskopu bez úprav. Vlevo nahoře vysychající vzorek kokálních sinic rodu *Microcystis*, vpravo nahoře směs sinic rodu *Microcystis* a vláknitých sinic rodu *Dolichospermum*. Snímky dole vláknitá sinice rodu *Planktothrix*.



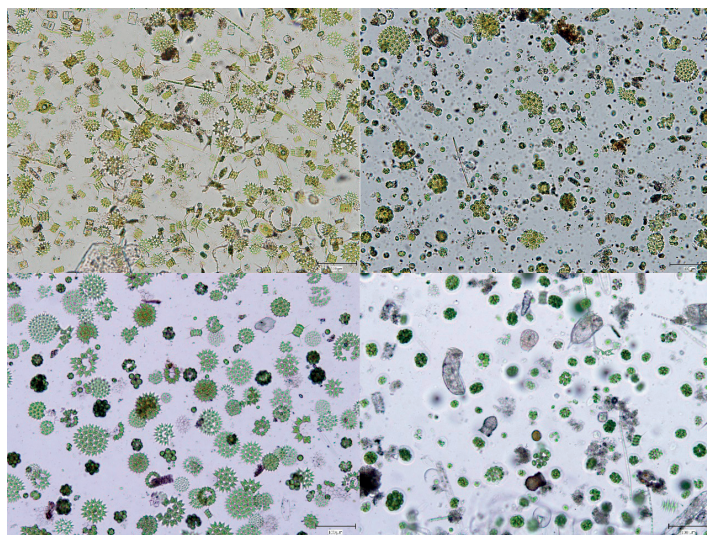
Obr. 20 Mikrosnímky vláknitých sinic z kvalitního mikroskopu. Snímky nahoře rod *Planktothrix*, vpravo s příměsí drobného zooplanktonu. Snímek vlevo dole vláknitá sinice rodu *Sphaerospermopsis*, vpravo dole vláknitá sinice rodu *Limnothrix*.



Obr. 21 Mikrosnímky sinic z kvalitního mikroskopu. Vlevo nahoře kokální sinice rodu *Microcystis*, vpravo nahoře směs sinic rodu *Microcystis* a vláknitých sinic rodu *Dolichospermum*. Snímek vlevo dole rovná i zkroucená vlákna sinic rodu *Dolichospermum*, vpravo dole vláknitá sinice rodu *Dolichospermum* a kokální rodu *Woronichinia*.



Obr. 22 Mikrosnímky řas z kvalitního mikroskopu. Snímky nahoře vláknitá rozsivka rodu *Aulacoseira*, snímek vlevo dole vláknitá zelená řasa rodu *Mougeotia*, snímek vpravo dole jednobuněčná zelená řasa rodu *Closterium*.



Obr. 23 Mikrosnímky směsi převážně zelených druhů řas z kvalitního mikroskopu.

