

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Krajinového managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hydrochemická charakteristika vybraných rybníků v aktuálních podmínkách
ve vztahu k hospodaření v příslušném povodí

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Procházka, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Martin Musil, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Veronika Perglová

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika PERGLOVÁ**
Osobní číslo: **Z18528**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie – Péče o krajinu**
Téma práce: **Hydrochemická charakteristika vybraných rybníků v aktuálních podmínkách ve vztahu k hospodaření v příslušném povodí.**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

Zásady pro vypracování

Úvod do problematiky bilance živin a hlavních iontů v povodí rybníků v aktuálních podmínkách, návaznost na již zpracovávané téma v bakalářské práci.
Výběr vhodných modelových lokalit rybníků včetně jejich povodí.
Zvolit vhodná odběrová místa pro odběry vody i sedimentu na rybníku, podchytit zároveň vodu na přítoku i odtoku z rybníka.
Odběry vody a sedimentu budou prováděny na vybraných rybnících v průběhu sezóny v závislosti na podmínkách 2 – 3 x ročně.
V souvislosti s terénními odběry vzorků bude na místě proveden podrobný zápis o metodice a postupu, označení a předzpracování vzorků.
Analýzy budou prováděny v laboratořích LAE ZFJU v Č. Budějovicích a ENKI o.p.s. Třeboň.
Ve vodních vzorcích budou dále stanoveny parametry jako: Chl-a, zákal, nerozpustné látky, průhlednost, sloučeniny dusíku a fosforu, případně jiné další.
K určení charakteristiky sedimentu bude proveden základní fyzikálně chemický rozbor.
Zpracování a třídění získaných dat pro další práci a hodnocení.
Analýza vlastních výsledků a jejich vyhodnocení i v návaznosti na výsledky souvisejících odběrů či dalších studií.
Diskuse výsledků diplomové práce s poznatky a výstupy jiných autorů, včetně studií a výzkumných zpráv v daném území i odjinud.
Formulování závěrů a případných doporučení.

Rozsah pracovní zprávy: **40 stran textu**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Baxa, M., Z. Benedová, I. Chmelová, M. Musil, L. Pechar Et J. Pokorný, 2013. Technická zpráva pilotního projektu: Komplexní systém kontroly kvality rybníčních nádrží – klíčový nástroj pro efektivní produkci ryb. Enki, o.p.s., Třeboň.
Duras J. & Hejzlar J., 2001 The effect of outflow depth on phosphorus retention in a small hypertrophic temperate reservoir with short hydraulic residence time. *International Review of Hydrobiology*, 86 (6): 585-601.
Duras J., Potužák J., Marcel M., Pechar L. (2015): Rybníky a jakost vody. *Vodní hospodářství*, 65 (7), 16-24s.
IUCN, 1996. Význam rybníků pro krajinu střední Evropy. Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko. Praha: České koordinační středisko IUCN – Světového svazu ochrany přírody Praha a IUCN Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie. Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G., 2000. *Wetlands*. 3. vydání. John Wiley and Sons, New York.
PECHAR, L., 2015. Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybních obsádek. A hundred years of fishpond eutrophication – combined effect of nutrient enhancement and increasing of fish stock. *Vodní hospodářství*, 65(7), 1-6. ISSN 1211-0760.
Potužák J., Duras J. (2015): Retence živin v rybnících – význam, hodnocení a možnosti jejího využití. *Vodní hospodářství*, 65 (7), 7-15s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Procházka, Ph.D.
Katedra krajinného managementu
Konzultant diplomové práce: Ing. Martin Musil
Katedra krajinného managementu
Datum zadání diplomové práce: 11. března 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2020

Ing. Jan Procházka, Ph.D.
Katedra krajinného managementu
Ing. Martin Musil
Katedra krajinného managementu

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

V Českých Budějovicích dne 11. března 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Městská 1595, 370 05 České Budějovice

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.

doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

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

V Českých Budějovicích dne

.....

Veronika Perglová

Poděkování: Chtěla bych poděkovat mému školiteli panu Ing. Janu Procházkovi, Ph.D. i konzultantovi Ing. Martinu Musilovi, Ph.D. za odborné vedení při přípravě této diplomové práce a poskytnutí cenných rad. Dále bych chtěla poděkovat panu doc. RNDr. Liboru Pecharovi, CSc., Ing. Janě Šulcové a Ing. Daně Vlkové za pomoc při realizaci odběrů, analýzách vzorků a za poskytnutí dat, společnosti ENKI o.p.s., Rybářství Třeboň a ČHMÚ za poskytnutí dat a možnosti je publikovat. Tato práce vznikla také jako součást výzkumu podpořeného Grantovou agenturou ČR – projekt 17-09310S: Rybníky jako modely pro studium diversity a dynamiky planktonu hypertrofních mělkých jezer (2017–2019).

Děkuji zejména své rodině za podporu při studiu, neboť mě po celou dobu studia povzbuzovali, měli se mnou trpělivost a babičkám děkuji za časté hlídání syna Jiříka.

Abstrakt:

Rybníky a jejich ekosystémy plní řadu důležitých funkcí. Vedle hospodářského významu rybníky přispívají k utváření krajinného rázu, místního klimatu, zvyšování biodiverzity a ovlivňují retenci vody a její kvalitu. Rybník Rod je v chráněné přírodní rezervaci, a proto je v upraveném hospodářském režimu, oproti jiným rybníkům na Třeboňsku. Díky omezení semiintenzivního systému hospodaření v posledních letech je rybník a jeho břehy významným domovem pro vodní ptactvo, obojživelníky a další organismy. Rybník Rod má také velký význam v zadržování a přeměnách různých forem fosforu a dusíku, čímž snižuje projevy eutrofizace a přispívá ke zlepšení kvality vody.

V této práci byl hodnocen sezónní (2019) a dlouhodobý vývoj (vybrané roky v období od roku 1992 do 2019) fyzikálně chemických ukazatelů kvality vody v rybníku Rod ve vztahu k rybářskému hospodaření a k povodí. Dále zde byl hodnocen vliv chemismu vzorku vody v závislosti na daném odběrovém profilu na rybníku Rod, včetně provedené analýzy sedimentů z těchto různých odběrových lokalit. Koncentrace hlavních živin v sedimentu byly porovnány s analýzou sedimentu z roku 2015, což ukázalo na to, že sediment stále navyšuje koncentrace dusíku i fosforu. Celkově se rybník Rod projevuje jako dynamický ekosystém.

I přes výše uvedená opatření v systému rybářského hospodaření, je rybník stále hypertrofní, ačkoliv vykazuje mnohem nižší hodnoty celkového fosforu a chlorofylu, než sem přitéká z rybníka Naděje. Pro zvýšení kvality vody v rybníku a celém povodí, je důležité omezit vysoké vstupy živin do povodí a snížit vlastní vnitřní zatížení rybníků živinami pomocí diferencovaného odstranění části sedimentu.

Klíčová slova: živiny, hydrochemické složení vod, kvalita vody, rybářské hospodaření, fosfor, chlorofyl.

Abstract:

Fishponds and their ecosystems perform a number of important functions. Except to their economic importance, ponds contribute to the formation of the landscape, the local climate, increase biodiversity and affect the retention of water and its quality. Rod Pond is in a protected nature reserve, and therefore it is in a modified economic regime, compared to other ponds in the Třeboň region. Due to the limitations of the semi-intensive economic farming system in recent years, the pond and its shores are an important home for waterfowl, amphibians and other organisms. Rod Pond is also very importance in the retention and conversion of various forms of phosphorus and nitrogen, thereby it reduce eutrophication and it contributes to improvement of the water quality.

