



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra biologických disciplín

Bakalářská práce

Monitoring fyzikálně chemických ukazatelů na vybraných
rybnících Vrbenské soustavy

Autor práce: Tomáš Neužil

Vedoucí práce: prof. RNDr. Hana Čížková, CSc.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo změřit vybrané fyzikálně chemické ukazatele a následně je porovnat s měřeními, která byla provedena v předchozích letech na jednotlivých rybnících Vrbenské soustavy v blízkosti statutárního města České Budějovice. Měření probíhalo v měsíčních intervalech v dopoledních hodinách od dubna do září roku 2023. Měřené fyzikální parametry byly teplota a průhlednost vody. Měřené chemické ukazatele byly pH, saturace O₂ ve vodním sloupci a elektrická vodivost.

Revitalizované rybníky Bažina a Domin měly opakovaně na začátku vegetační sezóny vysokou průhlednost pH (>9) a obvykle přesycení O₂ v celém vodním sloupci. V letním období za slunečného počasí se na nich vyskytovala stratifikace hodnot pH a obsahu kyslíku ve vodním sloupci a anoxie na dně. Za deštivého a větrného počasí se voda zamíchala a obsah O₂ byl snížený v celém vodním sloupci.

Sezónní chody měřených fyzikálně chemických parametrů byly velmi podobné jako v předchozích letech 2022 a 2021.

Klíčová slova: rybník, Vrbenské rybníky, eutrofizace, monitoring, kyslík, pH

Abstract

The aim of the bachelor's thesis was to measure selected physical and chemical indicators and then compare them with measurements that were carried out in previous years at individual ponds of the Vrbenské rybníky system near the statutory city of České Budějovice. Measurements took place at monthly intervals in the morning from April to September 2023. The measured physical parameters were water temperature and transparency. The measured chemical parameters were pH, O₂ saturation in the water column and electrical conductivity.

The revitalized Bažina and Domin ponds repeatedly had high pH values (>9) and usually O₂ supersaturation in the entire water column at the beginning of the growing season. In the summer, in sunny weather, there was a stratification of pH values and oxygen content in the water column and anoxia at the bottom. In rainy and windy weather, the water was mixed and the O₂ content was reduced throughout the water column.

The seasonal trends of the measured physicochemical parameters were very similar to the previous years 2022 and 2021.

Keywords: fishpond, Vrbenské ponds, eutrophication, monitoring, oxygen, pH

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí práce paní prof. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za poskytnutá data z předchozích měření, za odbornou pomoc a rady při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a partnerce za trpělivost a podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární rešerše.....	9
1.1 Obecné hospodaření na rybnících z pohledu rybníkářství.....	9
1.1.1 Morfologie ryb v akvakultuře ČR.....	9
1.1.2 Přirozená produkce a úživnost rybníka.....	11
1.1.3 Členění rybníků podle jejich funkce.....	12
1.1.4 Rybníkářské meliorace.....	13
1.2 Vztahy mezi fyzikálně chemickými faktory vodního prostředí a potravními vztahy v rybnících.....	14
1.2.1 Kyslík.....	15
1.2.2 Oxid uhličitý.....	16
1.2.3 Vápnění a oxid uhličitý.....	17
1.2.4 Elektrická vodivost.....	18
1.3 Potravní vztahy v rybnících.....	18
1.4 Vliv obsádky na přirozenou produkci rybníka.....	18
1.4.1 Nadměrná velikost obsádky.....	19
1.4.2 Nízká obsádka.....	20
1.5 Vlivy invazních ryb na potravní vztahy.....	20
1.6 Charakteristika zkoumaného území.....	21
1.6.1 Fauna a flóra.....	23
1.6.2 Specifika obhospodařování rybníků v EVL Vrbenské rybníky.....	23
1.7 Průběh revitalizace rybníků Vrbenské soustavy.....	24
2 Cíle práce.....	25
3 Materiál a metodika.....	26
4 Výsledky a diskuse.....	27
4.1 Sezónní průběh fyzikálně chemických parametrů.....	27

4.1.1	Průhlednost vody.....	27
4.1.2	Teplota vody.....	29
4.1.3	Hodnoty pH.....	31
4.1.4	Saturace O ₂ ve vodním sloupci.....	33
4.1.5	Elektrická vodivost (konduktivita).....	35
4.2	Srovnání fyzikálně chemických poměrů rybníka	37
5	Závěr	38
	Seznam použité literatury.....	39
	Seznam obrázků	42
	Přílohy	43

Úvod

Podmínky v rybnících jsou velmi proměnlivé v důsledku mnoha interakcí mezi živými a neživými složkami ekosystému. Pro optimální obhospodařování rybníků je proto potřeba sledovat alespoň základní ukazatele, které indikují podmínky ve vodě. Vhodnými ukazateli jsou fyzikálně chemické parametry vody, konkrétně teplota, pH, obsah kyslíku a případně elektrická vodivost.

Bakalářská práce se věnuje sezónnímu monitoringu fyzikálně chemických parametrů na rybnících Vrbenské soustavy, která se nachází severozápadně v těsné blízkosti statutárního města České Budějovice.

Měření bylo součástí odborné studie zpracované pro Krajský úřad Jihočeského kraje pro rok 2023, která navazovala na obdobné studie provedené v letech 2022 a 2021. Tyto tři studie měly za cíl zhodnotit stav rybníků Bažina a Domin po provedené revitalizaci. Revitalizace byla provedena v letech 2019 až 2021. Revitalizace se týkala odbahnění rybníků Bažina a Domin, opravení jejich výpustních zařízení a meliorační zásahy na hrázích jmenovaných rybníků.

1 Literární rešerše

1.1 Obecné hospodaření na rybnících z pohledu rybníkářství

Rybníční chov má specifické charakteristiky akvakultury, která má v ČR dlouholetou minulost. Rybochovné obhospodařování rybníků má v současné době za hlavní cíl trvale udržitelný chov. Tento chov spočívá mimo jiné ve vyrovnané bilanci dodávaných živin oproti živinám spotřebovaným. Základní předpoklady spořádaného hospodaření jsou: pravidelné napouštění, nasazování ryb, péče o rozvoj přirozené potravy (zoo-planktonu a fytoplanktonu) a vypouštění vody za účelem výlovu ryb (Hartman a Regenda, 2014).

Historie rybníků na území současné České republiky je velmi dlouhá, její počátky ovšem nejsou písemně doloženy. Počátky výstavby rybníků jako umělých vodních nádrží určených pro chov ryb tak můžeme spíše odhadovat. Nejprve jednalo o stavby malého rozsahu s nízkými hrázemi (Míka, 1955). Prvním písemným dokladem o rybníkářství na našem území je část Kosmovy kroniky, která byla připsána ve 12. století. Vůbec nejstarším založeným rybníkem v ČR k produkci ryb byl Žár, který byl vybudován v roce 1221 (Liebscher a Rendek, 2014).

Začátkem 15. století mělo území Vrbenských rybníků podobu mokřích luk a pastvin. V roce 1460 začala stavba rybníka Černiš. Později přibýly další rybníky směrem k Českému Vrbnému (Brandl et al., 2002).

1.1.1 Morfologie ryb v akvakultuře ČR

Kapr obecný je jedním z hlavních druhů akvakultury na světě (Vandeputte, 2003). Má protáhlé robustní tělo. Jedná se o velmi variabilní druh s ohledem na tvar a pokrytí těla šupinami. Hlava je krátká, ústa jsou směřována dolů. Na horním pysku rypce, který je vysunovatelný, jsou čtyři krátké vousky. Jsou rozeznávány dvě základní formy a to:

původní říční forma (sazan) a domestikovaná rybníční forma. Divoká forma je nízko-hřbetá, tělo je celé pokryto šupinami a hlava je lysá. Domestikovaná forma má čtyři základní formy: šupinatá, řádkovaná, lysá a hladká (obr.1) (Hanel a Lusk, 2005).



Obr. č. 1: Hladká a lysá forma násady kapra obecného (foto: autor)

Kapr je potamodromní (migruje v rámci sladkých vod), bentopelagický (obývá dno a vodní sloupec) druh. Během vegetačního období se jedinci zdržují v hejnech. Plůdek se živí zoo a fytoplanktonem, později se zaměřují na larvy hmyzu, nitěnky, měkkýše a části vodních rostlin a řas. Při poklesu množství rozpuštěného kyslíku ve vodě pod 0,5 mg/l “troubí” – způsob nouzového dýchání atmosférického kyslíku u hladiny. Jedná se o fytofilní rybu, přirozeně se vytírá na zatopené vegetaci (Hanel a Lusk, 2005).

Další rybou, která je hospodářsky cennou pro rybníční akvakulturu je Amur bílý (*Ctenopharygodon idella*). Jeho hlavním znakem je protáhlé válcovité tělo. Ústa jsou bezvousá a široká. Dosahuje délky 120–150 cm a váhy až 25 kg. Ploutve jsou nažloutlé. Jedná se o introdukovanou rybu v ČR od roku 1972. Primárním areálem je oblast dálného východu. Amur je demerzální (žije u dna), potamodromní sladkovodní druh. Obývá dolní úseky a řek a aklimatizoval se i v rybníčním prostředí (Hanel a Lusk, 2005).

Mezi další chované ryby v akvakultuře patří dravé ryby jako štika obecná nebo candát obecný. Štika obecná (*Esox lucius*) je dravá ryba s válcovitě protáhlým tělem. Čelisti štiky jsou opatřeny velkým množstvím dovnitř skloněných zubů. Zbarvení je variabilní a závislé na prostředí. Dorůstá velikosti 120–150 cm a hmotnosti do 20 kg. Je demerzální, potamodromní ryba. Dokáže pronikat i do brakických vod. Ve dne je aktivnější, přečkává v úkrytu, dokud nespátí kořist. Tření probíhá na jaře (Hanel a Lusk, 2005).

Candát obecný (*Sander lucioperca*) má tělo zavalitě vřetenovité a protáhlé. Tělo je osazeno ktenoidními šupinami. Na konci dolní čelisti jsou výrazné dva ostré „psí“ zuby. Dorůstá až 130 cm a hmotnosti 15 kg. Je velmi náročný na čistotu vody a obsah kyslíku ve vodě. Zdržuje se v okolí svého stanoviště a do mělkých vod vyjíždí při lovu potravy. Tření probíhá od dubna do června. Samec před třením buduje hnízdo, kde zůstává do tření a hlídá vytřené jikry (Hanel a Lusk, 2005).

Mezi invazivní druhy ichtyofauny v ČR patří například střevlička východní, slunečnice pestrá nebo karas stříbřitý (Lusk, 2011) jejich vliv na potravní vztahy jsou popsány v kapitole 1.5. Střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) je drobná ryba dorůstající 8 cm a hmotnosti 11 g. Ústa jsou malá, horní čelist je vysunovatelná. Ploutve jsou světle žluté, hřbetní ploutev má příčný tmavý pruh (Hanel a Lusk, 2005). Do ČR se dostala s plůdkem tolstolobika a amura z Maďarska (Šanda, 2006). Jedná se o bentopelagický druh. Vyhovují jí slepá ramena a uzavřená jezera, kam se jedinci dostali při náplavách (Hanel a Lusk, 2005).

Slunečnice pestrá (*Lepomis gibbosus*) má tělo protáhlé, vysoké a z boků zploštělé. V podmínkách ČR dorůstá velikosti 16 cm a hmotnosti 0,2 kg. Ploutve jsou žlutavé, hřbetní ploutev má přední trnitou část, která je nižší než zadní část složená z měkkých paprsků. Vyhovují jí průzračné pomalu tekoucí vody s dostatkem ponořené vegetace. Jedná se o bentopelagický druh, migrující ve sladkých vodách (Hanel a Lusk, 2005). Primárním areálem rozšíření je Severní Amerika. Schäferna (2005) uvádí, že se tento druh poprvé v ČR objevil na Třeboňsku.

1.1.2 Přírozená produkce a úživnost rybníka

Přírozená produkce je schopnost rybníka vyprodukovat z vlastních zásob přírozené potravy (zooplanktonu) určitý hmotnostní přírůstek ryb za jedno vegetační období (Kostomarov, 1958 in Hartman a Regenda, 2014). Rybníky můžeme dělit dle jejich úživnosti, na oligotrofní, mezotrofní a eutrofní až hypertrofní. Úživnost je podmíněna množstvím rozpuštěných živin ve vodě (trofie, tab. č. 1) (Hartman a Regenda, 2014).

Tab. č.1: Rozdělení rybníků dle trofie v letním období (Vollenweider, 1989)

Trofie	Obsah celkového P($\mu\text{g} * \text{l}^{-1}$)	Průhlednost(m)
Oligotrofní	≤ 10	$\geq 3,0$
Mezotrofní	≤ 35	$\geq 1,5$
Eutrofní	≤ 100	$\geq 0,7$
Hypertrofní	>100	$< 0,7$

Eutrofizace je přirozený fenomén vodních nádrží a pomalu tekoucích vodních toků.

Obohacování jezer a nádrží živinami, zejména fosforem a dusíkem, vede k eutrofizaci a tím k degradaci kvality vody. Mezi hlavní znaky eutrofizace vod patří: kolonie vláknitých řas, vyčerpání rozpuštěného kyslíku ve vodách, snížená průhlednost a také zvýšená úmrtnost ryb. Nicméně mezi pozitivní dopady eutrofizace může patřit například zvýšená rostlinná produkce a tím i zvýšená produkce fytofágních ryb (UNEP, 1999).

1.1.3 Členění rybníků podle jejich funkce

Rybníky pro rybochovný účel dělíme na: plůdkové výtažníky, výtažníky, rybníky hlavní, komorové a matečné (Mareš, 2015).

Mareš (2015) dále uvádí, že plůdkové výtažníky jsou vodní nádrže o rozloze 1–5 ha. Slouží k odchovu jednoletého plůdku. Jedná se o rybníky s vysokou primární produkcí. V případě komorování (přezimování) plůdku je potřeba zabezpečit kvalitní zdroj vody s regulovatelným přítokem a minimální hloubkou 1,5 m. Výtažníky jsou rybníky, které jsou používány pro produkci násad. Mívají z pravidla plochu do 20 ha. V případě využití výtažníků jako komor je zapotřebí, aby jejich hloubka byla kolem 2 m. U výtažníků je zapotřebí, aby měly vysokou primární produkci, a tak i dostatek přirozené potravy.

Komorové rybníky jsou charakteristické minimální hloubkou 2 m, která společně s kvalitní vodou zajišťuje přezimování násady a plůdku. Komorové rybníky mají nízkou přirozenou produkci, nejsou zabahněné a mají nízkou vrstvu organického sedimentu na dně (Mareš, 2015).