3.6 Zooplankton

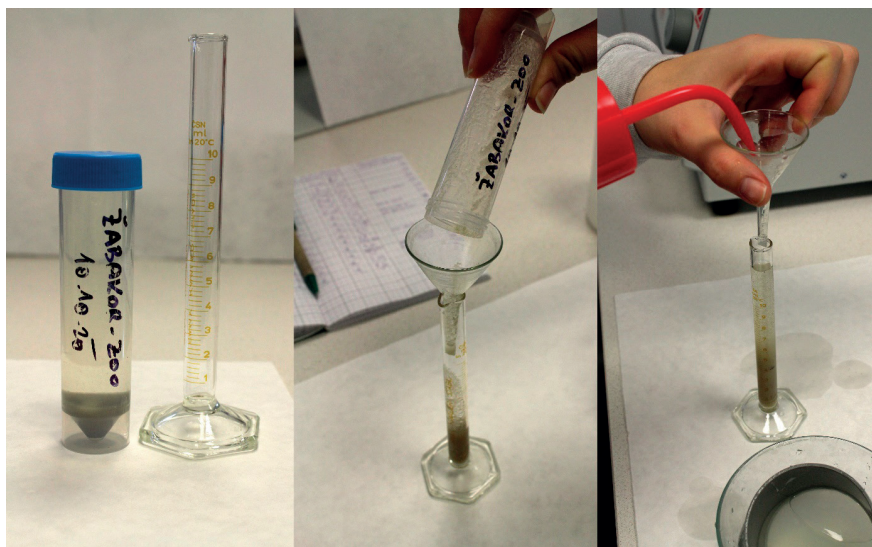
Zooplankton je společenstvo zahrnující celou škálu organismů, od prvoků k mnohobuněčným organismům. Zooplankton je důležitou skupinou organismů pro sledování stavu stojatých vod. Je v nich trvale přítomný, je relativně snadno a levně vzorkovatelný a jeho analýzou je možno získat mnoho informací, které vypovídají u každé nádrže o řadě vlastností s různě rychlou dynamikou změn. Složení zooplanktonu může vypovídat o některých fyzikálně chemických vlastnostech vody a velikosti rybí obsádky (Příkryl, 2006). Rybníční zooplankton je nejčastěji tvořen zástupci ze skupin perlooček (Cladocera), klanonožců (Copepoda) a vířníků (Rotatoria). Významným určujícím faktorem rozhodujícím o velikostní a druhovém složení zooplanktonu je výše rybí obsádky. S rostoucí výší obsádky zooplanktonogágních ryb (kapr a dalších kaprovitých ryb) se většinou snižuje velikostní struktura zooplanktonu, snižuje se podíl perlooček a roste biomasa vířníků.

Kvantitu zooplanktonu lze vyjádřit abundancí (počtem), objemem (biovolume), hmotností sušiny, obsahem organického uhlíku, dusíku nebo bílkovin. Většina těchto metod vyžaduje kvalifikovanou osobu, odběrové a laboratorní vybavení. Vlastní odběr vzorku je prováděn pomocí planktonní sítky (s různou velikostí ok od 40 do 250 μm), planktonní trubicí nebo různými typy odběrových zařízení (Patalas, Friedinger, Van Dorn apod.). Pro orientační stanovení celkové biomasy zooplanktonu lze využít stanovení biovolume nebo sušiny. Z celkové biomasy zooplanktonu ale nezískáme informaci o druhovém a velikostním složení jednotlivých skupin. Pro orientační zjištění dominantních skupin a jejich velikosti postačuje průhledné dokladové pouzdro a lupa s 10 až 12 násobným zvětšením (Hronek a Faina, 2022).

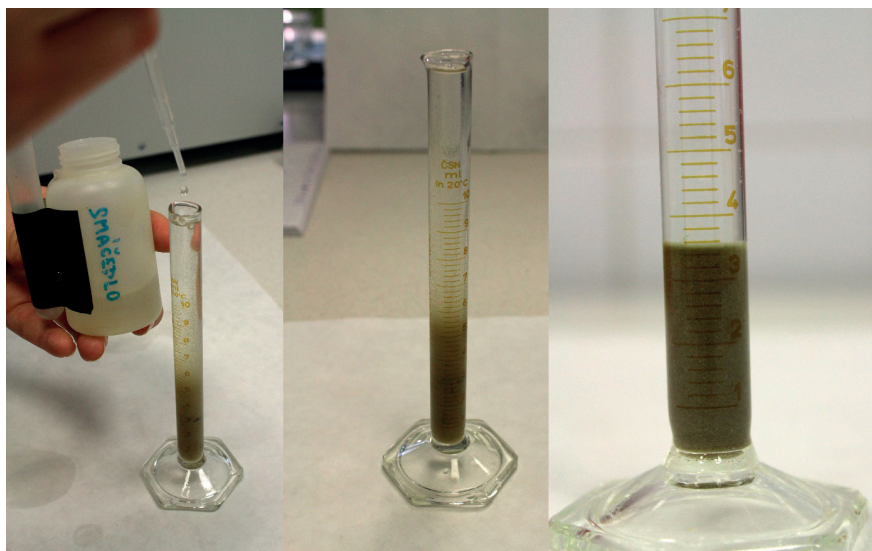
Odběr zooplanktonu je nejvhodnější realizovat šikmým tahem planktonní sítí (planktonkou) od cca 0,5 m nade dnem k hladině (tak aby nedošlo k nabrání zvířených sedimentů). K odběru vzorku rybníků, kde bývá vyšší podíl vířníků je vhodnější menší velikost ok 40–80 μm a výpustní kohout. Tah by měl být přiměřeně rychlý a stejnoměrný: přibližně 0,2–0,3 m za sekundu. Po vytažení planktonní sítě nad hladinu se opláchnou stěny sítě a vypouštěcím kohoutem se převede zachycený materiál kvantitativně do plastové odběrné nádoby se širokým hrdlem o objemu cca 60–200 ml a fixuje roztokem formaldehydu na výslednou koncentraci cca 4%. Pro přepočety množství odebraného zooplanktonu na objemové jednotky potřebujeme znát délku tahu planktonní sítě a její průměr.