In this work was evaluated the seasonal (2019) and long-term development (selected years in the period from 1992 to 2019) of physicochemical indicators of water quality in the Rod pond in relation to fisheries management and river basins. It was evaluated impact of the water chemistry in depend on the sampling profile on this fishpond Rod, including the analysis of sediments from these various sampling localities. Concentrations of the main nutrients of the sediments were compared with the analysis of the sediment from 2015, which showed that the sediment is still increasing the concentrations of nitrogen and phosphorus. Overall, the fishpond Rod shows itself like dynamic ecosystem.

Despite the above-mentioned precautions in the fish management, fishpond is still hypertrophy, although it shows much lower levels of total phosphorus and chlorophyll than it flows from the fishpond Naděje. To improve the quality of water in the fishpond and in the whole catchment area, it is important to limit the high inputs of nutrients into catchments basin and to reduce its own internal nutrient load by using the method of differentiated removal of part of the sediment.

Key words: nutrients, hydrochemistry composite of the water, water quality, fish management, phosphorus, chlorophyll.

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	11
2.1 Charakteristika rybníka jako vodní nádrže	11
2.2 Vliv povodí na kvalitu vody v rybníku	12
2.3 Teplota vody	13
2.4 Neutralizační kapacita.....	14
2.5 Hodnota pH.....	14
2.6 Vodivost – konduktivita.....	15
2.7 Průhlednost vody.....	15
2.8 Turbidita.....	16
2.9 Chlorofyl a	16
2.10 Uhlík.....	17
2.11 Fosfor	18
2.12 Dusík.....	21
2.13 Živinové bilance v rybníku	23
3. Metodika	24
3.1 Charakteristika rybníka Rod	24
3.2 Charakteristika povodí rybníka Rod	26
3.3 Počasí v roce 2019	28
3.4 Metodika odběru a analýz vzorků.....	32
3.5 Metodika bilance fosforu	37
3.6 Hodnocení výsledků.....	38
4. Výsledky.....	39
4.1 Popis základních hydrochemických ukazatelů kvality vody	39
4.2 Výsledky analýz vzorků horizontální distribuce.....	41
4.3 Výsledky chemického rozboru vzorků z přítoku a odtoku	43
4.4 Odhad bilance a retence fosforu.....	44
4.5 Výsledky vizuálního popisu a chemické analýzy sedimentu.....	46
4.6 Koncentrace DRP a chlorofylu během sezóny 2019 a minulých let.....	48
5. Diskuze.....	50
5.1 Sezónní průběh hydrochemických ukazatelů kvality vody.....	50
5.2 Horizontální distribuce zjišťovaných ukazatelů.....	53
5.3 Porovnání přítoku a odtoku.....	55
5.4 Porovnání teoretické retence a zjištěné retence fosforu	57
5.5 Porovnání analýz sedimentu	58
5.6 Porovnání koncentrací rozpuštěného reaktivní fosforu a chlorofylu	59
6. Závěr.....	61
7. Literatura.....	63
8. Seznam příloh.....	71

1. Úvod

Rybníky jsou umělé nádrže, které byly budovány lidmi za prvotním účelem určité hydrologické regulace a v průběhu 14 století se začaly rybníky využívat a účelně budovat k chovu ryb. Přístup k chovu ryb se v průběhu let značně měnil, vzhledem výnosům ryb a docházelo k záměrnému využívání různých biologických procesů ke zvýšení produkce. V průběhu let se postupně z rybníků oligotrofních staly rybníky eutrofní, až hypertrofní (Pechar, 2015). Není jednoduché určit, kdo je největším viníkem za toto živinové přesycení. Nelze jednoznačně říci, že za to mohou jen rybáři, kteří chtějí co nejvyšší produkci ryb, nebo zemědělci, kteří mají v okolí rybníků svá obhospodařovaná území, která značně hnojí, aby také měli co nejvyšší produkce, či zda za to mohou bodové zdroje znečištění, například obce, které třeba i z nedostatků financí mohou mít nedokonalé čištění odpadních vod. (Potužák a Duras, 2015)

Dnes nelze na rybníky nahlížet jen jako na nádrže určené k chovu ryb, mnohem častěji se sleduje i mimoprodukční funkce, a to nejen samotných vodních ploch, ale i celého jejich povodí. Díky zvýšenému zájmu o ochranu přírody se začíná dbát na to, aby rybníky byly nejen hospodářsky významné, ale aby i pozitivně přispívaly k vyšší biologické rozmanitosti.

Rybníky a jejich břehy slouží ke hnízdění vodních ptáků, jsou to biotopy obojživelníků a vodních rostlin. Rybníky mohou mít schopnost zlepšovat kvalitu vody v závislosti na době zdržení a zdraví celého vodního ekosystému, a také plní kulturně – sociální funkci. Dnes je kladen důraz na funkci hydrologickou, kdy rybníky mohou vyrovnávat určité hydrologické extrémy (Pokorný a Zykmond, 2013).

Tato diplomová práce se konkrétně zabývá Třeboňským rybníkem Rod, který je v chráněné přírodní rezervaci, a má značně upravené možnosti hospodaření. Není zde povoleno hnojení rybníka, ani příkrmování ryb, přesto je rybník hypertrofní, jelikož je zatížen přísunem živin jak z povodí, tak z vlastních zásob. Ačkoliv je rybník hypertrofní, stále zde dochází ke značné transformaci a retenci živin, a tím značně přispívá ke zlepšení kvality vody. Tato kvalita vody se posuzuje hlavně podle různých fyzikálně chemických ukazatelů, jako je množství celkového fosforu, dusíku, uhlíku, pH,

teploty, chlorofylu a dalších. Trofie vody je také určitým ukazatelem kvality vody, jelikož trofie vody se dle OECD posuzuje dle průměrného množství fosforu, průměrného a maximálního množství chlorofylu a průměrné a maximální hloubky průhlednosti.

Tato diplomová práce tematicky částečně navazuje na bakalářskou práci s názvem „Změny složení pórové vody sedimentů v průběhu roku a po „ošetření“ sedimentů sloučeninami železa“ (Perglová, 2008). Diplomová práce byla součástí výzkumu řešeného v rámci projektu GAČR č.17-09310S s názvem: „Rybníky jako modely pro studium diversity a dynamiky planktonu hypertrofních mělkých jezer“ a výsledky byly součástí některých výstupů tohoto projektu.

Cílem práce bylo zhodnotit hydrochemickou charakteristiku rybníka Rod v průběhu sezóny 2019 a vliv jeho povodí na kvalitu vody v rybníce. Předpokládalo se, že rybník s minimálním hospodářským využitím má lepší kvalitu vody, než je tomu u intenzivněji obhospodařovaných rybníků v okolí, včetně hlavního přítoku do Rodu z rybníka Naděje. Dalším cílem bylo zhodnotit složení sedimentu a vody v jednotlivých částech rybníka a porovnat vlastní výsledky z roku 2019 s výsledky z předchozích let, případně s výsledky z dalších rybníků či nádrží.

2. Literární přehled

2.1 Charakteristika rybníka jako vodní nádrže

Rybníky jsou uměle založené vodní nádrže, které byly původně určeny pro zadržování vody v krajině. Rybníky byly zakládány od středověku, a ze začátku místo cíleného chovu ryb, byl rybník spíše určen k přechovávání ryb. Záměrné nasazování rybníků a organizovaný chov ryb se prosazuje zhruba od 14. století. Rybníkářství se nejvíce rozvíjelo v 16. století, a celková rozloha rybníků v České republice byla v té době asi 180 tis. ha. Po třicetileté válce velké množství rybníků zaniklo, další velký úbytek byl spojen s rozšiřováním orné půdy v 19. století. Intenzita rybářského hospodaření do poloviny 19. století byla minimální a rybářské hospodaření bylo o stavebně-technickém a vodohospodářském udržování rybníků. (Pechar, 2016) Všechny dostupné historické informace ukazují na to, že ekologický stav rybníků na přelomu 19. a 20. století byl výsledkem převážně přírodních procesů. Produkce ryb i celého rybníčního ekosystému byla na přelomu 19. a 20. století zřetelně limitována nedostatkem živin. Koncem 19. století byl zaznamenán pokles přirozené produkce rybníků kvůli jejich stárnutí, způsobený vyčerpáním původní zásoby živin. (Pechar, 2015) Ve 30 letech 19. století dosahovala produkce ryb asi jen $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, dnes dosahuje produkce ryb kolem $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, za což může intenzifikace rybníkářského hospodaření spojená s enormním přísunem živin (krmení, hnojení, splachy z povodí). Zdroje z povodí je možné označit všeobecně za bodové zdroje, plošné a difúzní (Krása a kol., 2012).