Rybníky hlavní jsou určeny k chovu tržních ryb. Ryby jsou nasazovány do těchto rybníků na jedno až dvě vegetační období. Většina hlavních rybníků má hloubku minimálně 2 m, tudíž je využívána i k přezimování ryb. Podle své polohy a přítoku mají různou přirozenou produkci (Mareš, 2015).

Tab. č. 2: Věkové označení ryb (Mareš, 2015)

Značka	Název	Věkové vymezení
K _j	Jikra	Od oplození po vykulení
K ₀	Váčekový plůdek	Od vykulení do přechodu na vnější výživu
K _r	Rychlený plůdek	Plůdek ve stáří několika týdnů, obvykle 4–6 týdnů, u kapra do 6–8 týdnů
K ₁	Plůdek	Stáří 1 vegetační období ale ne starší 1 roku
K ₂	Násada	Stáří 2 vegetační období ale ne starší 2 roky
K ₃	Ryba ve věku 3 roky	Stáří 3 vegetační období ale ne starší 3 roky
K _t	Ryba tržní	Ryba určená k prodeji
K _g	Ryba generační	Ryby určené k reprodukci

1.1.4 Rybníkářské meliorace

Do meliorací rybníků spadají opatření vedoucí k udržení řádného hospodářského stavu rybníka a případně vedou ke zvýšení přirozené produkce rybníků. Opatření jsou zaměřena na vodní prostředí včetně rybníčního dna a stavu vodních porostů. Mezi meliorační operace patří: stokování a rekultivace dna, odbahňování rybníků, regulace vodních porostů včetně vodních a litorálních, regulace zooplanktonu, zimování, letnění, vápnění a případně hnojení. Základními melioračními opatřeními jsou zimování a letnění rybníků. Jedná se o ponechání rybníka bez vody v průběhu zimního nebo letního období. Efekt těchto opatření je zaměřen přímo na dno rybníků, ale v následujícím období ovlivňuje i kvalitu vodního prostředí a zdravotní prosperitu celého rybníka. Podmínkou je vždy dokonalé vysušení dna. Promrznutím nebo vysušením rybníčního dna dojde k jeho ozdravení a zničení nežádoucích organismů. Dále se změní jeho fyzikální vlastnosti, rozpukáním dna dojde k provzdušnění hlubších vrstev a mineralizaci živin. V současnosti je běžnější zimování, protože letnění znamená (z pohledu rybářské produkce) ztrátu vegetačního období. Často je v rozporu se zájmy zajišťovanými mimoprodukčními funkcemi rybníků. Uplatnění těchto dvou opatření je problematické nevyrovnanou srážkovou bilancí a nutností zajistit vodu pro další období chovu (Mareš, 2015).

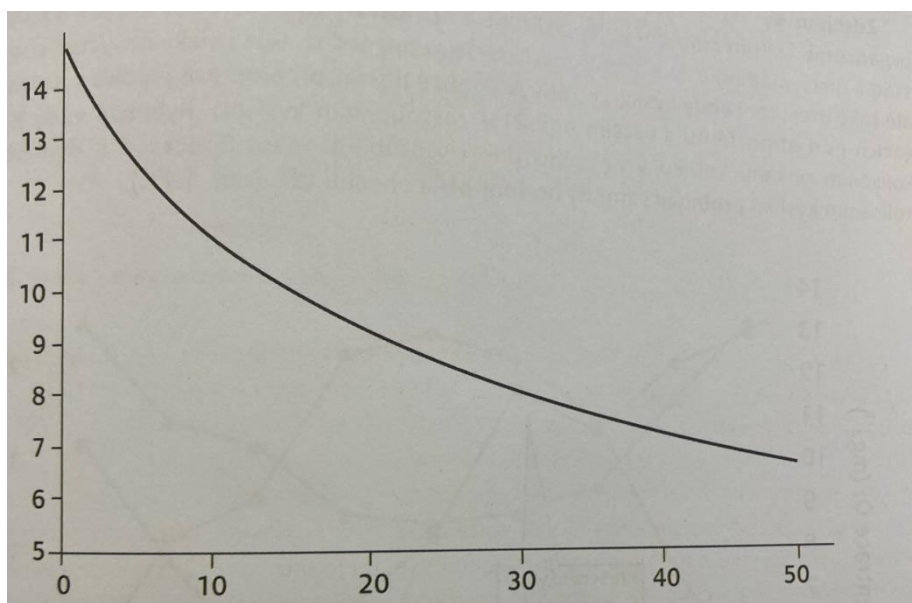
Rybníční sediment je zdrojem živin, hlavně fosforu, který je zde přítomen převážně ve formě rozpuštěných aniontů kyseliny fosforečné. Rybníční sediment funguje

jako vnitřní zásobárna živin (živiny se ze sedimentu uvolňují do vodního sloupce). Optimální množství celkového fosforu ve vodě (z hlediska rybníční produkce) odpovídá eutrofním podmínkám. Pokud se množství fosforu zvýší nad kritickou mez, podporuje rozvoj vodních květů sinic a s tím spojené extrémní výkyvy pH a množství rozpuštěného kyslíku.

Revitalizace rybníků je považována za soubor převážně technických opatření, která směřují k celkové obnově – oživení rybníka jako celku. Součástí revitalizace zpravidla bývá: obnovení rybníční kotliny do původního akumulčního objemu formou těžby sedimentu (odbahnění), oprava nebo rekonstrukce tělesa hráze, výpusti, bezpečnostního přelivu a příslušných stok. K biologické revitalizaci lze zařadit sadbu příslušné flóry a vytvoření ideálních podmínek pro litorální vegetaci (Hartman a Regenda, 2014).

1.2 Vztahy mezi fyzikálně chemickými faktory vodního prostředí a potravními vztahy v rybnících

Plyny se rozpouští ve vodě podle jejich parciálního tlaku nad hladinou a koeficientu rozpustnosti ve vodě (Henryho zákon). Při určité teplotě a atmosférickém tlaku na hladinu je obsah plynů ve vodě konstantní. Rozpustnost plynů ve vodě tudíž klesá s vzrůstající nadmořskou výškou. Obdobně to samé platí i u teploty, s rostoucí teplotou klesá rozpustnost plynů (obr. č. 2) (Hartman a Regenda, 2014).



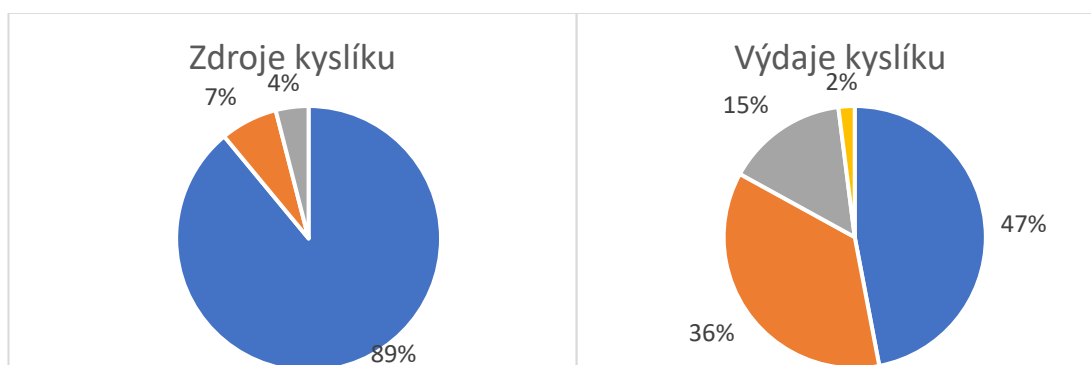
Obr. č. 2: Závislost rozpustnosti plynů na teplotě (Hartman a Regenda, 2014)

1.2.1 Kyslík

Množství rozpuštěného kyslíku ve vodním sloupci ovlivňuje růst, přežití ale i chování ryb v rybníce. Anoxie ve vodě vede k omezenému růstu a vyšší mortalitě ryb, ať už přímými nebo nepřímými vlivy (Bhatnaga a Devi, 2013).

Pro chov ryb je obsah rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitého zásadním ukazatelem kvality vody. Obsah rozpuštěného kyslíku se udává v hmotnostní koncentraci (mg/l^{-1}) a v procentuálním nasycení vody kyslíkem, které je vztaženo k rovnovážné koncentraci kyslíku za dané teploty a atmosférického tlaku. Rovnovážná koncentrace kyslíku odpovídá jeho rozpustnosti ve vodě za daných podmínek neboli stoprocentnímu nasycení vody kyslíkem (obr. č. 3) Jestliže je koncentrace kyslíku ve vodě nižší, než odpovídá jeho saturaci za dané teploty, mluvíme o deficitu kyslíku. Deficit kyslíku je dán rozdílem rovnovážné a naměřené koncentrace kyslíku ve vodě. Jestliže dojde k výraznému úbytku kyslíku ve vodě, dochází k hypoxii. Když dojde k úplnému vyčerpání kyslíku ve vodě nazýváme tento jev anoxií (Petrušek a Hejzlar, 2022). Pokud je koncentrace rozpuštěného kyslíku vyšší než jeho rovnovážná koncentrace, jedná se o přesycení vody kyslíkem (Hartman a Regenda, 2014).

Zdrojem kyslíku v rybnících je z 89 % fotosyntetická asimilace zelených organismů. Dalším zdrojem je difuze z atmosféry, která se podílí na příjmu kyslíku do rybníku ze 7 %. Přítok tvoří zbylá 4 % přijímaného kyslíku. Největší odběratelé kyslíku ve vodě jsou živočichové (47 %), rozkladné procesy v bahně (36 %), dýchání rostlin (15 %) a únik do atmosféry (2 %) (Hartman a Regenda, 2014).



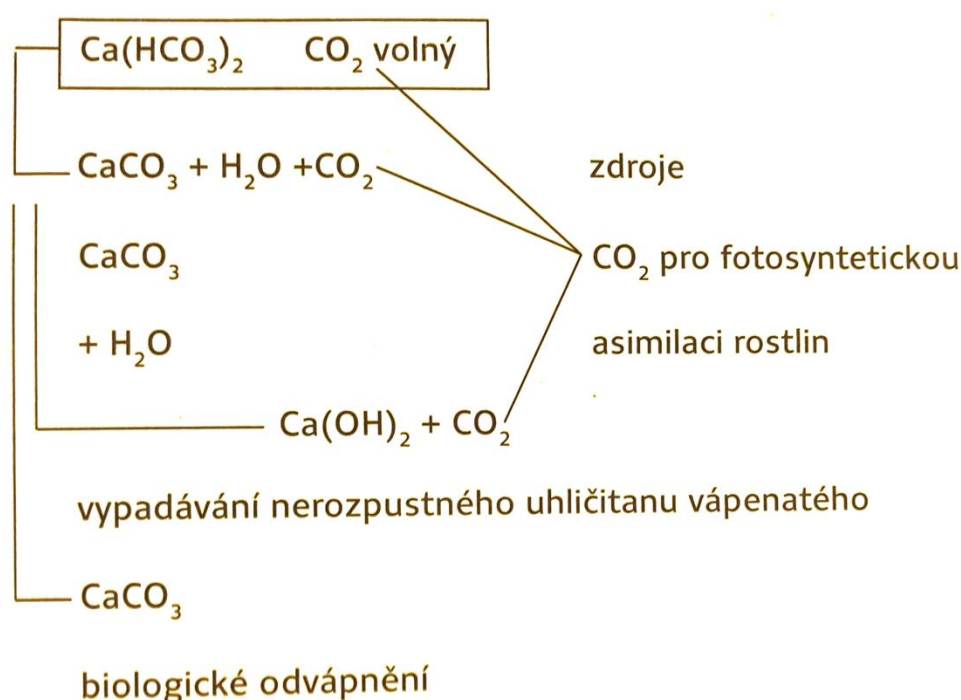
Obr. č. 3: Zdroje a výdaje kyslíku v rybníce (převzato z: Hartman a Regenda, 2014).

Se změnami obsahu rozpuštěného O_2 v rybnících souvisí i obsah dalších plynů ve vodě, hlavně oxidu uhličitého a s ním i změny hodnot pH vody. Hodnoty pH nad 10

jsou letální i pro starší ryby, hlavně z důvodu volného NH_3 (Hartman a Regenda, 2014).

1.2.2 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je zásadním komponentem fotosyntetické asimilace vodních rostlin včetně nejdůležitějších – zelených planktonních řas. Oxid uhličitý tvoří uhličitanový komplex (obr. č. 4), jehož součástí je volný oxid uhličitý (H_2CO_3 a CO_2) a vázaný oxid uhličitý (HCO_3^- a CO_3^{2-}). Hmotnostní poměr volného a vázaného oxidu uhličitého má být 1:5, aby zaručoval tlumivou kapacitu vody. Ta se vyznačuje stabilizovanou reakcí vody v rozmezí 6,7 – 8,3 pH (Hartman a Regenda, 2014).



Obr. č. 4: Uhličitanový komplex (Hartman a Regenda, 2014).

S účastí volného a vázaného oxidu uhličitého ve vodách souvisí schopnost vody tlumit výkyvy pH a udržovat je na hodnotách kolem pH 7. Schopnost vodného roztoku vázat hydrogenuhličitanové nebo uhličitanové ionty neboli H_2CO_3^- a CO_3^{-2} se označuje jako neutralizační kapacita (NK). Neutralizační kapacita vody se stanovuje laboratorně titrací vody kyselinou nebo zásadou. U přírodních a užitkových vod se provádí titrace do pH 8,3 a 4,5 (Hartman a Regenda, 2014).

Neutralizační kapacitou se rozumí látkové množství (mmol) silné jednosytné kyseliny nebo zásady, které je potřeba k dosažení určitého pH jednoho litru vody. Titrace kyselinou stanoví kyselinovou neutralizační kapacitu, pH do 4,5 ($\text{KNK}_{4,5}$). Titrace zásadou určí zásadovou neutralizační kapacitu s pH do 8,3 ($\text{ZNK}_{8,3}$) (Pitter, 2009).

Pokud se fotosyntézou CO_2 ve vodě plně vyčerpá dojde k posunu pH na hodnoty 8,2 – 8,3. Jestliže fotosyntetická reakce pokračuje, dochází k spotřebovávání zásoob HCO_3 a pH se posouvá k hodnotám 10,6 a více (Hartman a Regenda, 2014).