3.6.1 Stanovení biovolume

Konzervovaný vzorek zooplanktonu se pro zbavení nadbytečné vody (snížení podílu vody je nutné k tomu, aby objem zooplanktonního vzorku nepřesahoval objem odměrného válce) přelévá přes sítko na třídění planktonu s oky 20 μm tak aby se zooplankton co nejmíň rozvřil (Obr. 24). Sedimentovaný zooplankton zbavený přebytečné vody se přelije do kalibrovaného odměrného válce, velikosti 10 ml nebo 25 ml, popřípadě do většího pokud je biomasa zooplanktonu vysoká. Vzorkovnice se vícekrát opláchne destilovanou vodou a přelije přes sítko, aby v ní žádný zooplankton nezůstal. Sítko se opláchne destilovanou vodou a veškerý zooplankton se přelije do odměrného válce tak, aby na sítku nezůstal žádný organismus. Odměrný válec se doplní destilova-



Obr. 24 Přelívání vzorku při stanovení biovolume zooplanktonu.



Obr. 25 Přidávání smáčedla a vzorek při odečtu biovolume zooplanktonu.

nou vodou a přidá se několik kapek smáčedla, aby zooplankton nezůstával u hladiny (Obr. 25). Jako smáčedlo lze využít cokoli, co sníží povrchové napětí vody, mycí prostředky např. Jar nebo profesionální smáčedla používaná ve fotografii (např. Fotonal). Vzorek se nechá sedimentovat 24 hodin a poté se odečte objem sedimentovaného zooplanktonu. Není nutné dobu sedimentace prodlužovat.

Ve vzorku se může vyskytovat hrubší organika, larvy bezobratlých, plůdek ryb nebo makrofyta (např. okřehek), které je vhodné před sedimentací pomocí pinzety odstranit. Problematické jsou vzorky s vysokou biomasou sinic. Sinice, které se shromáždí u hladiny, se opatrně odlivají, nejlépe hned při prvním zpracování vzorku. V některých případech se ale reálně nedá prostou sedimentací oddělit velikostně drobný zooplankton od sinic a u těchto vzorků stanovit biovolume zooplanktonu nejde reálně realizovat. Problematické jsou i vzorky s minimálním zastoupením zooplanktonu, kdy je objem zooplanktonu pod 1 ml, na což už nejsou odměrné válce kalibrovány.

Takto získaná objemová biomasa je v průměru asi dvakrát větší, než součet individuálních biomas jedinců zooplanktonu, protože mezi nimi zůstávají mezery vyplněné vodou, tzn. 1 ml sedimentovaného zooplanktonu odpovídá přibližně 0,5 g jeho čerstvé váhy.