Podle ukazatelů trofie rybníků od minulosti do současnosti se z oligotrofních rybníků se staly rybníky eutrofní a velice často hypertrofní. Trofii rybníků se určuje dle tabulky z OECD (1992) – tabulka 1, která se zaměřuje na obsah celkového fosforu, chlorofylu a průhlednost (Adámek a kol., 2008). Dění kolem chemismu vod a změny ve vodních ekosystémech od minulosti, po současnost je ovlivněno soustavou socioekonomických změn, kdy v dnešní době dochází např. ke snížení hnojení průmyslovými hnojivy, zastavování odvodnění, přeměna polí na pastviny, zvýšený zájem o ochranu životního prostředí, ale třeba i používání značného množství solí na silnicích v zimním období apod. (Kopáček, 2017). I přes to, že rybníky jsou dnes spíše eutrofní, stále je považujeme za důležité regulátory toků v povodí, jelikož mají schopnost zadržovat určité množství fosforu, dusíku, ale i jiné látky, to znamená, že rybníky

mají takzvanou samočisticí funkci. Nyní je v ČR zhruba 20 tis rybníků o celkové rozloze 52 tis ha, které jsou mimořádné nejen z hydrologického hlediska, a které jsou označovány dle zákona o ochraně přírody a krajiny (114/1992 Sb.) jako významný krajinný prvek. (Pechar, 2015). Na rybnících ovlivňuje kvalitu vody nejen celkový fosfor a jeho různé formy, chlorofyl, ale také množství různých forem dusíku a uhlíku, pH, množství rozpuštěného kyslíku, teplota, vodivost, průhlednost, turbidita a mnoho dalších ukazatelů jakosti vody.

Úživnost	Celkový P (mg.l ⁻¹)	Chlorofyl a (µg.l ⁻¹)		Průhlednost (m)	
	prům.	prům.	max.	prům.	max.
Oligotrofie	<0,010	<2,5	<8	>6	>3
Mezotrofie	0,010 - 0,035	2,5-8	8 -25	3-6	1,5 - 3
Eutrofie	0,035 - 0,100	8-25	25-75	1,5-3	0,7-1,5
Hypertrofie	>0,100	>25	>75	<1,5	<0,7

Tabulka 1 - Klasifikace stojatých vod dle úživnosti (OECD, 1992) Upraveno podle Adámek a kol. 2008.

2.2 Vliv povodí na kvalitu vody v rybníku

Kvalitu vody v rybníce určuje celé jeho povodí. I když jsou rybníky uměle vytvořené nádrže, tak se v mnoha věcech příliš neliší od aluviálních tůní, zvláště pokud jde o podmínky jako je kontakt s říční vodou, vysychání, kyslíkové deficity, a závislost na okolním prostředí. (Pechar 2015).

Pro zlepšení kvality vody je třeba snížit množství alochtonních živin, a to zvláště fosforu a dusíku. Celkově se zdroje velké koncentrace živin rozdělují na plošné a bodové, v literatuře často označované jako zdroje znečištění (Konečná a kol., 2018).

Plošné jsou takové, které nemají soustředěné vypouštění v jednom místě, jejich množství je významně ovlivňováno klimatickými a meteorologickými podmínkami sledované oblasti. (Novotný, 1995)

Tyto živiny, zejména fosfor se do vody mohou dostávat erozním smyvem z pozemků v povodí. Zde záleží na typu okolního pozemku, je-li okolí les, dostává se do vody méně živin, než ze zemědělsky využívaných pozemků. Kromě smyvu jsou zdrojem živin v povodí i podpovrchových odtokem, či atmosférickou depozicí (obojí je většinou v nízkých koncentracích). U zdrojů z okolních pozemků je pro posouzení

možného množství živin důležitým faktorem i půdní typ, či sklon pozemku. (Krása a kol., 2013).

Dalším typem plošného zdroje živin v povodí je hospodaření na jednotlivých rybnících, které jsou zdrojem vody pro další rybník, či nádrž. Toto množství živin je ovlivňováno procesy, jako je přihnojování, příkrmování, množství násady, či výlov rybníka (Pechar 2005).

Bodové zdroje znečištění jsou především výpustě kanalizací a čistíren odpadních vod měst, obcí a průmyslových podniků. Vypouštěná množství těchto živin závisí na faktorech jako je počet obyvatel připojených na buď na centrální, či domácí ČOV v dané lokalitě, možné zatížení kanalizace balastními vodami, stupeň čištění odpadních vod a typ použité technologie, či poměr koncentrací rozložitelného organického materiálu (Krása a kol., 2013).

2.3 Teplota vody

Teplota vody má velký význam, jelikož ovlivňuje nejen rychlost biochemických pochodů, ale ovlivňuje i koncentraci rozpuštěného kyslíku, což má vliv na jakost a vlastnosti vody. Teplota vody je závislá na klimatických podmínkách, ale oproti teplotě v okolí, je ohřívání, nebo ochlazování značně pomalejší, jelikož voda má vyšší měrnou tepelnou kapacitu, než vzduch. Tato zpomalená reakce vody na teplotu okolí umožňuje vodnímu ekosystému se lépe adaptovat na změnu teplotních podmínek. (Pitter, 1990)

Teplota vody ovlivňuje míchání a stratifikaci vodních nádrží. V našich podmínkách mírného pásma máme dimiktické vodní nádrže, což znamená, že se voda může 2 krát do roka promíchat. To je způsobeno zejména střídáním ročních období, kdy se voda díky rozdílným teplotám a tím i rozdílné objemové roztažnosti promíchá ve vodním sloupci, a vznikají tak teplotní cykly (Lellák a Kubíček, 1991).

Mělké nádrže, jak přírodní, tak i rybníky se v létě nemusí stratifikovat vůbec, nebo k tomu dochází na krátký časový úsek. Nádrže, u kterých stratifikace nastane a znovu zmizí nesčetněkrát během letního období, nazýváme polymiktická. Míchání vody

v nádrži je důležité pro koloběh živin mezi vodním sloupcem a sedimentem (Wetzel, 1975).

Se zvyšující se teplotou zpravidla klesá hloubka sedimentu, do níž pronikají dusičnany a kyslík (následkem rychlejší biologické spotřeby dusičnanů a kyslíku), a tím se mění sorpční kapacita sedimentu pro P (uvolňování P z Fe (III) komplexů vlivem anoxie) (Jensen a Andersen, 1992).

2.4 Neutralizační kapacita

Kyselínovotvorná neutralizační kapacita (KNK), známá také jako alkalita a zásadotvorná neutralizační kapacita (ZNK), známá také jako acidita je schopnost vody vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty, což je základní vlastností přírodních vod, je způsobena různými proteolytickými systémy. Neutralizační kapacita se zjišťuje jako látkové množství silné jednosytné zásady, či kyseliny, které je třeba pro dosažení určité hodnoty pH v jednom litru vody. Pro analýzu přírodních povrchových vod se často využívá stanovení neutralizačních kapacit titrací do hodnot pH 4,5 a 8,3. (Pitter, 1999)

Typickými činiteli pro aciditu a alkalitu jsou uhličitanové ionty CO_3^{2-} , HCO_3^- , dále to mohou být i neuhličitanové ionty jako jsou organické ligandy (zvláště acetát a propionát), stejně tak to mohou být hydroxidy, silikáty, boráty, a méně běžné jsou amoniak a sulfidy (Hem, 1985). Nicméně pro běžné přírodní vody, které nejsou nijak extrémně ovlivněné lidskou činností, či neobvyklé přírodní vody, nemají tyto neuhličitanové ionty zásadní vliv na neutralizační kapacitu.