Boyd et al. (2002) zpracovali klasifikaci rybničních sedimentů podle obsahu organického uhlíku v něm uloženém. Přiměřeným obsahem uhlíku v rybniční půdě považují hodnoty mezi 1 a 3 hmotnostními %, za vysoký obsah C považují $< 3,1$ %. Možností, jak uvolnit CO_2 z rybniční půdy při plném stavu vody je několik. Hartman a Regenda (2014) udávají například vláčení vodních bran u dna rybníka nebo proudem vody čerpané u hladiny při pojezdu kultivační lodi.

1.2.3 Vápnění a oxid uhličitý

Vápnění rybníků je důležitým hospodářským opatřením, které stabilizuje produkci a podmiňuje plnění potřebných funkcí na rybničním prostředí. Vápněním se zabýval už zakladatel moderního českého rybářství Josef Šusta (1835–1914) (Hartman a Regenda, 2014).

Vápnění se provádí zpravidla v době vegetačního klidu na dno rybníků nebo na led, později na vodu. Používá se jemně mletý vápenec CaCO_3 nebo zemědělské vápno (CaO s příměsí CaCO_3) za bezvětrí. Agrotechnická lhůta pro aplikaci vápna byla stanovena do 15. března. Nástupem slunovratu se zvyšuje intenzita fotosyntetické asimilace a CO_2 nutný k vazbě $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ve vodě ubývá (Hartman a Regenda, 2014).

Vápník v rybniční biocenóze je důležitý jako živina, podílí se na stavbě těl vodních organismů včetně ryb. Hartman a Regenda uvádějí, že při výlovu 1 t kapra z 1 ha rybníka se odejme 12,5 kg CaO . Ca^{2+} zavádí do oběhu v době vegetace fytoplankton a zooplankton. Přítomnost vápníku pozitivně ovlivňuje biologické oživení vod. Vstupuje i do uhličitánového komplexu ve sloučeninách s CO_2 , tvoří uhličitánový komplex s volným $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$, vázaným rozpustným $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a nerozpustným CaCO_3 . Při $\text{pH} > 8,3$ se nerozpustný CaCO_3 ve vodě neudrží a usazuje se na listy vodních rostlin, případně na dno (Hartman a Regenda, 2014).

V období od druhé poloviny do závěru vegetačního období se uplatňuje preventivní vápnění pomocí páleného vápna mletého (CaO) nebo hydrátů $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Preventivní vápnění se provádí v ranních hodinách na vodu, bohatě oživenou fytoplanktonem nebo vodním květem. Důvodem pro tuto aplikaci je disimilace živin společně s produkcí nadbytku CO_2 fytoplanktonem, která je podnícena krátkí světelnou periodou dne v tomto období, kdy převládá dýchání fytoplanktonu oproti fotosyntéze. Proces je

spojen i s rozkladem organických látek ve vodě a jeho následkem je tudíž deficit kyslíku. Toto vápnění je také označováno jako biokalytické, zlepšuje kyslíkový režim v závěru vegetace (Hartman a Regenda, 2014).

1.2.4 Elektrická vodivost

Elektrická vodivost neboli konduktivita je ukazatelem celkového obsahu iontů ve vodě. Konduktivita vody je veličina, která vzorek nepopisuje ve smyslu konkrétního složení jednotlivých iontů a jejich množství, ale popisuje celkovou charakteristiku systému. Kromě koncentrace příslušných iontů ovlivňuje konduktivitu i jejich pohyblivost, která je výrazně závislá na teplotě (Člupek et al., 2018).

1.3 Potravní vztahy v rybnících

Rybník je uměle vybudovaná vodní nádrž, která je určena především k chovu ryb. Nejvyšší zastoupení živých organismů tvoří obvykle zelené organismy. V mírném pásmu se nacházejí dva typy, které spadají do produkční úrovně – fytoplankton a vyšší rostliny. Fytoplanktonem rozumíme například zelené řasy, sinice či rozsivky. Mezi často se vyskytující vyšší rostliny řadíme (například rákos obecný nebo orobinec širokolistý). Vyšší rostliny se mohou nacházet pod hladinou anebo mohou přesahovat na břeh (Duvigneaud, 1988).

Duvigneaud (1988) dále uvádí, že zmíněné vyšší rostliny požívá býložravá fauna, která je tvořena zooplanktonem, plži žijícími na substrátech a býložravými rybami (v našich podmínkách např. amur bílý, tolstolobik bílý). Tito býložravci jsou potravou masožravých ryb I. řádu. Část masožravců I. řádu je požívána dravci II. řádu, kam spadá například štika obecná nebo candát obecný.

Uhynulé rostliny jsou potrava saprofágů, jako jsou larvy pakomárů, kteří rozkládají organickou rostlinou hmotu. Následně se stanou kořistí masožravců I. řádu. Cyklus ukončují bakterie, které rozkládají organickou hmotu a uvolňují minerální látky, které využívají zelené rostliny k asimilaci živin (Duvigneaud, 1988).

1.4 Vliv obsádky na přirozenou produkci rybníka

V rybnících s vyváženým potravním řetězcem nastává z jara stádium čisté vody. Toto stádium nastává, když zooplankton odfiltruje většinu fytoplanktonu a voda je tak průhledná až na dno. Délka období čisté vody je variabilní podle trofie rybníka. ale obvykle trvá 2–3 měsíce. Stádium čisté vody přechází počátkem léta do situace, kdy se rozvíjí fytoplankton a vzrůstá predační tlak na zooplankton. Při obsádce o odpovídající

velikosti ryb k velikosti rybníka převládají v letním období fytoplanktonní chlorokokální řasy (Pokorný et al., 2017).

V podmínkách vysokého přísunu živin hraje rybí obsádka zásadní roli v rozvoji fytoplanktonu a kvality vody. Bez adekvátního predančního tlaku ryb na zooplankton se přemnoží velké perloočky (obr. č. 5) a fytoplankton zlikvidují. Ve dne nastává přesycení vody kyslíkem a vzestup hodnot pH nad 9, což je v korelaci s prudkými výkyvy biomasy fyto – a zooplanktonu v rybníce. Vhodná rybí obsádka může tyto výkyvy redukovat (Pokorný et al., 2017).



Obr. č. 5: Perloočka (*Cladocera*) z rybníka Nový Vrbenský chycená za pomoci vrhací planktonky (foto: autor)

1.4.1 Nadměrná velikost obsádky

Současná vysoká úroveň eutrofizace rybníků je následkem vysokého přetížení živinami. Účinek vysoké úrovně živin je zdůrazněn top-down efektem, kterým je ovlivňována biomasa zooplanktonu prostřednictvím velké rybí obsádky (Potužák et al., 2007).

Eliminace klíčových druhů zooplanktonu (například velké perloočky) už na jaře je zapříčiněna příliš vysokou rybí obsádkou (přesná hodnota závisí na velikosti rybníku průměrné hloubce, výskytu plevelných ryb atd.). Stádium čisté vody se tak na jaře vyskytuje jen několik týdnů anebo vůbec. Následuje masivní nárůst fytoplanktonu (hlavně koloniálních sinic). Fytoplankton se začne hromadit u hladiny a průhlednost nepřesáhne zpravidla 20 cm. Přesycení horní části vodního sloupce, společně s deficitem kyslíku v zastíněné části sloupce, je zapříčiněn intenzivní fotosyntetickou reakcí. Vysoké pH (hodnoty 9–10), které zvyšují riziko uvolnění NH_3 ze dna, jsou vyvolány s vyčerpáním volného oxidu uhličitého fotosyntézou. Při prudkém zhoršení počasí sinice hromadně umírají a jejich rozkladem se spotřebovává kyslík, tím ve vodním sloupci může docházet k deficitům kyslíku (Pokorný et al., 2017).

Koloniální sinice jsou neadekvátní potravou zooplanktonu. Jejich vysoká primární produkce je jen málo úživná a tím i málo využívaná v dalších trofických úrovních (Potužák, 2007).

1.4.2 Nízká obsádka

Při přípravách plánů péče o rybníčních rezervacích se často zvažuje nechat rybník buď zcela bez obsádky nebo s minimální obsádkou. Toto opatření by mělo napomoci rozvoji makrofyt a potravní nabídky pro vodní ptactvo. Rozvoji velkého zooplanktonu se v rybníce s malou obsádkou začne dařit a fotická část rybníka zůstává vysoká. Tento ekosystém je ale nestabilní a jeho vývoj je spojen z mnoha riziky.

Pokorný et al. (2017) udává, že příliš malá rybí obsádka nestačí zooplankton regulovat a velké perloočky se přemnoží a eliminují fytoplankton. Fotosyntetická produkce kyslíku fytoplanktonem nestačí pokrýt spotřebu rybníka a dochází ke kyslíkovému deficitu, který zahubí jak ryby, tak zooplankton. Po určité době dojde k rozvoji makrofyt, sinic a řas, které nejsou likvidovány zooplanktonem. Dojde k rozvoji vláknitých řas (jako například “žabí vlas”) v mělké vodě, které dokáží při fotosyntéze využít i uhlík s hydrogen uhličitany čímž se, pH v jejich porostech zvyšuje až na 11. Dochází také k rozvoji rychle rostoucích makrofyt (například vodní mor kanadský, růžkatec ponořený nebo stolístek klasnatý). Živiny jsou vázány do těchto makrofyt a koncentrace živin ve vodě je nízká, vzniká stav: zdánlivé (sekundární) oligotrofie. V hustých porostech makrofyt se v létě vytvářejí podobně nevyrovnané podmínky jako ve vodě s velkou biomasou fytoplanktonu (viz. 1.3.1. Nadměrná velikost obsádky). Následně neobsazenou potravní niku obsadí plevelné nebo nepůvodní planktonofágní ryby (například střevlička východní, karas stříbřitý, perlín ostrobřichý nebo plotice obecná). To vede k velkému rozvoji fytoplanktonu, ve kterém převládají sinice.

1.5 Vlivy invazních ryb na potravní vztahy

Invazní druhy jsou organismy, které se rychle šíří na značné vzdálenosti od mateřských populací a zpravidla obsadí rozsáhlé území. Na rozdíl od původních druhů, které na území vznikly v průběhu evoluce, nebo se do něj dostal bez přispění člověka (Pyšek, 2008).

Střevlička východní žije v malých hejnech, zdržuje se u dna nebo v porostech litorální vegetace, kde probíhá i tření, které probíhá několikrát do roka (Hanel a Lusk, 2005). Byl prokázán silný predanční tlak střevličky na vodní plže odpovídající velikosti

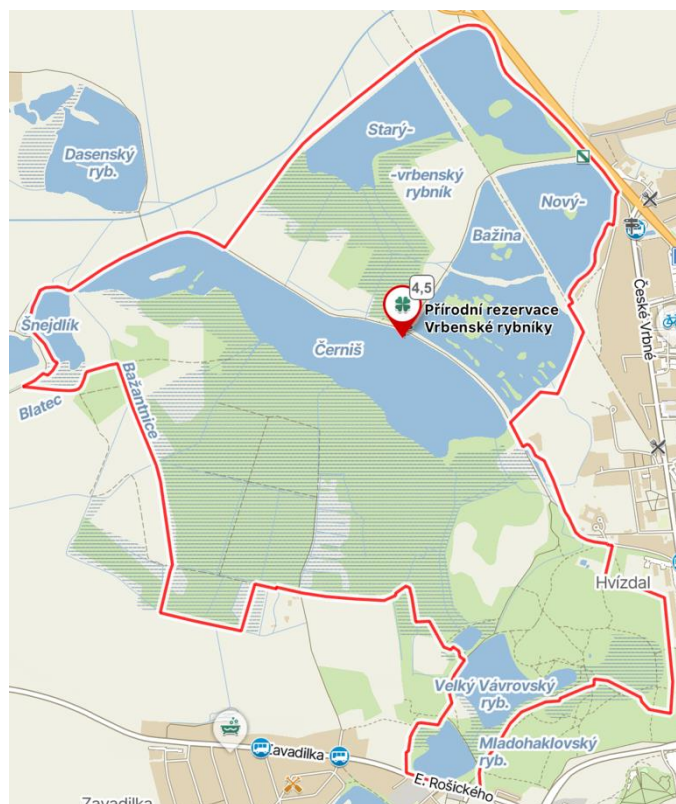
její potravy (Adámek a Kouřil, 1996). Kromě toho je střevlička fakultativní parazit napadající jiné druhy ryb, kterým poškozuje epitel i hlubší vrstvy kůže a břišní stěnu (Libosvářský et al., 1990). Je třeba usilovat o co nejvýraznější redukci populací střevličky východní. Jako prostředky ovlivňování tohoto druhu Adámek a Kouřil (1996) doporučují využívat zvýšenou obsádku dravých ryb, především candáta obecného, případně okouna říčního nebo okounka pstruhového, kteří střevličku preferují.

Slunečnice pestrá (*Lepomis gibbosus*) je dravec živící se převážně bezobratlými, v menší míře i rybami (Scott a Crossman, 2006). Populace by mohly být potravní konkurencí původních druhů ryb s obdobnou potravní biologií. Na některých lokalitách se tento druh etabloval. Početnost populací je patrně velmi malá a není předpoklad vzestupu jejich abundance v ČR (Šanda, 2006).

Karas stříbřitý žije v hejnech, při vysoké úspěšnosti páření dokáže vytlačit původní druhy ryb z dané lokality. Dokáže se pářit i s původním druhem karasem obecným (Hanel a Lusk, 2005). Jeho výskyt na našem území je hodnocen jako jednoznačně negativní (Lusk a Kirka, 1980). Představuje vážnou hrozbu pro původní druhy ryb z hlediska potravní i prostorové kompetice. Je potravním konkurentem kapra a jiných cílových kaprovitých druhů ryb v rybnících. Přemnožené populace karase stříbřitého vedly k poklesu produkce kapra (Adámek a Kouřil, 1996). Bylo by vhodné tento druh tlumit a likvidovat na všech místech výskytu. Jako metody tlumení a likvidace Šanda (2006) doporučuje zvýšené vysazování dravých ryb v místech výskytu a případně i aktivní selektivní odlov z volných vod, např. pomocí elektrolovu. V rybnících lze doporučit pečlivé třídění násad, aby se zabránilo dalšímu rozšiřování při převozech násad jiných druhů ryb.

1.6 Charakteristika zkoumaného území (ES 2009/147 o ptácích)

Chráněné území kategorie přírodní rezervace (PR) v blízkosti Českých Budějovic (obr. č. 6) bylo vyhlášeno 1. 4. 1990 na ploše 245,80 ha. V roce 1992 bylo území zařazeno do kategorie přírodní rezervace o stejné výměře. 14.11. 2013 bylo rozšířeno na současnou výměru 315,78 ha. Od roku 2005 se zařadilo do seznamu Evropsky významných lokalit (EVL) a od roku 2009 je součástí ptačí oblasti Českobudějovické rybníky (Albrecht, 2003).