3.6.2 Stanovení hmotnosti sušiny

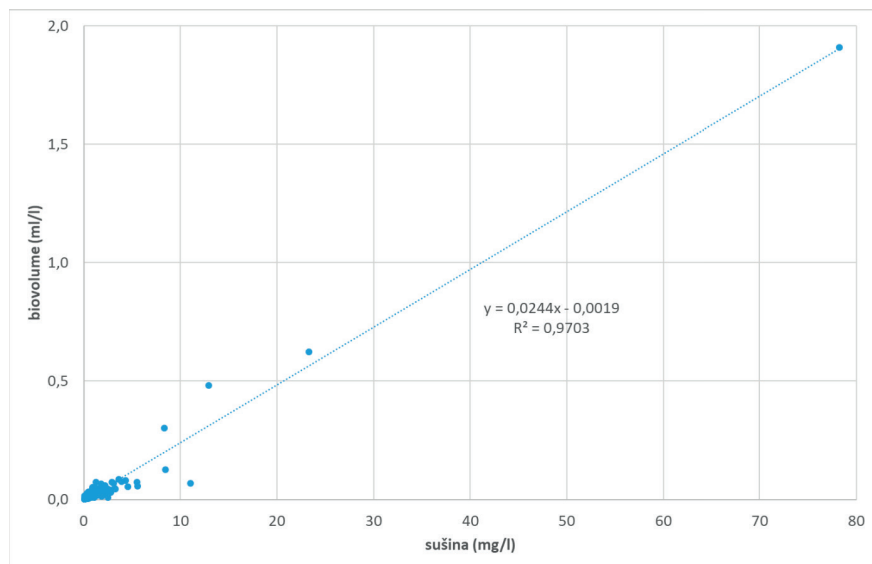
Sušinu vzorku můžeme zjistit usušením zooplanktonu v sušárně nebo jeho lyofilizací. Vzorek zooplanktonu k usušení je přelit do vhodné nádoby (potřebujeme docílit nízké vrstvy vzorku) a umístěn do sušárny (max. použitelná teplota sušení je 60 °C). K dosažení konstantní hmotnosti dostačuje při teplotě sušení 60 °C doba 24 hodin.

Vhodnější je použití lyofilizace. Vzorek je přelit do vhodné nádoby (potřebujeme docílit nízké vrstvy vzorku, lze využít kovové váženky) a uložen do mrazicího boxu na -18°C. Zmražený vzorek je umístěn do lyofilizátoru, doba lyofilizace je závislá na typu přístroje a množství lyofilizovaných vzorků.

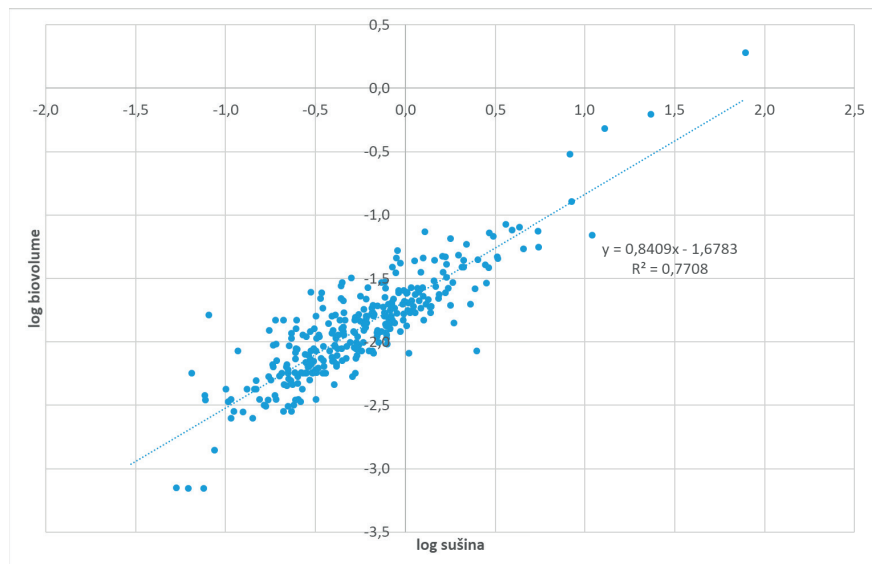
Vzorky po usušení nebo lyofilizaci jsou zváženy na laboratorních vahách, ideálně na 4 desetinná místa. Poté je vzorek zooplanktonu odstraněn z nádoby a prázdná nádoba je znovu zvážena. Rozdíl hmotnosti udává sušinu zooplanktonu.