2.5 Hodnota pH

Měření, které nám ukazuje, zda je voda kyselá, či zásaditá je známé jako pH a může nabývat hodnot 0-14. Hodnota pH je koncentrace vodíkových iontů ve vodě a je definován jako záporný logaritmus molární koncentrace těchto iontů. ($-\log [\text{H}^+]$). Doporučené rozmezí pH pro akvakulturu je 6,5 až 9,0 (Wurts a Durborow, 1992).

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách i toxický vliv látek na vodní organismy. Pokud známe hodnotu pH je možné rozlišit určité formy výskytu některých prvků ve vodách a je ukazatelem pro posuzování agresivity

vody. V přírodních vodách je hodnota pH běžně v rozmezí od 4,5 – 8,3, což je většinou dáno rovnováhou mezi volným CO₂ a vázaným CO₂ (tzv. uhličitanovou rovnováhou) (Pitter, 1999).

Hodnoty pH se v rybnících mění nejen během roku, ale i během dne a to i v souvislosti s probíhající fotosyntézou, kdy rostliny a fytoplankton spotřebovávají CO₂ a tím dochází k narušení neutralizační kapacity vody a hodnota pH narůstá. (Svobodová, 1987). Pokud potřebné množství uhlíku spotřebovávaného při fotosyntéze nemůže fytoplankton pokrýt jen z CO₂, tak nastává spotřebování i hydrogenuhličitanů a uhličitanů a po jejich vyčerpání může pH rybníka nabývat hodnot nad 10. Takto vysoké hodnoty pH mají při dlouhodobém působení nejen negativní vliv na ryby (Kopp R. a kol., 2002), ale způsobují rychlejší uvolňování živin, zejména fosforu ze sedimentů (Lijklema, 1980) a to tím, že se zvyšuje aktivita alkalických hydrolytických enzymů přítomných v sedimentu nádrží a tak dochází k biodegradaci organické hmoty a následného uvolňování živin ze sedimentů (Feuillade a Dorioz, 1992).

2.6 Vodivost – konduktivita

Měření konduktivity nám ukazuje množství iontů ve vodě a jejich koncentraci rozpuštěných látek. Vodivost roztoku elektrolytů závisí na koncentraci iontů, na jejich pohyblivosti a na teplotě. Vodivost je měřena jako elektrický odpor a jednotkou je Siemens. Výsledek měření se udává jako $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nebo $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$. Konduktivita se používá jako obvyklá součást chemického rozboru vod, a bereme ji jako přibližnou míru koncentrace elektrolytů ve vodě. Konduktivitu v přírodních vodách většinou ovlivňují anorganické látky, disociované organické látky obsažené v přírodních vodách ovlivňují konduktivitu málo, a oxid uhličitý sice ve vyšší koncentraci vodivost ovlivňuje, ale jeho vliv se většinou zanedbává (Balík, 2012, Pitter, 1990).

2.7 Průhlednost vody

Je určována barvou a zákalem rybníční vody a měří se výška sloupce vody, pod níž lze ještě vidět rozdíl mezi černými a bílými kvadranty Seccioho desky. Měří se přímo v nádrži a ukazuje nám většinou informaci o množství nerozpuštěných látek a hlavně fytoplanktonu. (Balík, 2012). Průhlednost se obecně považuje v přírodních

vodách za ukazatele kvality vody, a ovlivňuje nejen vnitřní ekosystém, ale také ekosystémy, které jsou navázané na vodní plochy, jako jsou vodní ptáci, pro které je vyšší průhlednost určitou výhodou (Musil, 2016).

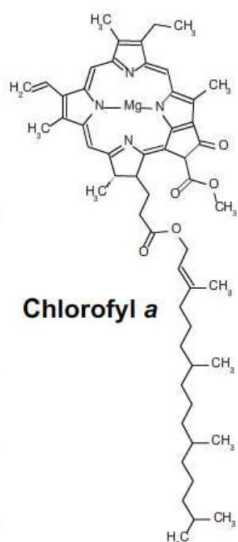
2.8 Turbidita

Turbidita je míra úhrnné energie, která se při průchodu světelného paprsku vrstvou disperze o jednotkové tloušťce rozptýlí na všechny strany od tohoto paprsku. Turbidické měření zákalu se měří jako rozptyl světla o vlnové délce 520 nm pomocí spektrofotometru. Turbidita velmi dobře charakterizuje množství částic (sestonu) ve vodě (Balík, 2012).

Zákal vody se může v krátkých časových intervalech značně měnit třeba vlivem přívalových dešťů a splachy z okolí, zvířením kalů atd. Turbidita vody je také značně ovlivňována barevnými látkami rozpuštěnými, nebo rozptýlenými ve vodě (Lellák a Kubíček, 1991).

2.9 Chlorofyl a

Chlorofyl je hlavní rostlinný pigment, který je součástí fotosyntetického systému buňky, který využívá světelnou energii fotonů k syntéze sacharidů z oxidu uhličitého a vody, za vzniku pro nás důležitého kyslíku. Základem chlorofylu je molekula tvořená porfyrinovým kruhem, v jehož středu je iont hořčíku a lineární řetězec fytolu (obrázek 1). Chlorofyl pohlcuje hlavně červené a modré viditelné světelné záření a zelené světlo propouští a odráží, což je důvod, proč vidíme, že jsou rostliny zelené. Chlorofyl a se ve vodách sleduje jako jeden z ukazatelů množství řas a sinic.



Obrázek 1 - vzorec chlorofylu a (Zdroj: studiumbiochemie.cz)

2.10 Uhlík

Ve vodách se uhlík vyskytuje v anorganické i organické, rozpuštěné i nerozpuštěné formě. Mezi hlavní formy anorganického uhlíku ve vodách patří hlavně oxid uhličitý, hydrogenuhlíčitany, uhličitany, což jsou hlavní složky uhličitánového systému, který ovlivňuje složení a vlastnosti vod jako je pH a tlumivá kapacita. Oxid uhličitý se do vody dostává z atmosféry, rozkladem organických látek, nebo může pocházet i z hlubin, kde se může uvolňovat při tuhnutí magmatu. (Pitter 1990). Nejvíce anorganického uhlíku v nádrži je původem z kyseliny uhličitě. Mezi přírodní zdroje organického uhlíku patří výluhy z půd a sedimentů, produkty životní činnosti rostlinných a živočišných organismů a bakterií. Mezi antropogenní zdroje řadíme například kejdu a kaly z farem a jiných zemědělských podniků, odpadní vody z produkce ryb a potravinářského průmyslu, splaškové odpadní vody, odtoky ze siláží, výluhy ze špatně zajištěných skládek odpadů apod. (Kašparů, 2012).