Obr. č. 6: Mapa PR Vrbenské rybníky(měřítko 1:200000) (Mapy.cz, 2024)

Po vyhlášení maloplošného zvláště chráněného území a jeho zařazení do kategorie přírodní rezervace byl v roce 1993 zpracován Plán péče pro období 1993-97 (Albrecht a Pykal), který stanovil některá omezení rybníkářského hospodaření. Platnost Plánu péče byla posléze v roce 2000 orgánem ochrany přírody (Krajským úřadem Jihočeského kraje) prodloužena do 30. 6. 2008.

Agentura ochrany krajiny a přírody (AOPK) popisuje oblast jako rozsáhlý komplex vodních, mokřadních, lučních a lesních ekosystémů vysoké přírodovědecké hodnoty v těsné blízkosti krajského města s výskytem vzácných, chráněných a biogeograficky významných druhů rostlin a živočichů.

Z geomorfologického hlediska lokalita leží ve východní části ploché Zlivské pánve (jižní část Českobudějovické pánve), s celkovým minimálním rozpětím 360 – 395 m n. m. Reliéf je tvořen plochým terénem pánevního dna, který je přirozeně zvlněný pouze v řádu několika metrů na vzdálenostech stovek metrů. Z hlediska pedologie převažuje v celé širší oblasti pseudoglej primární, v rámci lokality převažuje jako půdní typ glej typický (Natura 2000).

1.6.1 Fauna a flóra

Flóru tvoří mokřadní rostliny jako jsou: šmel okoličnatý (*Butomus umbellatus*), d'áblík bahenní (*Calla palustris*), ptačinec dlouholistý (*Stellaria longifolia*), žebratka bahenní (*Hottonia palustris*). Mezi kriticky ohrožené druhy flóry, které jsou i předmětem ochrany patří: kaprad' hřebenitá (*Dryopteris cristata*), kotvice plovoucí (*Trapa nanshanensis*), plavín štítnatý (*Nymphoides peltata*) a další. Hráze rybníků jsou významným stanovištěm ohrožených druhů hub, které jsou vázány mykorrhizou na duby (Chytil et al., 1999)

Fauna je zde zastoupena především bezobratlým hmyzem, který je vázán na mokřady a duby na hrázích. Je zde potvrzen výskyt 900 druhů motýlů. Z denních motýlů je zde významná populace modráška bahenního (*Maculinea nausithous*). Porosty stromů na hrázích jsou osidlovány páchníkem hnědým (*Osmoderma barbanita*) a tesaříkem obrovským (*Cerambyx cerdo*). Vzhledem k velké rozmanitosti a množství vodních ploch je zde mnoho druhů obojživelníků a ptáků. Ze silně ohrožených obojživelníků čeledi ocasatí se na území nachází čolek velký (*Triturus cristatus*) a čolek obecný (*Triturus vulgaris*). Z čeledi skokanovití skokan ostronosý (*Rana arvalis*), skokan zelený (*Pelophylax esculentus*) a skokan skřehotavý (*Pelophylax ridibundus*). Z třídy ptáci je nejvíce zastoupeným druhem racek chechtavý (*Larus ridibundus*) jehož kolonie má 2–3 tisíce jedinců. Ze silně ohrožených druhů ptáků zde hnízdí rybák obecný (*Sterna hirundo*), volavka stříbřitá (*Egretta garzetta*) nebo rákosník velký (*Acrocephalus arundinaceus*) (Chytil et al., 1999)

1.6.2 Specifika obhospodařování rybníků v EVL Vrbenské rybníky

Hospodaření na rybnících, které jsou přírodní rezervací nebo jinak chráněnou lokalitou, má své specifické požadavky. Evropsky významná lokalita Vrbenské rybníky mají svá specifika obsažena v "Plánu péče o EVL", který byl zpracován v roce 2014 a jeho platnost byla v roce 2024 prodloužena. Jedním ze zásadních opatření pro ochranu EVL je zachování druhově i stanovištně pestrých rybníčních ekosystémů, které poskytují potravu primárnímu předmětu ochrany – mokřadnímu a vodnímu ptactvu. Velikost rybích obsádek by měla být adekvátní k udržení pestrých rybníčních ekosystémů s dostatkem potravy (vodní bezobratlé organismy) pro vodní ptáky. V jarním období by neměla klesnout průhlednost vody na rybnících pod 40 až 50 cm. Měl by převažovat střední až velký zooplankton. Pokud by tomu tak nebylo a průhlednost by byla nižší, mělo by se přistoupit ke změně velikosti obsádky v příštím hospodářském roce. Na všech rybnících Vrbenské soustavy je zakázáno hnojení (Křivan et al., 2014).

1.7 Průběh revitalizace rybníků Vrbenské soustavy

V ptačích rezervacích má velký význam nejen rybník samotný, ale také jeho pobřežní porosty, v němž ptáci hnízdí a hledají potravu. Z Vrbenských rybníků mají největší význam pro ochranu vodního ptactva rybníky Domin a Bažina, které měly v minulosti rozsáhlé litorální porosty. Na plošné ubývání těchto porostů v r. 2010 upozornil pracovník AOPK Jiří Pykal. Poté J. Pokorný (ENKI, o.p.s.) a H. Čížková (ZF JU) provedli terénní šetření na rybníce Bažina, kde se dosud zbytky litorálních porostů vyskytovaly. Následovalo setkání se zástupci firmy Lesy a rybníky města České Budějovice a KÚ Jihočeského kraje. V něm se navrhlo zimování rybníka pro provzdušnění sedimentu a po něm částečné letnění, při němž by se podpořila vegetativní i generativní obnova dominantního orobince úzkolistého na obnaženém sedimentu. Při letnění skutečně došlo k regeneraci porostů. Kvůli nedostatku vody v níže položeném rybníku Nový Vrbenský však byla hladina v polovině července zvednuta i na r. Bažina, čímž se mladé porosty orobince zpřístupnily huse velké. Její populace tyto porosty zlikvidovala během dvou následujících týdnů.

V letech 2013–2016 probíhal podobný výzkum s cílem objasnit ústup litorálních porostů na rybníce Bažina za účasti R. Svidenského (ZF JU), A. Kučerové (BÚ AV ČR) a H. Čížkové (ZF JU).

Rybníky Bažina a Domin byly odbahněny v letech 2020 až 2021. Zakázku na odbahnění již zmíněných rybníků zadal Jihočeský kraj a jeho zprostředkovatelem se stala třeboňská firma Hydrokov s.r.o. Revitalizace byla rozdělena do dvou etap. V první etapě došlo k odbahnění rybníku Bažina, vytvoření tří nových ostrovů na rybníce a dalším pracem (například výměně výpusti). V druhé etapě byl odbahněn rybník Domin a proběhla rekonstrukce jeho 21 ostrovů.

2 Cíle práce

Rámcovým cílem práce byl monitoring fyzikálně chemických ukazatelů na čtyřech rybnících Vrbenské soustavy, konkrétně dvou rybníků po revitalizaci (Bažina a Domin) a dvou produkčních rybníků (Nový Vrbenský a Černiš). Dílčí cíle zahrnovaly:

- Monitoring sezonní dynamiky fyzikálních (průhlednost vody, teplota vody) a chemických (pH, obsah O₂, elektrická vodivost) parametrů.
- Porovnání kvality vody mezi rybníky produkčního charakteru a rybníky které jsou extenzivně obhospodařovány
- Porovnání kvality vody rybníka Bažina před a po jeho revitalizaci.

3 Materiál a metodika

3.1. Měřené hodnoty

Měření probíhalo od března do září roku 2023 v ranních hodinách, v měsíčních intervalech a za různých klimatických podmínek. Celkem bylo měření opakováno tedy sedmkrát. Hlavními měřenými parametry byly: teplota vzduchu a vody, hodnota pH, koncentrace O₂ ve vodě a elektrická vodivost. Mezi další parametry patřila: výška vodního sloupce a průhlednost vody která byla měřena Secchiho deskou.

3.2. Kalibrace přístroje

Jednotlivé parametry jsem měřil pomocí přenosného multimetru značky WTW 3430 s třemi konektory na jednotlivé elektrody. Senzor na měření pH musel být před každým měřením zkalibrován, a to na hodnotu pH 7 a pH 9,18. Pokud se tak nestalo, docházelo k odchylkám, které způsobovaly nepřesnosti v měřených údajích.

Kalibrace senzoru měřícího koncentraci O₂ ve vodě byla překontrolována také před odběrem. Spočívala v změření obsahu kyslíku v komůrce, která obsahovala vzduch nasycený vodní párou.

Kalibrace elektrody elektrické konduktivity byla provedena jen jednou před měřením.

3.3. Místa měření

Měření probíhalo na čtyřech rybnících Vrbenské soustavy. Na rybníce Nový Vrbenský probíhalo měření z výpusti (příloha č. 17) na začátku naučné stezky “Po hrázi Vrbenských rybníků”. Rybník Bažina byl monitorován z menšího výpustného zařízení (“požeráku”) (příloha č. 15) stejně jako rybník Černiš. Na rybníce Domin probíhalo měření ze sjezdu pro rybářskou techniku vedle jeho hráze (příloha č. 16).

Měření probíhalo v čtyřech hloubkách, a to v 10 centimetrech pod hladinou, 50 cm, 100 cm a na dně.

Naměřené hodnoty (příloha č. 1) byly následně zpracovány do grafické podoby .

4 Výsledky a diskuse

4.1 Sezónní průběh fyzikálně chemických parametrů

4.1.1 Průhlednost vody

Na začátku vegetační sezóny r. 2023 (obr. č. 7) byla průhlednost u všech rybníků nad 100 cm. Konkrétně na revitalizovaných r. Bažině a Dominu 115 cm. Na produkčních r. Černiš a N. Vrbenský až 145 cm.

Stádium čisté vody skončilo na revitalizovaných r. Bažině a Dominu přibližně v polovině května, kdy se průhlednost snížila. Na r. Černiš a Nový Vrbenský skončilo období čisté vody v druhé dekádě června.

Nižší hodnoty průhlednosti byly zaznamenány od konce stádia čisté vody, kdy se průhlednost začala snižovat na všech rybnících. V červnovém odběru na konci druhé dekády měsíce se průhlednost na r. Bažina snížila pod 40 cm. Na r. Dominu se průhlednost snížila pod 100 cm. Na produkčních rybnících zůstala průhlednost v červnu ještě vcelku vysoká (kolem 135 cm).

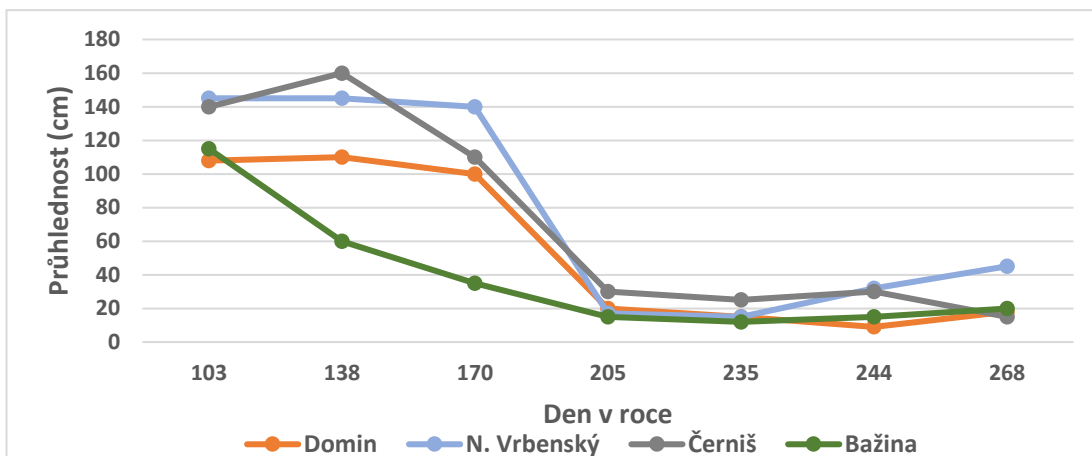
Po půlce srpna nastalo letní minimum průhlednosti na všech rybnících. Konkrétně na r. Bažina činilo 12 cm, na r. Dominu průhlednost poklesla na 15 cm. Na r. Černiš byla naměřena minimální hodnota průhlednosti v srpnu 25 cm. Na r. Nový Vrbenský byla průhlednost pod 20 cm.

Průhlednost na konci vegetačního období dosahovala na všech rybnících do 20 cm, kromě r. Nový Vrbenský kde se zvýšila na 45 cm.

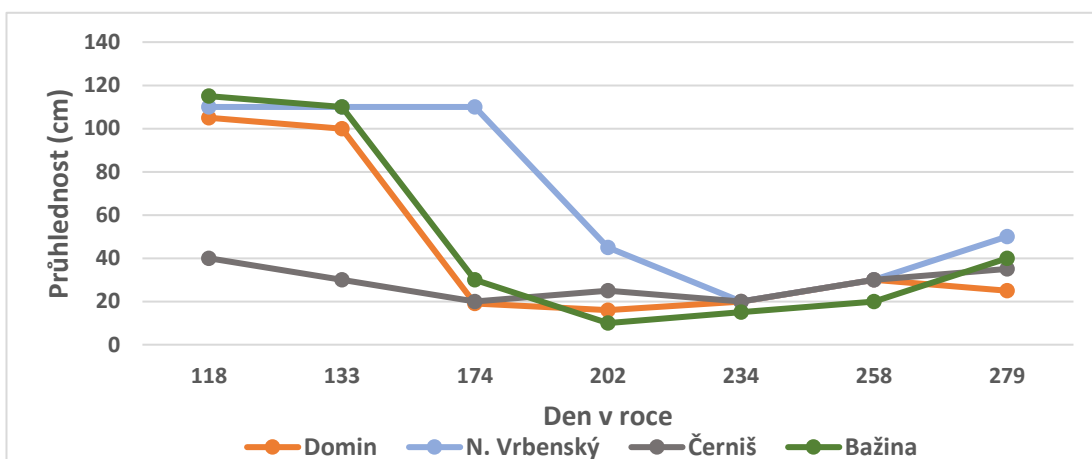
Rybníky revitalizované (Bažina a Domin) měly kratší stádium čisté vody oproti rybníkům produkčního charakteru (Černiš a Nový Vrbenský).