Mezi sušinou zooplanktonu a stanovením biovolume je úzký vztah, který je znázorněn na Obr. č. 26. Výskyt vzorků s vysokou biomasou velkých perlooček zkresluje vzájemný vztah a proto je vhodnější logaritmické vyjádření (Obr. č. 27).

Pro vyhodnocení hodnot biovolume nebo sušiny zooplanktonu z hlediska jejich vlivu na rybníční ekosystém není doposud dostatek údajů. Jde však o metody, které nevyžadují odborníka v oboru a ani výrazně finančně náročné vybavení pro jejich stanovení (mimo lyofilizátor). Při dlouhodobém monitoringu rybníků, ale mohou ukázat změny v hodnotách biomasy zooplanktonu i možnou závislost na výši nasazované obsádky ryb.



Obr. 26 Vzájemný vztah mezi sušinou zooplanktonu a stanovením jeho biovolume (n = 396).



Obr. 27 Vzájemný vztah mezi sušinou zooplanktonu a stanovením jeho biovolume v logaritmickém vyjádření (n = 396).

3.7 Výpočet výparu z vodní hladiny

Výpar z vodní hladiny vzhledem ke klimatické změně, může mít značný význam na celkové množství vody v rybníce především v letech s nízkými srážkovými úhrny. Odhad výparu lze provést na základě souboru dodaných dat (relativní vlhkost vzduchu, globální sluneční radiace, teplota vzduchu, teplota hladiny vody a rychlost větru) z volně přístupné softwarové aplikace (<https://shiny.fzp.czu.cz/EvaporEst/>). Lze využít i satelitních dat (<https://shiny.fzp.czu.cz/EvapoSat/>). Tento software byl vytvořen se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Zéta.

Dostupnost požadovaných dat k výpočtu výparu většinou není k dispozici. Pro výpočet výparu tak lze využít jednoduchý vzorec, který pracuje pouze s teplotou vzduchu, kterou lze získat např. zde: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>. Odvozený vzorec pro výpočet výparu dle Beran a kol. (2019):

$$VVH = 0,0824 \times Tvzd1,289$$

VVH – výpar z vodní hladiny (mm/měsíc)

Tvzd – průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)

Výpar vody z vodní hladiny se v důsledku klimatické změny stále zvyšuje. Množství vody odpařené z vodní hladiny je tak další z parametrů, jehož znalost pomůže chovatelům ryb lépe předvídat množství vody v rybníce a optimalizovat tak nasazované obsádky ryb.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika přináší nové postupy v souladu s §2, odst. 1, písm. a) bod 2 zákona č. 130/2002 Sb. Popsaných metodických postupů bylo dosaženo systematickou tvůrčí prací v aplikovaném výzkumu, kterým byly experimentální a teoretické práce prováděné s cílem získání nových poznatků zaměřených na budoucí využití v praxi.

V předložené metodice jsou shrnuty poznatky dosažené při analýzách základních fyzikálně-chemických parametrů a analýz vzorků planktonu v různých typech rybníků určených pro chov ryb. Vlastní popis metodiky obsahuje zhodnocení jednotlivých sledovaných parametrů, jejich význam pro chov ryb a princip stanovení. Metodika obsahuje i návod na orientační stanovení těchto parametrů. Při výběru prezentovaných metod stanovení byl brán zřetel především na jejich jednoduchost a finanční nenáročnost. Metodika poskytuje základní informace z hlediska sledování kvality vody pro chovatele ryb v rybnících se zřetelem k vlivu klimatické změny.