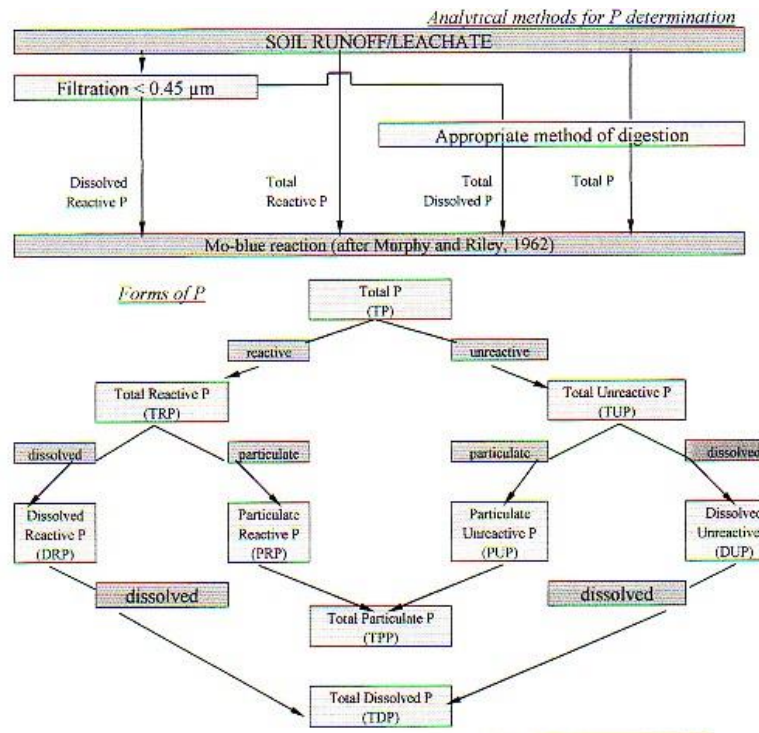
Hydrochemicky sledované formy uhlíku jsou především celkový uhlík (TC), anorganický uhlík (IC), celkový organický uhlík (TOC) a partikulovaný organický uhlík (C-POC). Stanovení organického uhlíku může být měřítkem biomasy, a umožňuje v rybníčních vodách sledovat produkční poměry a organické zatížení (Balík, 2012.).

2.11 Fosfor

Fosfor se v přírodních vodách vyskytuje v organických nebo anorganických iontových i neiontových formách. Anorganické formy jsou ortofosforečnany a polyfosforečnany. Fosforečnany se lehko váží ionty na železa, hliníku, či vápníku a tím vytváří jednoduché soli nebo komplexy, jejichž rozpustnost se mění v závislosti na pH a nasycení vody kyslíkem. Autotrofními organismy je fosfor přijímán a využíván ve formě rozpustných fosforečnanů a tudíž se jako eutrofizačně účinný fosfor označuje fosfor v ortofosforečnanové formě, neboť ho takto vodní mikroorganismy a vodní rostliny přijímají a zabudovávají do své biomasy. Nerozpuštěný anorganický fosfor je tvořen fosforečnany vápníku, hořčíku, železa a hliníku, a to buď volně dispergovanými nebo chemicky či sorpčně vázanými na anorganických nebo organických nerozpuštěných látkách nebo sedimentech (Pitter, 1999).

Mezi formy organicky vázaného rozpuštěného fosforu patří např. fosfolipidy, fosfoproteiny, koenzymy ADP a ATP, nukleové kyseliny nebo organofosforové pesticidy. Nerozpuštěný organický fosfor je obsažen v organismech a jejich zbytcích ve volné vodě a v sedimentech. Extracelulární enzymy bakterií a řas dokáží hydrolyzovat tento organicky vázaný fosfor do formy fosforečnanů. Nejlépe biologicky využitelnou formou fosforu jsou ionty H_2PO_4^- . Jejich koncentrace ve vodě je však obvykle nízká, protože jsou velmi nestálé. V neutrálním prostředí reagují s hydrogenuhličitanem a mění se na méně využitelnou formu (H_2PO_4^-) (Hejzlar a kol., 1994).

Celkový fosfor (TP – total phosphorus) obsahuje některé, nebo i všechny z následujících frakcí: fosfor krystalický, vázaný, absorbovaný, organický a anorganický partikulovaný, organický rozpustný a anorganický rozpustný. Pro rozvoj fytoplanktonu je důležitý biologicky dostupný fosfor (BAP), který v sobě zahrnuje jak ortofosforečnany rozpuštěné, tak i ty adsorbované povrchu nerozpuštěných látek. Analytické metody a rozdělení fosforu je uvedeno na obrázku 2.



Obrázek 2 - Formy fosforu ve vodách a analytické metody jejich určování (Carosella 2017)

Fosfor se do vodního prostředí dostává jak rozpouštěním některých minerálů a zvětralých hornin jako je například apatit, fosforit, variscit, ale také antropogenní činností, která v sobě zahrnuje zdroje fosforu jak z odpadních vod z domácností a průmyslu, tak ze zemědělské činnosti spojené hlavně s používáním průmyslově vyráběných hnojiv.

Nemalé množství tohoto fosforu je také uloženo v sedimentech vodních nádrží. Některé zdroje uvádějí, že množství fosforu v sedimentu může být až stokrát vyšší, než je množství fosforu ve vodě. Retence fosforu v sedimentech závisí na hydrologických podmínkách, jako je doba zdržení vody v nádrži, na koncentraci přitékajícího fosforu (Vollenweider, 1976) a na sorpční kapacitě sedimentů v nádrži, která je dána schopností železa, hliníku a vápníku na sebe vázat fosfor za určitého elektrochemického potenciálu a pH. Hliník při kombinaci vhodných podmínek, jako je kyselá depozice, dostatek dusíku a anoxické podmínky dokáže velmi dobře zamezit uvolňování fosforu ze sedimentu (Kopáček a kol., 2000).

Železo s fosforem vytváří v oxických podmínkách komplexy Fe^{3+} a při anoxických podmínkách se komplexy rozpouštějí, jelikož dochází k redukci na Fe^{2+} , nicméně tento model je opět narušován dalšími podmínkami, například pokud jsou ve vodách

přítomny sulfidy, jejich rozpouštěním se uvolní iont S^{2-} a tyto ionty se snadno váží na železo a následně vytvářejí vysoce nerozpustné sulfidy železa, a proto dochází k odčerpání železa, které by se mohlo vázat s fosforem.

Čistá retence fosforu v sedimentu je výslednicí mezi ukládáním fosforu do sedimentů, závislé na sedimentaci přitékajících částic z povodí, nebo těch co se vytvoří ve vodním sloupci nádrže a uvolňováním fosforu ze sedimentů, závislé na dekompozici organické hmoty, koncentračním gradientu fosforu a na transportních mechanismech P v sedimentech (Søndergaard a kol., 2003).

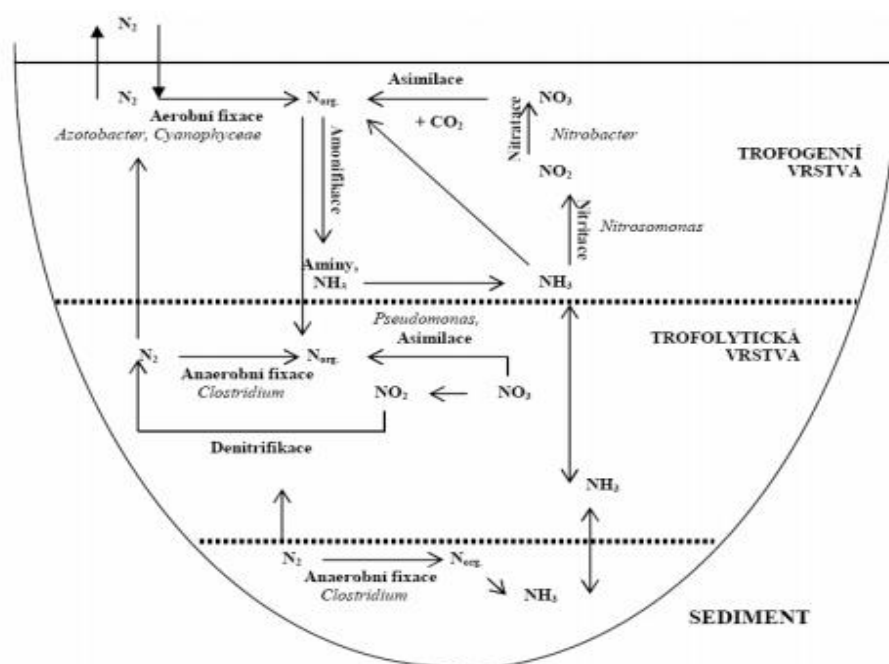
Retence fosforu v sedimentu závisí na metabolických cyklech, přeměnách reaktivního fosforu pomocí organismů na povrchu sedimentu a v pórové vodě a na fyzikálně-chemických faktorech působících v celém vodním ekosystému (Søndergaard a kol., 1996). Efekty důležitých enviromentálních aspektů na uvolňování fosforu ze sedimentů jsou uvedeny v tabulce 2.