Podobně jako v r. 2023 byly i v letech 2022 (obr. č. 8) a 2021 (obr. č. 9) rybníky na začátku vegetační sezóny průhledné až na dno. Výjimkou byl r. Černiš v r. 2022, který byl na druhém horku. Na Bažině v r. 2021 byla na počátku sezóny průhlednost sice vysoká (84 cm), ale na dno nedosáhla (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).

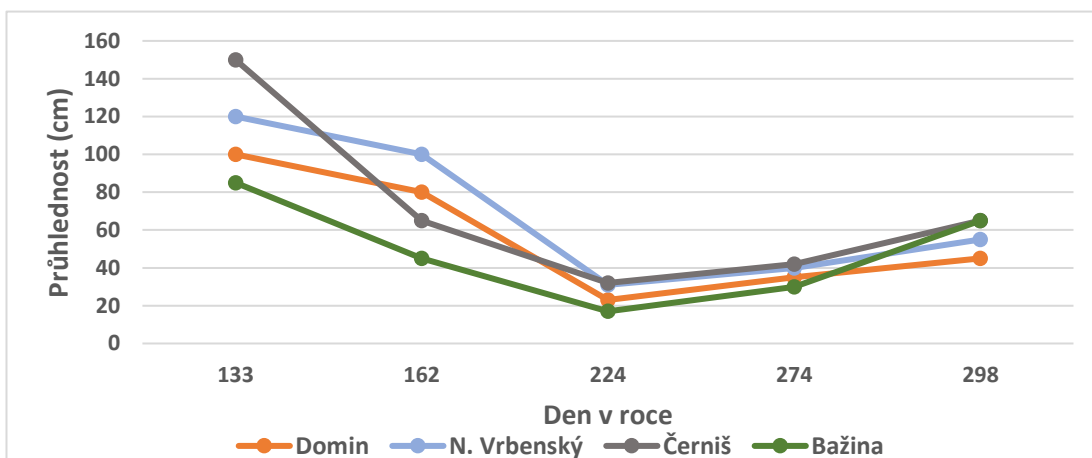
Letní minima průhlednosti v letech 2022 a 2021 byly podobné s rokem 2023. Letní minima roku 2021 taktéž nastala v srpnu. Na rozdíl od letního minima v roce 2023, které nastalo v srpnu na všech rybnících, nastalo letní minimum v roce 2022 už v červenci. Kromě r. Nový Vrbenský, kde nastalo letní minimum také v srpnu stejně jako v roce 2023. Hodnoty letního minima průhlednosti v roce 2022 byly nepatrně vyšší (maximálně o 5 cm) než v roce 2023 (Kučerová a Čížková, nepublikovaná data, 2022).



Obr. č. 7: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2023



Obr. č. 8: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2022 (Kučerová a Čížková, 2022)



Obr. č. 9: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2021 (Kučerová a Čížková, 2021)

4.1.2 Teplota vody

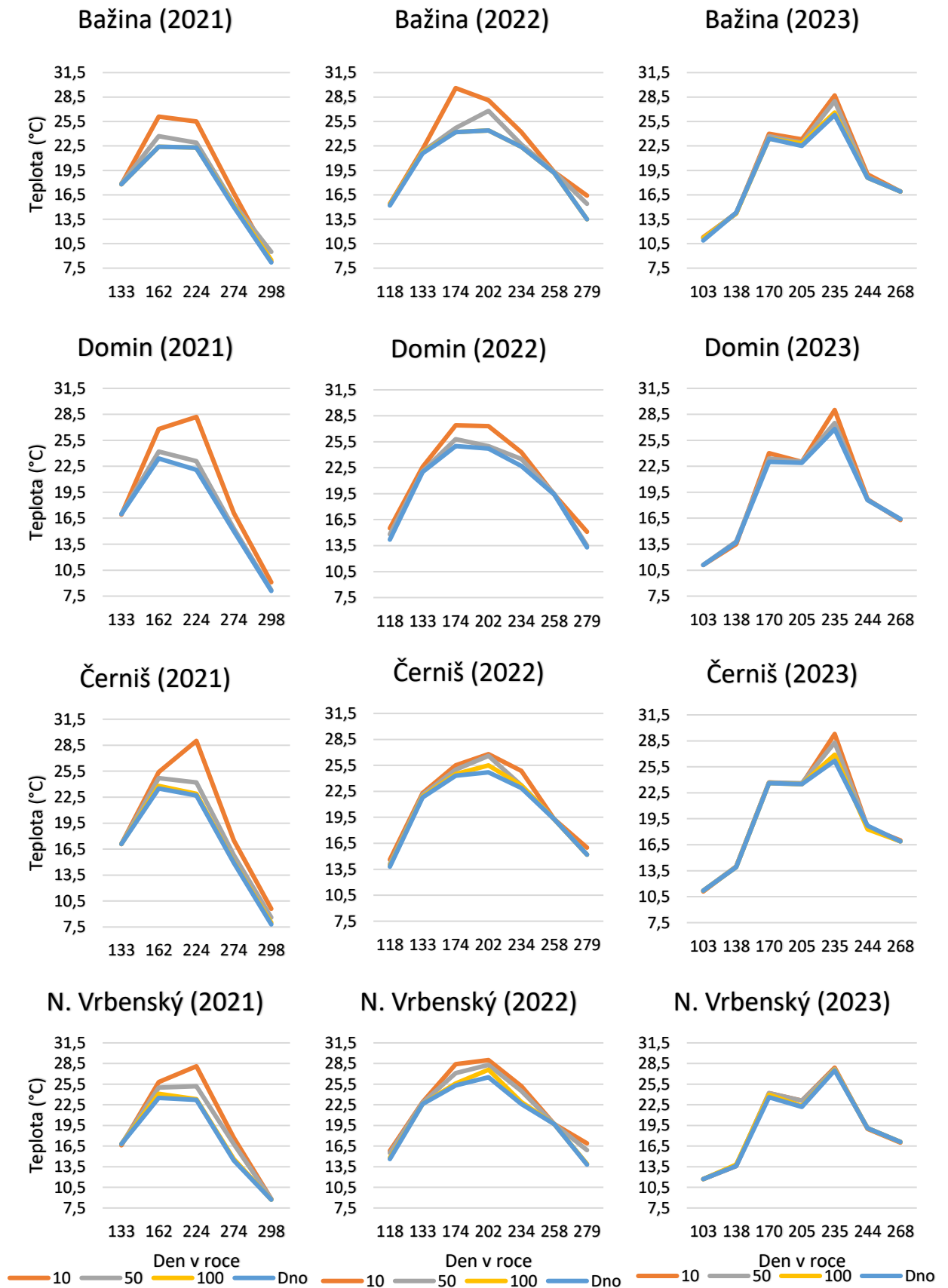
Při prvním odběru roku 2023, v první dekádě měsíce dubna, bylo rozpětí teplot vody v závislosti na hloubce minimální. Největší rozdíl byl pozorován na r. Bažina, kde byl rozdíl mezi hladinou a dnem 0,5 °C. Na všech rybnících byla naměřena teplota kolem 11 °C. V druhé dekádě měsíce května se teplota zvedla na hodnoty okolo 14 °C na všech rybnících. V červnu teploty vody dosahovaly až 24 °C na všech rybnících u hladiny. Projevila se i mírná teplotní stratifikace, kdy u dna teploty poklesly oproti hladině až o 1 °C. V červencovém odběru se projevilo chladnější počasí, které snížilo teploty vody na všech rybnících o přibližně 1 °C.

Letní maxima teplot byla zaznamenána v půlce srpna, kdy na všech rybnících byla naměřena teplota u hladiny v rozmezí 28–29 °C (třetí sloupec obr. č. 10). V srpnovém odběru už byla znatelná stratifikace teplot ve vodním sloupci. Na všech rybnících dosahovala stratifikace teplot až 3 °C (r. Černiš, třetí sloupec obr. č. 10), kromě rybníka Nový Vrbenský, kde rozvrstvení teplot ve vodním sloupci činilo pouze 0,5 °C.

Gradient teplot se vyrovnal s deštivým počasím na začátku září, kdy rozdíl mezi hladinou a dnem činily maximálně 0,5 °C. Teploty u hladiny se snížily ze srpnových 29 °C na teploty kolem 19 °C. Při posledním odběru na konci září teplota ještě poklesla na hodnoty kolem 17 °C na všech rybnících. Teplotní stratifikace už nebyla na rybnících zaznamenána.

V porovnání s lety 2022 a 2021 byla teplota na jaře roku 2023 nižší. Už v dubnu v roce 2022 dosahovala teplota až 15 °C (druhý sloupec obr. č. 10) a v květnu dokonce 23 °C. Teplotní stratifikace na začátku roku 2022 byla výraznější než v roce 2023 v stejném období. V roce 2021 byla teplota na jaře (půlka května) v rozmezí 17–18 °C na všech rybnících. Teplotní stratifikace v roce 2021 na jaře nebyla zaznamenána (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).

Teplotní maxima byla v roce 2023, která nastala v srpnu, měla podobný charakter jako v roce 2021, kdy začala ve stejný měsíc. Oproti tomu v roce 2022 nastala maxima teplot už o měsíc dříve. V roce 2022 převládala v červenci (přibližně týden) vlna veder, kdy teplota vzduchu stoupla až na 32 °C (v poledne). Největší teplotní stratifikace byla zaznamenána v roce 2022 právě v červencovém odběru, kdy rozdíl teplot mezi hladinou a dnem dosahoval 5 °C (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).



Obr. č. 10: Teplotní rozvrstvení v vodním sloupci během let 2021-2023 (Kučerová a Čížková, nepublikovaná data)

4.1.3 Hodnoty pH

Na začátku vegetační sezóny v roce 2023 (třetí sloupec obr. č. 11) byly na revitalizovaných rybnících hodnoty pH ve vodním sloupci extrémně vysoké (v polovině dubna bylo na Bažině naměřeno pH=9,8 a na Dominu dokonce pH=10,3).

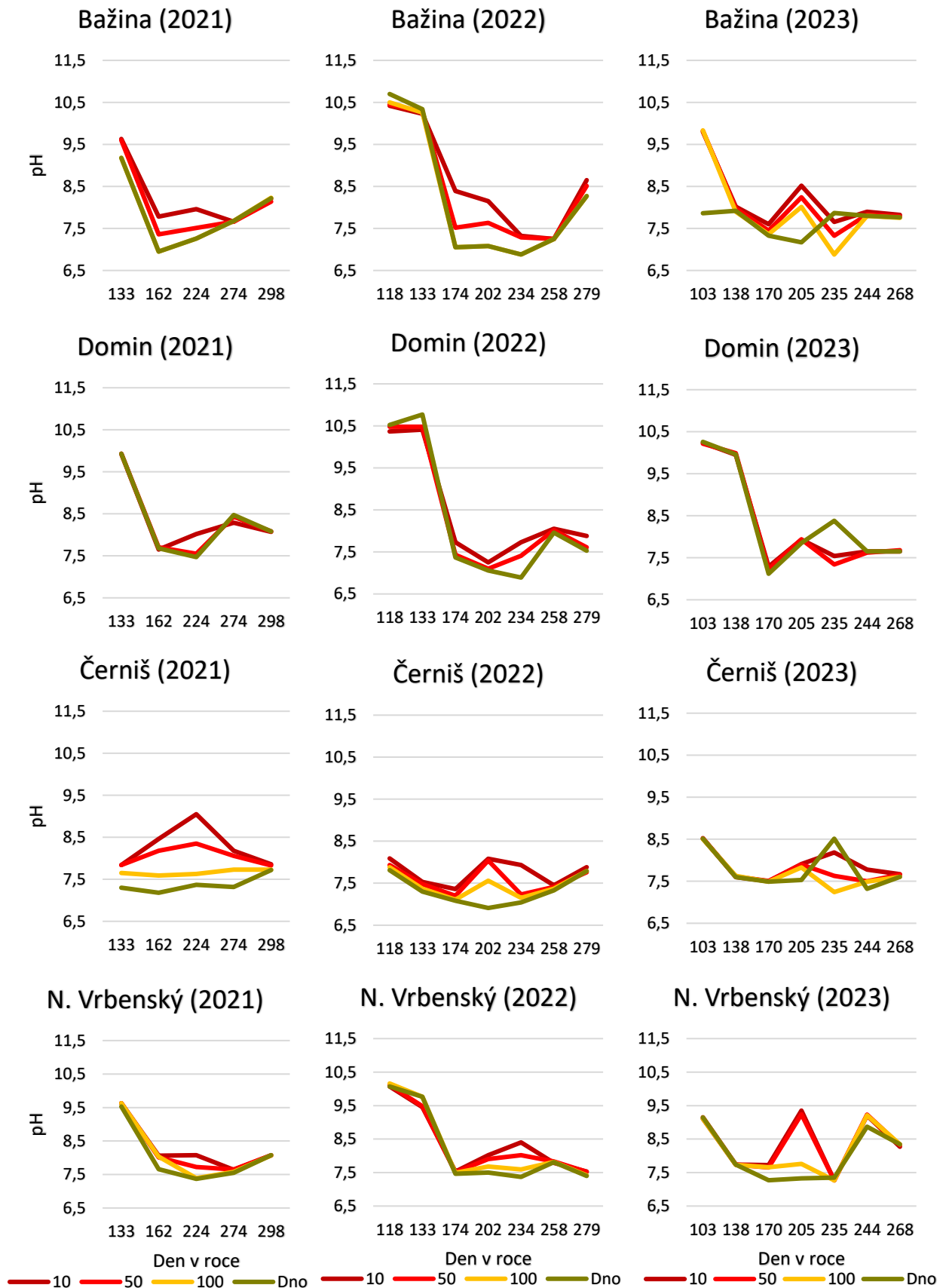
Vysoké hodnoty přetrvávaly až do května, kdy na rybníce Domin byla naměřená hodnota pH 10. Na ostatních rybnících se pH snížilo na hodnoty kolem 8.

V červnu na revitalizovaných rybnících hodnoty oscilovaly kolem 7,8 – 8,5. Na intenzivně obhospodařovaných rybnících hodnoty pH vzrostly, na Novém Vrbenském až na 9,3 u hladiny a 8,4 u dna, na Černiši nebylo zvýšení tak výrazné. V červenci pH na rybníce Nový Vrbenský kleslo na 8. V srpnu se hodnoty pH pohybovaly od 7 do 8 na všech rybnících. V září bylo pH stabilizované na všech rybnících kromě Nového Vrbenského, kde pak vzrostlo až na 9,2 u hladiny.