5 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro chovatele ryb využívajících tradiční metody chovu ryb v rybnících, ale možnost využití je i u chovu ryb v nádržích (např. účelové hospodaření na vodárenských nádržích). Metodika bude uplatněna „Smlouvou o uplatnění certifikované metodiky“ uzavřenou mezi Mendelovou univerzitou v Brně a firmou Bio-Fish s.r.o. se sídlem Horní Paseky 40, Ledec nad Sázavou.

Rozsah uplatnění metodiky je široký a zahrnuje celé sladkovodní produkční rybář-

ství. Sledování základních fyzikálně-chemických a biologických parametrů je nedílnou součástí chovu ryb a jednoduché a finančně nenákladné postupy stanovení těchto parametrů umožňují pravidelný monitoring kvality rybníčního prostředí, udržení vhodné hydrochemické kvality vody, welfare chovaných ryb a zabránění úhynu ryb. Stále se zvyšující tlak veřejnosti na zlepšení kvality povrchových vod vede ke zpřísnění legislativy a norem environmentální kvality vodního prostředí. Pro dodržení požadované jakosti vod monitorují chovatelé ryb fyzikálně-chemické parametry mnohem intenzivněji než v minulosti a k tomu jim má dopomoci i tato metodika. Předpokládané využití je ve všech typech chovu ryb v podmínkách sladkovodní akvakultury.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpokládané ekonomické a další přínosy jsou v zefektivnění chovu především kaprovitých ryb v rybnících a zabránění úhynu ryb v důsledku kyslíkových deficitů. Monitoring fyzikálně-chemických parametrů a vzorků planktonu může predikovat možnost výskytu kyslíkových deficitů a včas přijmout ochranná opatření (předčasný výlov ryb, podpora rozvoje fytoplanktonu aplikací superfosfátu aj.). Ekonomické přínosy lze vyjádřit ve snížení ceny za fyzikálně-chemický a biologický rozbor vody, kdy v případě využití výše popsanych metod, které jsou pro rybářské účely monitoringu dostačující, lze ve srovnání s komerčními laboratořemi (cena rozboru 1 vzorku vody od 250 v případě jen základního chemického rozboru až 5.000 Kč v případě i rozborů vzorků planktonu) dosáhnout významné úspory finančních prostředků. Při předpokládané analýze uvedených parametrů jednoho vzorku vody jedenkrát týdně po dobu vegetačního období (duben–říjen), lze dosáhnout úspory v rozsahu 7.000 až 140.000 Kč i při započtení nutnosti pořízení základního vybavení (mikroskop, planktonní síť, Secchiho deska apod.).

Pravidelný monitoring kvality vody a tím i udržení optimálních hydrochemických a biologických podmínek odchovného prostředí se mohou pozitivně projevit i ve zlepšení využití předkládaného krmiva. Nízký obsah rozpuštěného kyslíku může významně zhoršit hodnoty krmného koeficientu. Zhoršení krmného koeficientu o jednu desetinu, při ceně krmiva na úrovni 40 – 50 Kč, odpovídá zvýšení ceny za jeden kg vyprodukovaných ryb o 4 až 5 Kč. Dalším již obtížněji kvantifikovatelným efektem je snížení stresové zátěže ryb působením zhoršených hydrochemických a biologických parametrů rybníčnímu prostředí. Celkově lze shrnout přínosy uplatnění metodiky do zlepšení produkčních parametrů rybníčních systémů a omezení úhynů ryb.