Enviromentální aspekty	Vliv na uvolňování fosforu ze sedimentů
Redox – potenciál	Schopnost Fe^{3+} vázat na sebe P a zadržovat tak P v sedimentech je dána oxickými podmínkami. Při elektrochemickém potenciálu nižším než 200mV se Fe^{3+} redukuje na Fe^{2+} , a tím zpravidla dochází k uvolňování P ze sedimentů
pH	Při vyšší hodnotě pH je nižší sorpční kapacita hydroxidových iontů železa a hliník, což může vést k vyšším rychlostem uvolňování P ze sedimentů.
Teplota	Zvýšení teploty má hlavně nepřímé vlivy: zvýší se bakteriální aktivita, která zvýší spotřebu kyslíku a sníží redox potenciál a pH. Produkce fosforečnan mobilizujících enzymů a agens, tvořících cheláty, se také může úměrně zvýšit
Chelatační činidla	Nahrazují fosforečnan v solích vápníku, železa a hliníku. Mohou být produkovány bakteriemi a řasami, nebo se objevují jako znečišťující látky

Tabulka 2 - Efekty důležitých enviromentálních aspektů na uvolňování fosforu ze sedimentů (upraveno podle Boström a kol., 1982).

2.12 Dusík

Dusík se vyskytuje ve vodách v iontové i neiontové formě, v organických i anorganických formách a v různých oxidačních stupních od +V do-III, je hodně biogeochemických procesů, které tyto formy dusíku mezi sebou přeměňují. Zdrojem dusíku ve vodách je rozklad organických látek rostlinného i živočišného původu, splachy ze zemědělské půdy hnojené dusíkatými hnojivy, průmyslové odpadní vody, splaškové odpadní vody, atmosférické kyselé deště (voda v atmosféře reaguje s oxidy dusíku, které vznikají například při spalování paliv). Koloběh dusíku je znázorněn na obrázku 3.



Obrázek 3 - Koloběh dusíku (Capandová 2012)

Biologická fixace vzdušného dusíku je důležitý proces, kdy je plynný dusík asimilován do živé biomasy. Vzdušný dusík obsahuje dva atomy dusíku, spojené trojnou vazbou a tudíž zabudovat tento dusík do vlastní biomasy je velmi energeticky náročný proces, který vyžaduje ke svému fungování enzymatický systém zvaný nitrogenia, což mají ve vodním ekosystému sinice (Anonym 1).

Amonifikace, neboli mineralizace je přeměna dusíkatých organických látek zpět na amoniak. Amonifikace je biochemický, několikastupňový proces při kterém se z bílkovin a jiných organických sloučenin (obsahujících aminové skupiny) uvolňuje

amoniak. Mineralizační rychlost je největší v oxidovaných zónách a rychlost mineralizace klesá s přechodem na fakultativně anaerobní a striktně anaerobní mikroflóru (Golterman, 2004).

Nitrifikace je biologická oxidace amoniaku na dusitany a následně na dusičnany pomocí nitrifikačních bakterií, které získávají touto oxidací energii. Rychlost nitrifikace závisí na množství rozpuštěného oxidu uhličitého (CO_2), který je využíván jako zdroj uhlíku pro syntézu nových buněk, dále na množství amonických iontů (NH_4^+) v aerobních zónách, velikosti (tloušťce) aerobní zóny, přítomnosti nitrifikačních bakterií, pH, teplotě a alkalitě vody (Vymazal, 1995). Amoniak je nejprve pomocí bakterií, které oxidují NH_4^+ , oxidován na dusitany, a potom je dusitan oxidován pomocí bakterií, které oxidují dusitan na dusičnan. (Reddy a Patrick, 1984) Nitrifikace probíhá na povrchu sedimentů nebo do hloubky několika mm, protože probíhá jen v aerobních podmínkách.

Denitrifikace je biochemická redukce dusitanů (NO_2^-) a dusičnanů (NO_3^-) na plynný dusík (N_2), nebo plynné oxidy dusíku (Johnston, 1991). Tato reakce je nevratná a probíhá pouze za předpokladu, že je v okolí dostatek organického substrátu v anaerobních nebo anoxických podmínkách. Denitrifikace nastává při snížení elektrochemického potenciálu. Dusík je zde využíván jako konečný akceptor elektronů (Reddy & Patrick 1984, Johnston 1991). Takto získaná energie je uchovávána ve formě ATP a je využita denitrifikačními bakteriemi při respiraci. Někteří reducenti dusičnanů mohou dokonce využít železité soli jako akceptor elektronů, za podmínky, že dojde k vyčerpání dusičnanů (Sorensen 1982).

Rozklad dusičnanů je omezený nezbytnou přítomností několika typů jednoduchých organických substrátů. Proto musí být organická hmota zbavena hydrolytických komplexních polymerů pomocí organismů využívající fermentace jako jednu možných cest jejich metabolismu. Tyto organismy dokážou přeměnit větší polymery na odbouratelné produkty, jako např. vodík, pyruvát, laktát, acetát. Denitrifikace probíhá v sedimentu do hloubky vrstvy, kde se vyskytují dusičnany (Golterman 2004).

Nitrátová respirace je anaerobní proces, při kterém bakterie využívají dusičnany jako akceptor elektronů. Nitrátová respirace je závislá na přítomnosti fakultativně anaerobních nitrát- amonifikačních bakterií, na nižším redox potenciálu, vyšším pH,

a větším množstvím snadno oxidovatelných organických látek Tloušťka vrstvy sedimentu, kde by mohla probíhat nitrátová respirace je závislá na tloušťce sedimentu, kde se vyskytují dusičnany (Buersh & Patrick 1981).

Biologická fixace vzdušného dusíku je důležitý proces, kdy je plynný dusík asimilován do živé biomasy. Vzdušný dusík obsahuje dva atomy dusíku, spojené trojnou vazbou a tudíž zabudovat tento dusík do vlastní biomasy je velmi energeticky náročný proces, který ke svému fungování potřebuje enzymatický systém zvaný nitrogenia, což mají ve vodním ekosystému sinice (Anonym 1).

2.13 Živinové bilance v rybníku

Není vůbec snadné získat reálnou bilanci živin. Pro zjištění bilance živin je třeba znát mnoho faktorů od množství a formy živin přitékajících, přes procesy biogeochemické v rybníku až po množství a formu odtékajících živin. K těm základním patří množství a chemické složení vody z přítoku, odtoku a srážek, odpar z volné vodní hladiny a z litorálních porostů. Dále je třeba brát v úvahu veškerou rybářskou hospodářskou činnost (krmení, hnojení, množství násady), výlov, množství fosforu v rybách ať již vylovených, tak i těch druhů, které není možné technicky zachytit (Regenda, 2019). Další faktorem je erozní smyv z okolních pozemků, vsak vody rybničním dnem, typ výpustě a tím i odtoku vody (svrchní, spodní voda) (Krása a kol., 2012). Při posuzování erozního smyvu je třeba brát zřetel i na typ okolního pozemku, ačkoliv zemědělství na povodí Třeboňských rybníků nemá značný vliv na hodnoty celkového fosforu, dusíku a chlorofylu (Pechar, 2005). Při zachycení veškerých přítoků živin, a veškerých odtoků živin získáme určitou hodnotu, ale stále to nedává pohled na to, co se děje uvnitř samotného rybníka (sedimentace, či přeměny látek). Ačkoliv některé výše zmíněné faktory mají teoreticky malý vliv na celkovou látkovou bilanci, tak některé práce ukazují, že je značný rozdíl mezi skutečnou a teoretickou retencí fosforu (Duras a kol., 2018).