Nejnižší naměřenou hodnotou bylo 7,12 na rybníce Domin na dně při květnovém odběru. Nejvyšší naměřené pH bylo na rybníce 10,2 na stejném rybníce v měsíci březnu.

Podobně jako v roce 2023 i v předchozích letech bylo pH také vysoké na začátku vegetační sezóny na revitalizovaných rybnících (druhý sloupec obr. č. 11). Takto vysoké pH je problematické z důvodu uvolňování volného amoniaku ze dna (viz. kapitola 1.2.1.), který je letální pro ryby. Na intenzivně obhospodařovaném rybníce Černiš bylo pH podobné na začátku vegetační sezóny v roce 2023 i v roce 2022. Na rozdíl od rybníku Nový Vrbenský, kde bylo pH naopak vyšší v roce 2022 nežli v roce 2023.

Podobně jako v roce 2023, ani v předchozích letech maximální hodnoty pH u hladiny v létě nepřesahovaly hodnoty nad 8,5. Výjimkou byl rybník Černiš, kdy v roce 2021 pH dosáhlo 9. Letní hodnoty pH u dna rybníků v letech 2021 a 2022 byly opět velmi podobné hodnotám zjištěným v roce 2023 (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).



Obr. č. 11: Grafické vyjádření hodnot pH v letech 2021-2023 (Kučerová a Čížková, nepublikovaná data)

4.1.4 Saturace O₂ ve vodním sloupci

V roce 2023 v jarním období byla na rybníce Bažina saturace kyslíku u hladiny (a do 100 cm) vysoká kolem 130 %, ale u dna byla voda anoxická. Tento jev se na ostatních rybnících neprojevil. Na rybníce Domin dosahovalo nasycení vody kyslíkem přibližně 95 % ve všech měřených hloubkách. Stejně jako na Dominu byly rybníky Nový Vrbenský a Černiš nasyceny kyslíkem ve všech hloubkách podobně. Konkrétně na Černiši kolem 113 % a na Novém Vrbenském rybníce kolem 115 % (třetí sloupec obr. č. 12).

Na rybníce Bažina bylo zaznamenáno prudké snížení hodnot, kdy bylo v dubnu zaznamenáno ještě 75 %. Následně nasycení klesalo až na hodnoty blízké 0 % v červnu. V červenci a srpnu se rozvinula stratifikace obsahu kyslíku ve vodním sloupci, avšak hodnoty u hladiny byly relativně nízké. Na třech rybnících (Domin, Bažina, Černiš) hodnoty nepřekročily 110% saturace. Na rybníce Nový Vrbenský byl obsah kyslíku u hladiny poněkud vyšší (až 130% saturace). Rybník Bažina zůstal hypoxický až do července. Následně s ochlazením se saturace kyslíku zvýšila. Dno rybníka Černiš se stalo hypoxickým v červnu.

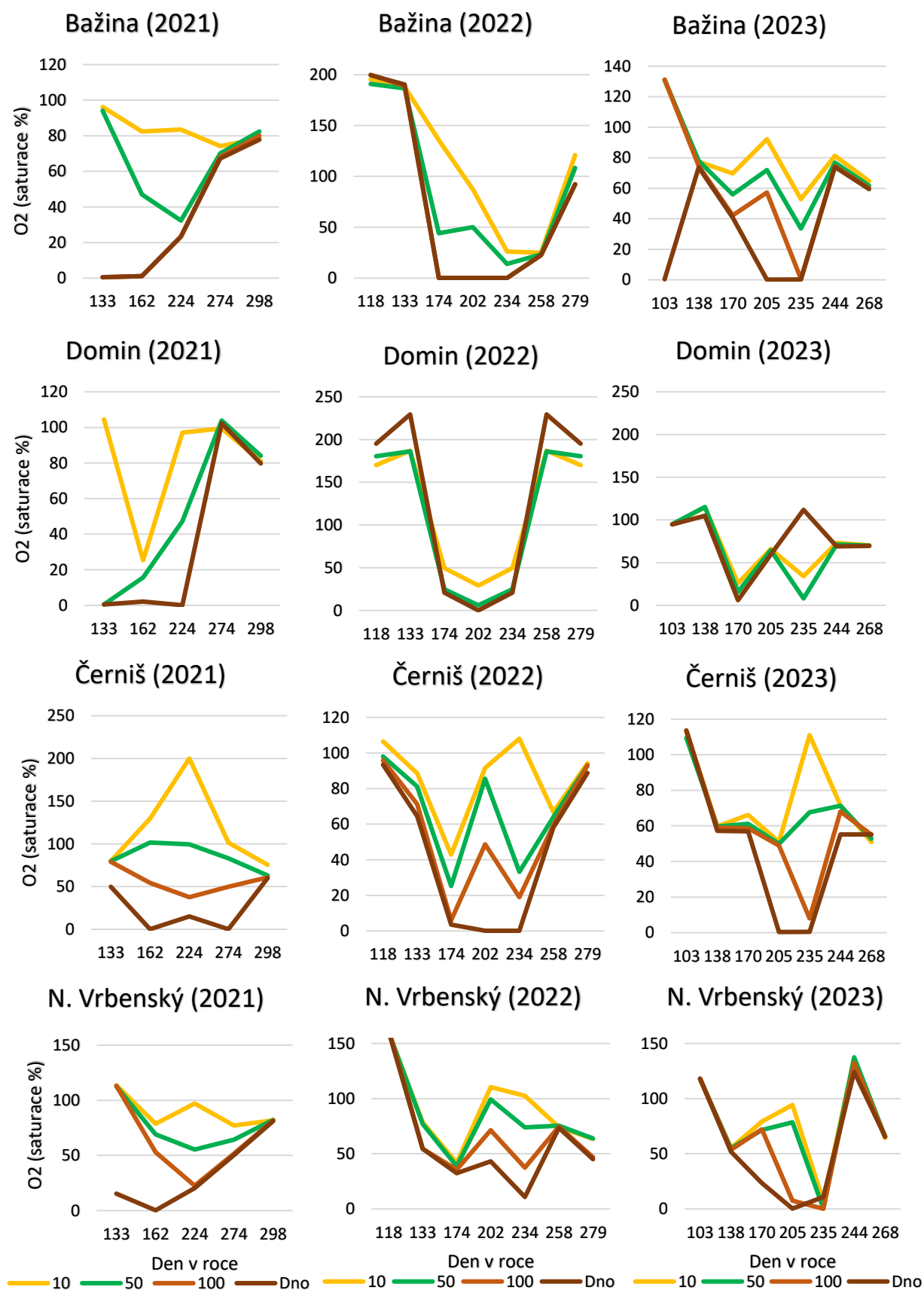
V létě se dle očekávání kyslík stratifikoval nejvíce. Letní rozvrstvení kyslíku ve vodním sloupci bylo nejvýraznější na rybníce Nový Vrbenský, kde saturace kyslíku u hladiny dosahovala 111 % a u dna hodnot >1 %. Zajímavý byl vývoj stratifikace kyslíku v létě na rybníku Domin, kde bylo dno více nasyceno kyslíkem oproti hladině.

Stabilizace hodnot přišla až s ochlazením v září, kdy se hodnoty saturovaného kyslíku zvýšily a hloubkové rozdíly už nebyly výrazné.

Ve srovnání se začátkem vegetační sezóny 2022 byla saturace kyslíku v roce 2023 v stejném období nižší o desítky %. V dubnu a květnu roku 2022 byla saturace kyslíku na rybnících Bažina a Domin blízko hodnot 200 % nasycení (druhý sloupec obr. č. 12). Produkční rybníky na začátku vegetační sezóny roku 2022 v dubnu byly nasyceny kyslíkem více než v roce 2023. Rozdíl ale nebyl tak veliký oproti revitalizovaným rybníkům. Ve srovnání let 2023 a 2021 je zřejmé ze začátku vegetační sezóny v roce 2021 nastala anoxická situace na dně rybníka Bažiny a Dominu. U produkčních rybníků tato situace nastala o měsíc později (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data)

Letní stratifikace kyslíku v letech 2022 a 2021 byla rozdílná oproti roku 2023. U dna všech rybníků s výjimkou rybníka Nový Vrbenský byla voda v roce 2022

anoxická. Tato situace nastala i v roce 2023 ale o měsíc později. V roce 2021 byla u dna anoxická voda pouze na rybníce Domin (224. den v roce) (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).



Obr. č. 12: Stratifikace O₂ ve vodním sloupci v průběhu let 2021–2023 (Kučerová a Čížková, nepublikovaná data)

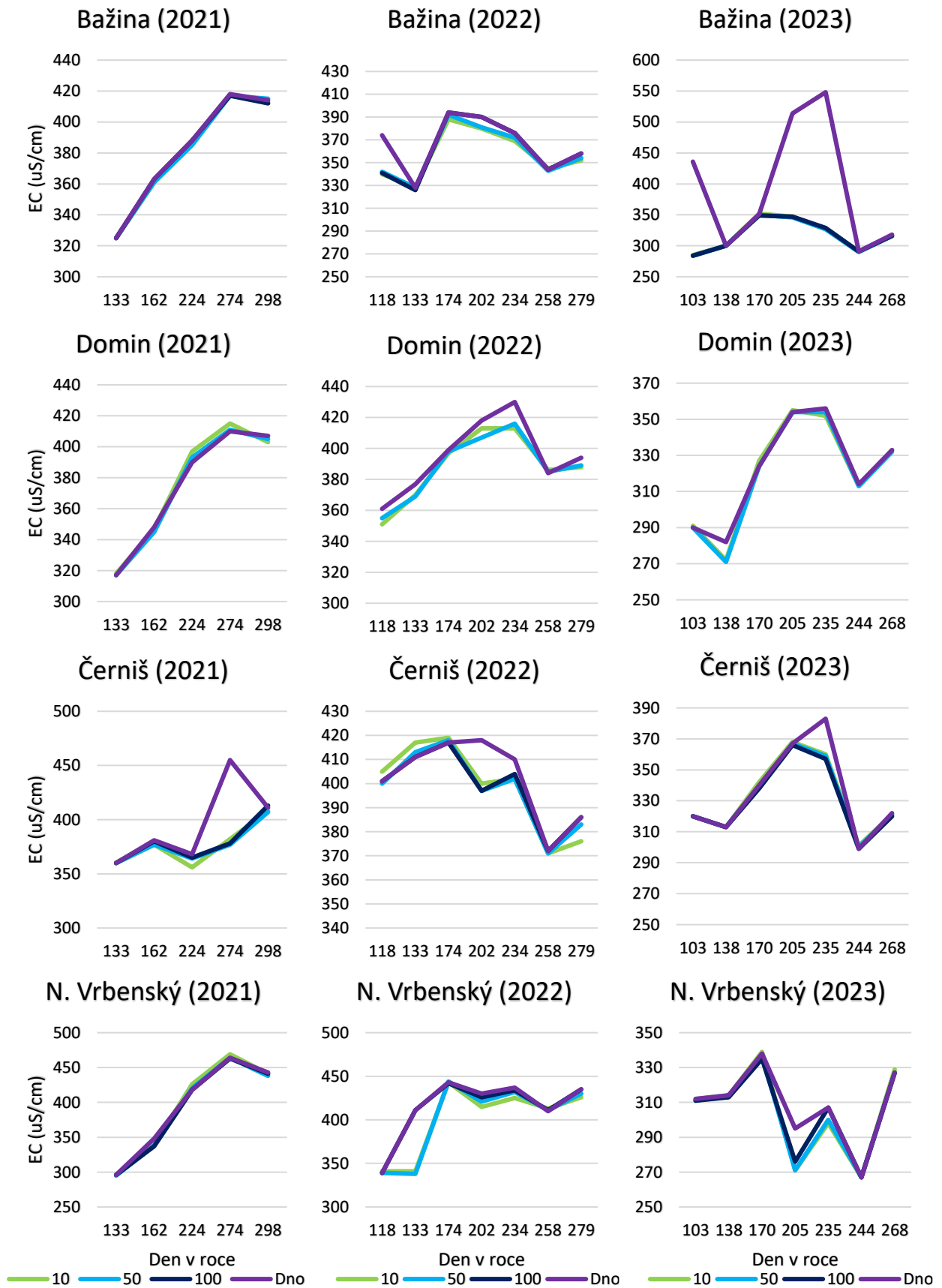
4.1.5 Elektrická vodivost (konduktivita)

Hodnoty elektrické vodivosti se pohybovaly v rozpětí 270–400 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (obr. č. 13) na všech rybnících ve vegetační sezóně 2023. Vodivost vzrostla začátkem dubna na všech sledovaných rybnících. Nadále rostla až do srpna, kromě rybníka Nový Vrbenský, kde kolísala v letním období. S ochlazením, vodivost opět klesla na všech rybnících.

Stratifikace elektrické vodivosti ve vodním sloupci byla nízká na všech rybnících. Jedinou výjimkou byl rybník Bažina, kde došlo k výraznému zvýšení elektrické vodivosti v červnu. Svého maxima dosáhly hodnoty u hladiny na rybníce Bažina na začátku srpna.

Elektrická vodivost byla na Vrbenských rybnících rozdílná oproti předchozím měřením v roce 2022, kdy došlo ke snížení naměřených hodnot na některých rybnících. Na r. Domin se průměrná hodnota vodivosti pohybovala kolem 321 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. V roce 2022 na stejném rybníce byla hodnota o 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ vyšší. Rybník Černiš měl průměrnou hodnotu vodivosti kolem 332 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ v roce 2023. Na stejném rybníce v roce 2022 byla hodnota o 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ vyšší. Ještě větší snížení bylo naměřeno na rybníce Nový Vrbenský ve stejném roce, kde rozdíl dosahoval přibližně 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na rybníce Bažina se průměrná elektrická vodivost snížila ze 361 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (2022) na 335 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (2023) (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).

Na revitalizovaných rybnících (Bažina a Domin) byly hodnoty vodivosti v průměru podobné s rokem 2021 a lišily se pouze o jednotky $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na rybnících s intenzivním obhospodařováním (Černiš a Nový Vrbenský) se hodnoty vodivosti v roce 2023 snížily. Konkrétně na Černiši o 50 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a na Novém Vrbenském o přibližně 90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Kučerová a Čížková, 2022 a 2021, nepublikovaná data).