7 PODĚKOVÁNÍ

Metodika vznikla za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QK1810161 „Udržitelná produkce ryb v rybnících v podmínkách klimatických změn“ a projektu PROFISH (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000869) „Udržitelná produkce zdravých ryb v různých akvakulturních systémech“.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BERAN, A., KAŠPÁREK, L., VIZINA, A., ŠUHÁJKOVÁ, P. (2019): Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. VTEI 4, 12–18.
- ČSN 757221 (1998): Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. ČSNi Praha, 12 s.
- HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E. (1997): Hydrochemie. – Skriptum MZLU Brno, 106 s.
- HORÁKOVÁ, M. (2007): Analytika vody. VŠCHT Praha, 335 s.
- HRONEK, J., FAINA, R. (2022): Hop nahoru, hop dolů aneb dynamika rybníků. Rybářské sdružení ČR, Rybníkářství 50, 6–8.
- KABEŠ, K.: Nové optické senzory množství rozpuštěného kyslíku. Automa, 2007, č. 12, s. 46
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1991): Hydrobiologie. Univerzita Karlova Praha, 256 s.
- MOŘICKÝ, J., MAREŠ, L., ŽENÍŠKOVÁ, H., CHALUPA, P. (eds.) (2020): Situační a výhledová zpráva ryby. MZE Praha, 44 s.
- 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
- Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod
- PALÍKOVÁ, M. (ed.) (2019): Nemoci a chorobné stavy ryb. JU v Českých Budějovicích, 462 s.
- PITTER, P. (2015): Hydrochemie. VŠCHT Praha. 792 s.
- PŘÍKRYL, I. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod, VUV TGM, 14 s.
- SVOBODOVÁ, Z. (ed.) (1987): Toxikologie vodních živočichů. MTZ Olomouc, 232 s.
- URBÁNEK, M. (ed.) (2015): České rybníky a rybářství ve 20. století. Rybářské sdružení ČR, 335 s.
- ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŘEHOŘ, J., LHOTKA, O., DOBROVOLNÝ, P., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M. (2022): Temperature extremes and circulation types in the Czech Republic, 1961–2020, International Journal of Climatology, 42(9): 4808–4829.

9 SEZNAM PŘEDCHÁZEJÍCÍCH PUBLIKACÍ

- HADAŠOVÁ, L., KOPP, R. (2012): The fluctuation of physicochemical parameters in hypertrophy fishponds during the day and night. In MendelNet 2012 – Proceedings of International Ph.D. Students Conference. Brno: Mendel University in Brno, Faculty of Agronomy, 412–417.
- CHMELICKÝ, P., KOPP, R., MÜLLEROVÁ, B. (2020): Kvalita vody vybraných rybníků CHKO Český ráj. In Rybníky 2020: sborník příspěvků odborné konference. Praha: České vysoké učení technické v Praze, s. 35–43.
- KOPP, R. (2015): HYDROCHEMIE nejen pro rybáře. Mendelova univerzita v Brně, Aston studio CZ, a.s., 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. Sborník referátů konference 2012 Chov ryb a kvalita vody. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, 65–72
- KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. (2014): Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb. Certifikovaná metodika ISBN 978-80-7375-953-7
- LANG, Š., KOPP, R., BRABEC, T., VÍTEK, T., MAREŠ, J. (2011): Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu. OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE, Mendelova univerzita v Brně, 25 s.
- POŠTULKOVÁ, E., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T. (2012): Změny kvality vody při vypouštění rybníka. In Čiamporová-Zaťovičová Z. (ed.) 2012: XVI. konferencia Slovenskej limnologickej spoločnosti a České limnologickej společnosti – Zborník príspevkov, 25.–29. jún 2012, Jasná, 235 pp. 1. vyd. Bratislava: NOI, 73–76
- RADOJIČIĆ M., MUSILOVÁ B., KOPP R. (2019): The effects of environmental factors on phytoplankton in Zámecký fishpond. In CERKAL, R., BŘEZINOVÁ BELCREDI, N., PROKEŠOVÁ, L., PILÁTOVÁ A. MendelNet 2019 – Proceedings of 26th International PhD Students Conference 6–7 November 2019, Brno, Czech Republic: Mendel University in Brno, s. 227–230.

Název: Udržitelná produkce ryb v podmínkách změn klimatu
Autor: Radovan Kopp, Matěj Orság, Marija Radojičić, Miroslav Trnka, Michal Šorf,
Jan Mareš
Vydala: Mendelova Univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
Vydání: první, 2022
Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-7509-849-8 (print)