3. Metodika

Tato diplomová práce tematicky částečně navazuje na bakalářskou práci s názvem „Změny složení pórové vody sedimentů v průběhu roku a po „ošetření“ sedimentů sloučeninami železa“, která se zabývala množstvím uvolňovaného fosforu ve vertikálním profilu sedimentů „in situ“ v oxických a anoxických podmínkách a změny v uvolňování fosforu po aplikaci sloučenin železa na umělé nádrži Malý Jordán, která dále napouští nádrž Jordán v Táboře (Perglová, 2008).

Předložená diplomová práce byla součástí dlouhodobého výzkumu na rybníku Rod a v roce 2019 byla částečně podpořena probíhajícím projektem Grantové agentury ČR – projekt 17-09310S: Rybníky jako modely pro studium diversity a dynamiky planktonu hypertrofních mělkých jezer (2017–2019). Informace prezentované v této práci budou dále doplněny údaji o zooplanktonu, fytoplanktonu a množství a struktuře planktonofágních („plevelných“) ryb. Výsledky této práce tedy slouží jako jeden z podkladů k hodnocení horizontální distribuce fyzikálních, hydrochemických a hydrobiologických ukazatelů uvnitř rybníku v průběhu vegetační sezóny.

3.1 Charakteristika rybníka Rod

Rybník Rod se nachází v Jižních Čechách v Třeboňské pánvi. Je součástí Nadějské rybníční soustavy na pravém přítoku řeky Lužnice. První rybníky Nadějské soustavy založil Jakub Krčín nedaleko obce -Klec v letech 1577-1579. Byly to rybníky Naděje a Skutek a Potěšil. Všechny byly naháněny stokou s názvem *Potěšilka*, která byla původně vedena z řeky Lužnice a po vybudování rybníka Rožmberka byla stoka vyvedena z něj. Nadějské rybníky byly po roce 1826 vysušovány, ale později (v roce 1871) byly obnoveny. V poslední čtvrtině 19 století, za působení Josefa Šusty, byly původní rybníky Naděje a Skutek částečně rozděleny nízkými hrázemi a doplněny o další menší rybníčky, určené pro chov rybiho plůdku a násad. Vznikla tak ucelená soustava, kterou rozděluje hlavní hráz se silničkou vedoucí z Klece do Valu. Na západ od ní jsou rybníky Naděje, Víra, Láska, Měkký, Rod, Horák, Fišmistr, Baštýř, Pěšák a Pražský rybník, ještě severněji za železniční tratí Překvapil a Nový rybník. Na východní straně hlavní hráze jsou rybníky Blaník, Skutek, Dobrá vůle a Strakatý.

Rybník Rod byl vyhlášen dne 18. 11. 1990 ONV Tábor chráněným přírodním výtvorem a zákonem č. 114/1992 Sb. a jeho prováděcí vyhláškou č. 395/1992 převeden

do kategorie přírodní rezervace. Je zde dle zákona dodrženo ochranné pásmo o šířce 50 m od hranic přírodní rezervace, z důvodu ochrany této rezervace před nepříznivými vlivy okolních pozemků. Dle katastrálního území nejsou v této přírodní rezervaci žádné hospodářské lesy, porosty vytvářející charakter lesního porostu jsou náletové dřeviny a celé území není zemědělsky využíváno. Rybník má značné litorální porosty, vytvářejícími ostrovy a členité břehy, a z východní strany je nepřístupné rašeliniště ve výtopě, čímž je významným hnízdištěm nejen chráněných druhů vodního ptactva, ale vyskytují se zde i druhy chráněných obojživelníků a významné jsou i společenstva bezobratlých živočichů. (Veselá, 2017)

Vlastníkem rybníku Rod i celé Nadějské rybníční soustavy je Rybářství Třeboň Hld. a.s. Rybník Rod napájí vodou malé rybníky: Pěšák, Baštýř a Fišmistr. Tyto malé rybníky slouží většinou k vědeckým účelům, pro experimentální studium chovu ryb a běžně se zde provádí pokusy zaměřené na kvalitu a množství krmiv pro ryby. (Baxa, 2018). Charakterem odpovídají plůdkovým výtažníkům.

Rybník Rod má katastrální plochu 32 ha a z toho je vodní plocha 19,8 ha s objemem vody 104940 m³. Průměrná hloubka rybníka je 0,53 m. Maximální hloubka je 1,8 m. Podloží jsou fluvialní písky a šterky, které tvoří sedimentární výplně širšího porostu nivy Lužnice. Rybník Rod slouží primárně k chovu ryb, je veden jako jednohorkový a hospodaření je zde významně upraveno, aby byly dodrženy podmínky orgánů ochrany přírody pro přírodní rezervace. Na rybníku nejsou používána ani statková, ani průmyslová hnojiva. Je zde povoleno pouze vápnění, a rybí obsádka je povolena do 70 kg/ha vodní plochy, bez amura bílého. Běžná produkce rybníka z období 2008 – 2013 dosahuje hodnot 420 – 600 kg/ha. V současnosti je rybník nasazován alternativní obsádkou do 50 kg/ha, obvykle s úplným vyloučením kapra (Veselá, 2017, Baxa a kol., 2018, Pechar a kol., 2016; Pechar a kol., 2017).

V letech 2014 – 2016 na rybníku Rod proběhla řízená biomanipulace, kdy cílem projektu bylo nahradit společenstvo kapra, který v tomto eutrofizovaném rybníku vyvíjel tlak na zooplankton, za společenstvo lína s candátem. V létě roku 2014 nastal nárůst zooplanktonu, ale i sinic *Aphanizomenon flos aquae*, který tvoří kolonie veliké až 2 cm a takto velké kolonie nedokázal zooplankton pozřít. V roce 2015 nastal nárůst rostliny *Ceratophyllum demersum*, která zarostla téměř 1/3 vodní plochy Rodu. V roce 2016 zarůstání pokročilo na téměř celou plochu. Nekontrolovatelná invaze ryby střevlička východní, kterou alternativní obsádka nebyla schopna svou predací zvládnout,

vyústila v ohromný nárůst sinicových vodních květů. To byl důsledek enormního predačního tlaku invazivní střevličky východní na filtrující zooplankton. Z hydrochemického hlediska měření prokázalo nárůst koncentrací celkového i reaktivního rozpuštěného fosforu a chlorofylu a. Bylo také sledováno výrazné kolísání pH s maximy nad hodnotu 10 během dne, rovněž koncentrace rozpuštěného kyslíku byla hodně proměnlivá (Pechar, 2017).