Obr. č. 13: Elektrická vodivost a její stratifikace v letech 2021-2023 (Kučerová a Čížková, ne-publikovaná data)

4.2 Srovnání fyzikálně chemických poměrů rybníka Bažiny před odbahněním a po něm

Hodnoty před odbahněním v roce 2016 byly shrnuty do tří období během vegetačního roku. Na začátku vegetačního období roku 2016 (81–164 den v roce) byla voda průhledná až na dno. Nasycení vody kyslíkem bylo podobné ve všech svrchních vrstvách vodního sloupce a dosahovalo 80–130% saturace. Odlišná situace byla na dně, na němž obsah kyslíku nebyl měřitelný. Hodnoty pH měly podobný vývoj jako koncentrace kyslíku. Ve vodním sloupci bylo pH neutrální až mírně zásadité (7–8,5) a na dně kyselé až neutrální (6,5–7).

V letním období (182–242 den v roce 2016) průhlednost poklesla na 12 cm. Teploty vody na rybnících se zvyšovaly a s nimi i jejich stratifikace ve vodním sloupci. Za slunečného počasí dosahovala teplota těsně pod hladinou až 27 °C a na dně 21 °C. Koncentrace rozpuštěného kyslíku se také stratifikovala. U hladiny dosahovala až 200 % (180 den v roce), na dně se stala voda anoxickou. Hodnoty pH byly také stratifikované jako kyslík. U hladiny pH dosahovalo hodnoty kolem 9 a na dně bylo pH vody neutrální. Za deštivého počasí se vertikální rozdíly v hodnotách teploty, pH a kyslíku vyrovnaly a celý vodní sloupec byl hypoxický. Na podzim (>270. den v roce 2016) se průhlednost oproti létu zvýšila jen mírně (na 20 cm) a vertikální rozdíly teploty, pH a kyslíku za jasného počasí se zmenšily (Svidenský et al., 2018).

V letech 2021-2023, tedy 2-4 roky po odbahnění rybníka Bažiny, byly sezónní chody fyzikálně chemických parametrů ve vodě podobné jako před odbahněním. Na začátku sezóny přetrvávalo období čisté vody s vysokými hodnotami pH (až 10) a obsahu kyslíku (až 200 % saturace). Teplotní stratifikace však byla oproti roku 2016 v jarním období značně menší, dosahovala maximálně 0,6 °C. V létě se za slunečného počasí rozvíjela výrazná stratifikace teploty, pH a kyslíku a alespoň po část léta anoxie na dně. Jak je zřejmé z předešlého textu, sezónní chody fyzikálně chemických parametrů se vlivem odbahnění příliš nezměnily. Byly ale nalezeny výrazné rozdíly v chemických ukazatelích vody, z nichž klíčovým je obsah celkového fosforu. Před revitalizací měl rybník Bažina obsah celkového fosforu ve vodním sloupci 365 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což odpovídalo hypertorfnímu rybníku. Po odbahnění tyto hodnoty klesly na 49,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, čímž se podle trofie zařadil k eutrofním rybníkům.

5 Závěr

Během monitoringu fyzikálně chemických parametrů na revitalizovaných rybnících Bažina a Domin v roce 2023 byly získány podobné výsledky jako v předchozích dvou letech. Hlavními rysy byly:

1. průhlednost až na dno v jarním období a malá průhlednost v létě (≤ 20 cm)
2. problematické vysoké pH (až 10) a přesycení vody kyslíkem (200 % saturace) na začátku vegetačního období
3. výrazná vertikální stratifikace teploty, pH a kyslíku za jasného počasí v létě, kdy obsah kyslíku často přesahoval 100 % saturace a dno bylo alespoň v některých termínech anoxické
4. promíchání vodního sloupce za větrného a deštivého počasí, a s tím související hypoxie v celém vodním sloupci.

Pozitivní vliv odstranění sedimentu na rybnících Domin a Bažina se projevil výrazným snížením obsahu celkového fosforu ve vodě.

Seznam použité literatury

1. ADÁMEK a KOUŘIL, 1996. Nepůvodní druhy ryb posledních ryb. In: HALAČKA, K a S LUSK, ed. Biodiverzita ichtyofauny České republiky I. 1. Brno: ÚBO AVČR, s. 31-41.
 2. ALBRECHT J. a PYKAL J., 1993. Plán péče pro PR Vrbenské rybníky. České Budějovice: ČÚOP
 3. ALBRECHT, J, 2003. Chráněná území ČR. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 80-86064-65-4.
 4. BHATNAGAR, A a P DEVI, 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES [online]. 3(6), 1983 [cit. 2024-04-01]. ISSN 0976 – 4402. Dostupné z: doi:10.6088/ijes.2013030600019
 5. BRANDL P., BÜRGER P., PYKAL J., 2002: Ptáci přírodní rezervace Vrbenské rybníky u Českých Budějovic. Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy, 42, str. 61-1
 6. ČLUPEK, M, V PROKOPEC a G BRONCOVÁ, 2018. In-situ měření parametrů podzemních vod, pH, vodivosti a rozpuštěného kyslíku, ve štolě Josef: Pracovní text pro Podzemní výukové středisko Josef [PDF]. 1. VŠCHT Praha.
 7. DUVIGNEAUD, P. Ekologická syntéza. 2. vyd. Přeložil V. MEZŘICKÝ. Praha: Academia, 1988.
 8. HANEL, L a S LUSK, 2005. Ryby a mihule České republiky : rošíření a ochrana. Vlašim: Český svaz ochránců přírody Vlašim. ISBN 9788086327495.
 9. HARTMAN, P a J REGENDA, 2014. Praktika v rybníkářství. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. ISBN 978-80-7514-009-8.
 10. CHYTIL, J, P HAKROVÁ, K HUDEC, Š HUSÁK, J JANDOVÁ a J PELLANTOVÁ, ed., 1999. Mokřady České republiky: přehled vodních a mokřadních lokalit České republiky. 1. Mikulov: Český ramsarský výbor. ISBN 80-239-4675-7.
 11. KOSTOMAROV, 1958. Rybářství. In: HARTMAN, P a J REGENDA. Praktika v rybníkářství. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, s. 40. ISBN 978-80-7514-009-8.
 12. KRÍVAN V., 2014. Plán péče o EVL/ZCHÚ VRBENSKÉ RYBNÍKY
-

-
13. KUČEROVÁ, A, R SVIDENSKÝ a H ČÍŽKOVÁ, 2013. Průzkum litorálních porostů rybníku Bažina [PDF]. 1. České Budějovice, 15 s.
 14. KUČEROVÁ, A, R SVIDENSKÝ a H ČÍŽKOVÁ, 2018. Průzkum litorálních porostů rybníku Bažina [PDF]. 2. České Budějovice.
 15. LIBOSVÁRSKÝ, J, O BARUŠ a V ŠTĚRBA, 1990. Facultative parasitism of *Pseudorasbora parva*. In: *Folia zoologica*. 29. Brno: AVČR, s. 355-360. ISSN 01397893.
 16. LIEBSCHER, J a P RENDEK, 2020. Rybníky České republiky. In: DAVID, V. *Vybrané kapitoly z historie rybníků*. 1. Praha: ČVUT Praha, s. 9. ISBN 978-80-01-06804-5.
 17. LUSK, S a L HANEL, LUSKOVÁ, V, ed., 2011. Černý seznam nepůvodních invazivních druhů ryb České republiky. In: LUSKOVÁ, V, LUSK, L, ed. *Biodiverzita ichtyofauny ČR*. VIII. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR, s. 79-97. ISBN 978-80-87189-08-5.
 18. LUSK, S, a A KIRKA, 1980. Současné rozšíření a význam karase stříbřitého v Československu. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO 2006. *Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR*. 1. Praha: ČSOP, s. 374. ISBN 80-86770-17-6.
 19. MÍKA, A. *Slavná minulost českého rybníkářství*. Praha: Orbis, 1955. 59 s.
 20. PETRUSEK, A a J HEJZLAR, 2022. Když se ryby dusí aneb Příčiny a důsledky úbytku kyslíku ve vodách. *Živa*. 2022(2), 75-77. ISSN 0044-4812.
 21. PITTER, P, 2009. *Hydrochemie*. 4. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-701-9.
 22. POTUŽÁK, J., HŮDA, J. & PECHAR, L. Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds—impact of zooplankton structure. *Aquacult Int* 15, 201–210 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9085-2>
 23. PYŠEK, Petr, 2018. Historie, definice, hypotézy a budoucnost biologických invazí. *Živa*. 2018(5), 1-19.
 24. POKORNÝ, J, J REGENDA, M MUSIL, I PŘIKRYL, J RAJCHARD, A KUČEROVÁ a J KVĚT, 2017. Rybníky. In: ČÍŽKOVÁ, H, L VLASÁKOVÁ a J KVĚT, ed. *Mokřady: ekologie, ochrana, udržitelné využívání*. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, s. 209–234. ISBN 978-80-7394-658-6.
-

-
25. SCOTT, W.B. a E.J. CROSSMAN, 2006. Fresh water fishes of Canada. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR. 1. Praha: ČSOP, s. 387. ISBN 80–86770–17–6.
 26. SCHÄFERNA, K, 2006. Nové americké nadělení. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR. 1. Praha: ČSOP, s. 387. ISBN 80–86770–17–6.
 27. MAREŠ, J, 2015. Meliorace rybníků. In: SPURNÝ, P, R KOPP, P ŘEZNÍČKOVÁ a J MAREŠ. HYDROBIOLOGIE A RYBÁŘSTVÍ. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 232-233. ISBN 978-80-7509-345-5.
 28. ŠANDA, R, 2006. Karas stříbřitý. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR. 1. Praha: ČSOP, s. 374-375. ISBN 80–86770–17–6.
 29. ŠANDA, R, 2006. Slunečnice pestrá. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR. 1. Praha: ČSOP, s. 387-388. ISBN 80–86770–17–6.
 30. ŠANDA, R, 2006. Střevlička východní. In: MLÍKOVSKÝ, J a P STÝBLO. Nepůvodní druhy fauny a flóry ČR. 1. Praha: ČSOP, s. 391-392. ISBN 80–86770–17–6.
 31. Planning and Management of Lakes and Reservoirs: An Integrated Approach to Eutrophication, 2000. 2. Osaka, Japonsko: UNEP International Environmental Technology Centre. ISBN 9280718193.
 32. SVIDENSKÝ, Richard, Andrea KUČEROVÁ a Hana ČÍŽKOVÁ, 2021. Causes of the dieback of littoral stands in an overpopulated water-bird reserve: Role of eutrophication, fish and geese. EUROPEAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES [online]. 2021-12-14, 11(2), 79-90 [cit. 2024-04-03]. ISSN 2336-1964. Dostupné z: doi:10.14712/23361964.2021.9
-

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Hladká a lysá forma kapra (foto: autor)	10
Obr. č. 2: Závislost rozpustnosti plynů na teplotě (Hartman a Regenda, 2014)	14
Obr. č. 3: Zdroje a výdaje kyslíku v rybníce (Hartman a Regenda, 2014)	15
Obr. č. 4: Uhličitanový komplex (Hartman a Regenda, 2014).	16
Obr. č. 5: Perloočka (<i>Cladocera</i>) (foto: autor).....	19
Obr. č. 6: Mapa PR Vrbenské rybníky(měřítko 1:200000) (Mapy.cz, 2024)	22
Obr. č. 7: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2023.....	28
Obr. č. 8: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2022 (Kučerová a Čížková, 2022)	28
Obr. č. 9: Sezónní chod průhlednosti vody na rybnících Vrbenské soustavy v roce 2021 (Kučerová a Čížková, 2021)	28
Obr. č. 10: Teplotní rozvrstvení v vodním sloupci během let 2021-2023	30
Obr. č. 11: Grafické vyjádření hodnot pH v letech 2021-2023.....	32
Obr. č. 12: Stratifikace O ₂ ve vodním sloupci v průběhu let 2021–2023.....	34
Obr. č. 13: Elektrická vodivost a její stratifikace v letech 2021-2023.....	36

Přílohy

Datové přílohy:

Příloha č. 1: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za rok 2023 (zdroj: autor)

Příloha č. 2: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za rok 2022 (Kučerová a Čížková, 2022)

Příloha č. 3: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za rok 2021 (Kučerová a Čížková, 2021)

Fotografické přílohy:

Příloha č. 4: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí pozorovatelná vodního ptactva (20.4.2023, foto: autor)

Příloha č. 5: Rybník Domin, JV pohled, v pozadí kolonie racka chechtavého (20.4.2023, foto: autor)

Příloha č. 6: Rybník Černiš, JV pohled (20.4.2023, foto: autor)

Příloha č. 7: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí pozorovatelná vodního ptactva (18.5.2023, foto: autor)

Příloha č. 8: Rybník N. Vrbenský, JZ pohled, v pozadí ostrov a vegetace kvetoucí na hrázi mezi rybníky (18.5.2023, foto: autor)

Příloha č. 9: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí kolonie racka chechtavého (19.6.2024, foto: autor)

Příloha č. 10: Rybník Bažina, V pohled (24.7.2023, foto: autor)

Příloha č. 11: Rybník Domin, V pohled (24. 7. 2023, foto: autor)

Příloha č. 12: Rybník N. Vrbenský, na vodní hladině jsou výrazné kolonie sinic (24.7.2023, foto: autor)

Příloha č. 13: Rybník Domin, V pohled, v pozadí dva plovoucí ostrovy (15.8.2023, foto: autor)

Příloha č. 14: Rybník Černiš, JV pohled, naplavené sinice u hráze (15.8.2023, foto: autor)

Příloha č. 15: Výpustní zařízení na r. Bažina, zároveň plnilo i účel pro měření parametrů (1.9.2023, foto: autor)

Příloha č. 16: Vodní květ na r. Domin, foceno z místa měření – betonového sjezdu pro techniku (1.9.2023, foto: autor)

Příloha 17: Betonové stavidlo r. N. Vrbenský, také místo pro měření parametrů (1.9.2023, foto: autor)

Přílohy

Příloha č.1: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za vegetační sezónu roku 2023 (zdroj: autor)

Teplota (°C)								pH								O2 (saturace %)								Elektrická vodivost (uS/cm)							
Bažina								Bažina								Bažina								Bažina							
Hloubka	103	138	170	205	235	244	268	Hloubka	103	138	170	205	235	244	268	Hloubka	103	138	170	205	235	244	268	Hloubka	103	138	170	205	235	244	268
10	11,30	14,20	24,00	23,30	28,70	19,00	16,90	10	9,80	8,02	7,60	8,52	7,65	7,90	7,82	10	130,93	77,52	69,70	92,11	52,89	81,26	64,63	10	285	300	352	347	327	291	316
50	11,20	14,30	23,70	22,90	28,00	18,70	16,90	50	9,82	7,98	7,45	8,24	7,33	7,83	7,79	50	131,10	77,89	56,06	71,91	33,62	76,84	61,60	50	284	300	350	346	327	290	316
100	11,20	14,20	23,40	22,80	26,60	18,60	16,90	100	9,83	7,90	7,36	8,01	6,88	7,80	7,75	100	131,29	74,56	42,21	57,17	0,65	74,44	59,87	100	284	300	349	347	329	291	316
Dno	10,90	14,30	23,40	22,50	26,30	18,60	16,90	Dno	7,86	7,92	7,33	7,17	7,87	7,80	7,76	Dno	0,38	73,70	40,85	0,12	0,13	73,99	59,44	Dno	436	300	351	514	548	291	318
Domin								Domin								Domin								Domin							
10	11,10	13,50	24,00	23,00	29,00	18,70	16,30	10	10,24	9,95	7,29	7,93	7,54	7,65	7,65	10	94,65	114,69	25,89	66,06	33,98	73,21	70,11	10	291	272	327	355	352	313	333
50	11,10	13,80	23,40	23,00	27,50	18,60	16,40	50	10,22	9,99	7,23	7,94	7,34	7,62	7,68	50	95,03	115,26	15,87	64,60	8,13	71,34	69,94	50	290	271	324	354	354	313	332
Dno	11,10	13,70	23,00	22,90	26,80	18,60	16,40	Dno	10,26	9,96	7,12	7,85	8,38	7,65	7,65	Dno	94,84	104,91	6,11	59,36	111,81	69,18	69,62	Dno	290	282	324	354	356	314	333
Černiš								Černiš								Černiš								Černiš							
10	11,10	14,00	23,70	23,50	29,30	18,50	17,00	10	8,53	7,60	7,50	7,91	8,19	7,78	7,67	10	113,20	59,71	66,21	51,04	111,03	71,56	50,90	10	320	313	342	368	360	301	321
50	11,20	14,00	23,70	23,60	28,30	18,50	16,90	50	8,52	7,61	7,51	7,90	7,63	7,50	7,65	50	109,40	59,61	61,13	49,90	67,60	71,27	52,74	50	320	313	339	367	359	300	321
100	11,20	13,90	23,60	23,50	26,90	18,30	16,90	100	8,50	7,63	7,49	7,83	7,24	7,49	7,61	100	113,58	58,97	58,67	48,94	8,01	68,03	55,01	100	320	313	338	366	357	299	320
Dno	11,20	13,90	23,60	23,50	26,20	18,70	16,90	Dno	8,52	7,60	7,49	7,53	8,51	7,32	7,61	Dno	113,56	57,25	56,94	0,37	0,39	55,18	55,12	Dno	320	313	340	367	383	299	322
N. Vrbenský								N. Vrbenský								N. Vrbenský								N. Vrbenský							
10	11,70	13,60	24,20	23,10	27,90	19,00	17,00	10	9,10	7,74	7,72	9,35	7,27	9,20	8,27	10	117,38	55,06	79,08	94,21	6,79	136,67	64,22	10	312	314	339	271	298	267	329
50	11,70	13,70	24,20	23,10	27,70	19,10	17,10	50	9,15	7,74	7,65	9,24	7,27	9,23	8,32	50	117,76	54,88	71,58	78,43	0,40	137,40	65,44	50	311	314	337	271	300	267	327
100	11,70	13,80	24,00	22,30	27,60	19,10	17,10	100	9,10	7,73	7,66	7,76	7,27	9,21	8,34	100	118,15	53,68	72,19	7,47	0,13	132,42	65,44	100	311	313	335	276	307	267	327
Dno	11,70	13,60	23,60	22,20	27,50	19,10	17,10	Dno	9,15	7,74	7,27	7,33	7,35	8,87	8,34	Dno	118,15	51,74	23,47	0,24	10,70	124,28	65,66	Dno	312	314	338	295	307	267	327

Průhlednost (cm, za vegetační období 2023)							
Den v roce:	103	138	170	205	235	244	268
Bažina	115	60	35	15	12	15	20
Domin	108	110	100	20	15	9	18
Černiš	140	160	110	30	25	30	15
N. Vrbenský	145	145	140	17	15	32	45

Příloha č. 2: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za vegetační sezónu roku 2022 (Kučerová et al., 2022)

Teplota (°C)									pH									O ₂ (saturace %)									Elektrická vodivost (uS/cm)								
Bažina									Bažina									Bažina									Bažina								
Hloubka	118	133	174	202	234	258	279		Hloubka	118	133	174	202	234	258	279		Hloubka	118	133	174	202	234	258	279		Hloubka	118	133	174	202	234	258	279	
10	15,40	22,10	29,60	28,10	24,20	19,30	16,40		10	10,42	10,23	8,39	8,15	7,32	7,25	8,65		10	195,38	188,09	135,77	87,31	26,08	24,91	121,02		10	340	329	388	380	369	345	352	
50	15,30	21,80	24,70	26,80	22,70	19,30	15,40		50	10,45	10,28	7,52	7,63	7,29	7,25	8,51		50	190,95	186,66	44,2	50,19	13,96	23,28	108,31		50	342	328	392	381	372	343	354	
100	15,30	21,70	24,20	24,40	22,40	19,20	13,50		100	10,50	10,26	7,05	7,08	6,88	7,25	8,27		100	199,95	189,04	0,12	0,12	0,12	22,69	92,21		100	341	326	394	390	376	344	358	
Dno	15,20	21,60	24,20	24,40	22,40	19,20	13,50		Dno	10,70	10,34	7,05	7,08	6,88	7,25	8,27		Dno	199,51	190,49	0,12	0,12	0,12	22,69	92,21		Dno	374	328	394	390	376	344	358	
Domin									Domin									Domin									Domin								
10	15,50	22,60	27,40	27,30	24,30	19,40	15,10		10	10,37	10,41	7,73	7,25	7,73	8,05	7,88		10	170,20	187,01	49,59	29,12	49,59	187,01	170,20		10	351	370	397	413	413	386	388	
50	14,80	22,10	25,80	25,00	23,50	19,50	13,50		50	10,48	10,48	7,43	7,10	7,41	8,02	7,61		50	180,46	186,25	24,89	6,07	24,89	186,25	180,46		50	355	369	398	407	416	385	389	
Dno	14,20	22,00	25,00	24,70	22,70	19,40	13,30		Dno	10,52	10,77	7,37	7,06	6,89	7,96	7,53		Dno	195,15	229,50	20,76	0,00	20,76	229,50	195,15		Dno	361	377	399	418	430	384	394	
Černiš									Černiš									Černiš									Černiš								
10	14,60	22,30	25,50	26,80	24,87	19,30	16,00		10	8,09	7,53	7,36	8,08	7,93	7,45	7,88		10	106,54	88,64	42,89	91,59	108,05	66,78	94,2		10	405	417	419	400	402	371	376	
50	14,10	22,10	25,00	26,60	23,20	19,30	15,20		50	7,93	7,48	7,20	8,04	7,23	7,41	7,76		50	98,04	81,17	25,26	85,51	33,23	63,96	92,97		50	400	413	418	397	402	371	383	
100	13,90	21,90	24,50	25,50	23,20	19,30	15,20		100	7,88	7,37	7,11	7,56	7,15	7,37	7,79		100	95,86	71,24	6,02	48,65	19,02	59,39	93,07		100	401	411	417	397	404	372	386	
Dno	13,80	21,80	24,30	24,70	22,90	19,30	15,20		Dno	7,81	7,30	7,08	6,91	7,04	7,33	7,79		Dno	93,42	64,58	3,6	0,12	0,12	58,19	88,78		Dno	401	411	417	418	410	372	386	
N. Vrbenský									N. Vrbenský									N. Vrbenský									N. Vrbenský								
10	15,80	22,90	28,40	29,00	25,20	19,70	16,90		10	10,07	9,45	7,53	8,02	8,40	7,79	7,53		10	160,19	78,45	41,76	110,36	102,62	74,24	63,43		10	341	341	443	415	425	413	426	
50	15,50	22,80	27,10	28,30	24,50	19,70	15,90		50	10,11	9,48	7,51	7,90	8,02	7,83	7,52		50	160,66	77,02	38,69	99,22	73,87	75,44	63,81		50	339	338	444	421	432	411	430	
100	14,80	22,60	25,60	27,60	22,90	19,70	13,90		100	10,16	9,76	7,49	7,68	7,59	7,82	7,42		100	163,35	54,56	35,59	71,27	37,36	74,67	46,72		100	339	411	442	426	434	411	435	
Dno	14,60	22,60	25,30	26,50	22,60	19,70	13,80		Dno	10,07	9,76	7,46	7,50	7,37	7,81	7,40		Dno	161,16	54,56	32,31	43,18	10,8	73,58	45,16		Dno	339	411	443	430	437	410	435	

Průhlednost (cm, za vegetační období 2022)							
Den v roce:	118	133	174	202	234	258	279
Bažina	115	110	30	10	15	20	40
Domin	105	100	19	16	20	30	25
Černiš	40	30	20	25	20	30	35
N. Vrbenský	110	110	110	45	20	30	50

Příloha č. 3: Data z monitoringu rybníků Vrbenské soustavy za vegetační sezónu roku 2021 (Kučerová et al., 2021)

Teplota (°C)						pH						O ₂ (saturace %)						Elektrická vodivost (uS/cm)					
Bažina						Bažina						Bažina						Bažina					
Hloubka	133	162	224	274	298	Hloubka	133	162	224	274	298	Hloubka	133	162	224	274	298	Hloubka	133	162	224	274	298
10	17,80	26,10	25,50	16,70	8,30	10	9,63	7,78	7,96	7,66	8,21	10	96,18	82,39	83,45	74,19	78,35	10	325	361	388	417	413
50	17,90	23,70	22,90	15,40	9,50	50	9,60	7,36	7,51	7,66	8,14	50	94,06	47,06	32,34	70,13	82,42	50	325	361	385	417	415
100	17,80	22,40	22,30	15,20	8,50	100	9,18	6,95	7,26	7,68	8,23	100	0,50	1,16	23,31	68,23	80,01	100	325	363	388	417	412
Dno	17,80	22,40	22,30	15,00	8,20	Dno	9,18	6,95	7,26	7,68	8,22	Dno	0,50	1,16	23,31	67,24	77,82	Dno	325	363	388	418	414
Domin						Domin						Domin						Domin					
10	16,90	26,80	28,20	17,10	9,10	10	9,93	7,65	8,02	8,29	8,07	10	104,52	25,34	97,11	99,35	81,12	10	318	347	397	415	403
50	17,00	24,20	23,10	15,30	8,20	50	9,93	7,70	7,55	8,43	8,08	50	0,50	15,67	47,23	103,87	84,05	50	317	345	393	411	405
Dno	17,00	23,40	22,10	15,00	8,10	Dno	9,93	7,68	7,47	8,47	8,08	Dno	0,50	2,12	0,11	102,30	79,82	Dno	317	348	390	410	407
Černiš						Černiš						Černiš						Černiš					
10	17,10	25,40	29,00	17,50	9,60	10	7,84	8,46	9,05	8,18	7,86	10	80,02	129,66	200,00	101,34	75,51	10	360	377	356	382	408
50	17,10	24,70	24,20	15,80	8,60	50	7,84	8,18	8,35	8,06	7,83	50	79,60	101,56	99,30	83,18	63,00	50	360	377	364	377	407
100	17,10	23,80	22,90	15,00	8,00	100	7,65	7,59	7,63	7,73	7,73	100	78,98	54,27	37,59	49,86	60,65	100	360	380	365	378	413
Dno	17,10	23,50	22,70	14,90	7,80	Dno	7,30	7,18	7,37	7,32	7,72	Dno	49,88	0,10	15,12	0,10	59,93	Dno	360	381	368	455	411
N. Vrbenský						N. Vrbenský						N. Vrbenský						N. Vrbenský					
10	16,60	25,80	28,10	17,70	8,80	10	9,63	8,06	8,08	7,64	8,08	10	113,62	78,74	97,07	77,14	81,89	10	296	339	426	469	441
50	16,80	25,00	25,20	16,80	8,80	50	9,63	8,01	7,72	7,65	8,07	50	112,55	69,21	55,33	64,23	82,15	50	295	338	420	464	438
100	16,80	24,10	23,30	14,60	8,70	100	9,63	8,03	7,39	7,58	8,07	100	113,07	52,90	22,59	51,59	81,78	100	296	337	418	463	441
Dno	16,80	23,50	23,20	14,40	8,70	Dno	9,53	7,66	7,37	7,55	8,08	Dno	15,28	0,24	20,43	50,28	81,09	Dno	296	348	418	464	443

Průhlednost (cm, za vegetační období 2021)					
Den v roce:	133	162	224	274	298
Bažina	85	45	17	30	65
Domin	100	80	23	35	45
Černiš	150	65	32	42	65
N. Vrbenský	120	100	31	40	55

Příloha č. 4: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí pozorovatelná vodního ptactva
(20.4.2023, foto: autor)



Příloha č. 5: Rybník Domin, JV pohled, v pozadí kolonie racka chechtavého
(20.4.2023, foto: autor)



Příloha č. 6: Rybník Černiš, JV pohled (20.4.2023, foto: autor)



Příloha č. 7: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí pozorovatelná vodního ptactva (18.5.2023, foto: autor)



Příloha č. 8: Rybník N. Vrbenský, JZ pohled, v pozadí ostrov a vegetace kvetoucí na hrázi mezi rybníky (18.5.2023, foto: autor)



Příloha č. 9: Rybník Bažina, V pohled, v pozadí kolonie racka chechtavého (19.6.2024, foto: autor)



Příloha č. 10: Rybník Bažina, V pohled (24.7.2023, foto: autor)



Příloha č. 11: Rybník Domin, V pohled (24. 7. 2023, foto: autor)



Příloha č. 12: Rybník N. Vrbenský, na vodní hladině jsou výrazné kolonie sinic
(24.7.2023, foto: autor)



Příloha č. 13: Rybník Domin, V pohled, v pozadí dva plovoucí ostrovy (15.8.2023,
foto: autor)



Příloha č. 14: Rybník Černiš, JV pohled, naplavené sinice u hráze (15.8.2023, foto: autor)



Příloha č. 15: Výpustní zařízení na r. Bažina, zároveň plnilo i účel pro měření parametrů (1.9.2023, foto: autor)



Příloha č. 16: Vodní květ na r. Domin, foceno z místa měření – betonového sjezdu pro techniku (1.9.2023, foto: autor)



Příloha 17: Betonové stavidlo r. N. Vrbenský, také místo pro měření parametrů (1.9.2023, foto: autor)