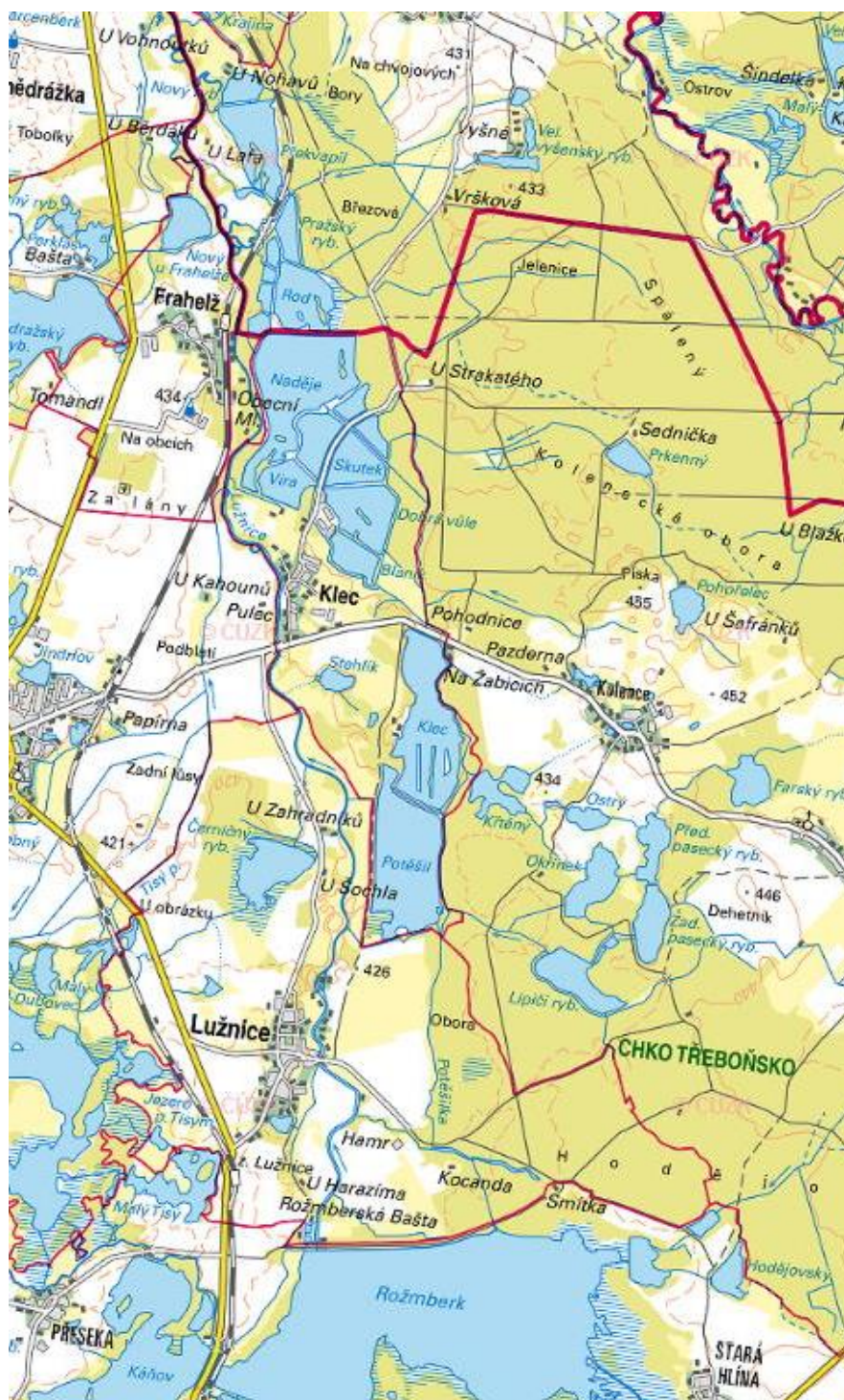
Obrázek 4 - Fotografie rybníku Rod, pohled na západní a jihozápadní hráz. (Foto: Procházka, 2019).

3.2 Charakteristika povodí rybníka Rod

Velikost povodí Nadějské rybníční soustavy, kam náleží i rybník Rod, činí 2 654 ha. Největší zastoupení ploch v povodí Nadějské rybníční soustavy tvoří les s 41 %, zemědělské plochy (orná půda) 25 %, vodní plochy 11 % a trvalé travní porosty 9 %. Rybníční systémy Nadějské soustavy navíc nejsou v přímém kontaktu s ornou půdou a hnojenými zemědělskými pozemky, ale naopak jsou v přímém kontaktu s hlavními vodními toky Třeboňska (Pechar a kol. 2003).

Zemědělské hospodaření v povodí, nejen Nadějské soustavy, prošlo poměrně významnou změnou. Před rokem 1989 byla většina zemědělské půdy obhospodařována státními podniky a velkými družstvy, jež bylo spojeno s dotovaným intenzivním zemědělstvím a hnojením z velké části průmyslovými hnojivy. Od roku 1991 se výrazně změnila struktura vlastnictví půdy a tím i způsoby hospodaření na zemědělských po-

zemcích celého Třebońska (Jeník a Květ 2002). Ve srovnání období na počátku devadesátých let a období po roce 2000 klesly koncentrace hlavních iontů a hodnoty vodivosti v průměru na 60 - 65 % původních hodnot. Výraznější pokles hlavních iontů rozpuštěných v rybníčních vodách byl ale v tomto případě zjištěn u rybníků z více zemědělských povodí Třebońska (Pechar a kol. 2003).

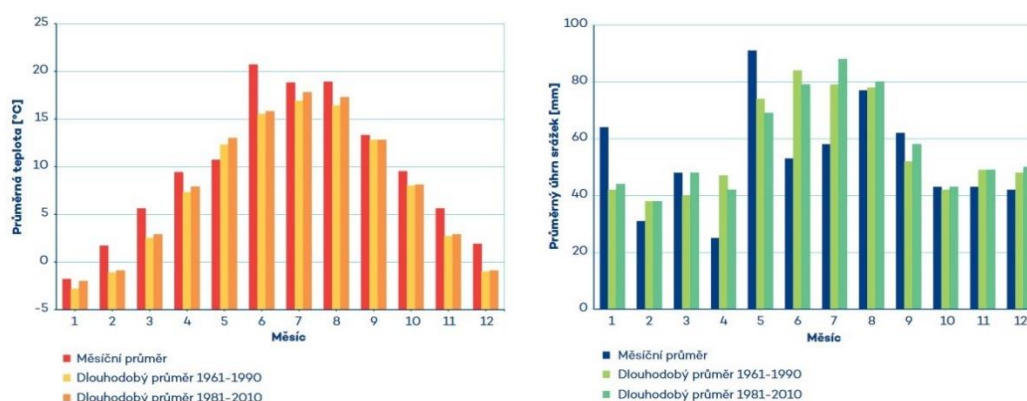


Obrázek 5 – Hydrologická mapa dílčího povodí Nadějské rybníční soustavy včetně polohy rybníka Rod (Zdroj: geoportal.cz)

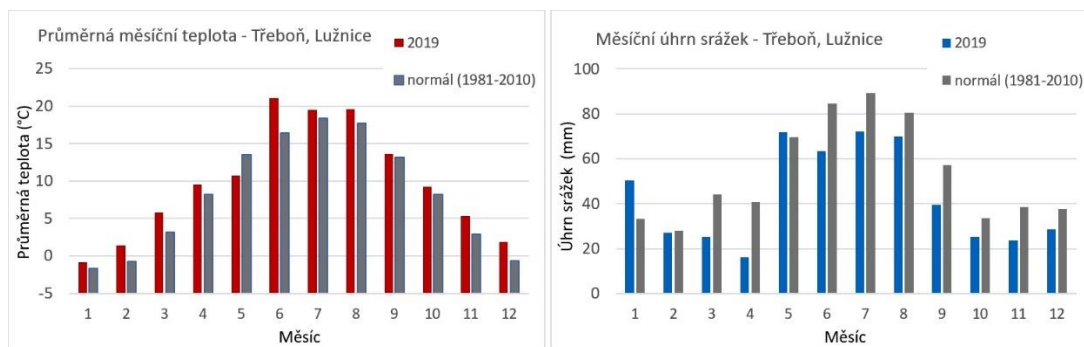
3.3 Počasí v roce 2019

Na kvalitu vody v rybnících má v průběhu roku kromě způsobu hospodaření vliv i počasí. Jedná se zejména o vliv počasí na teplotu vody, od které se odvíjí další biochemické aktivity ve vodě přímo ovlivňující její kvalitativní parametry a jejich změny. Změny v čase mohou být s ohledem na vývoj počasí velmi dynamické a výrazné. Podobně má stav a vývoj počasí často vliv na množství vody, které bez ohledu na řízené manipulace do rybníků vstupuje (srážky), případně se ztrácí (výpar). Z tohoto důvodu je žádoucí průběh počasí sledovat a v rámci možností s ním počítat.

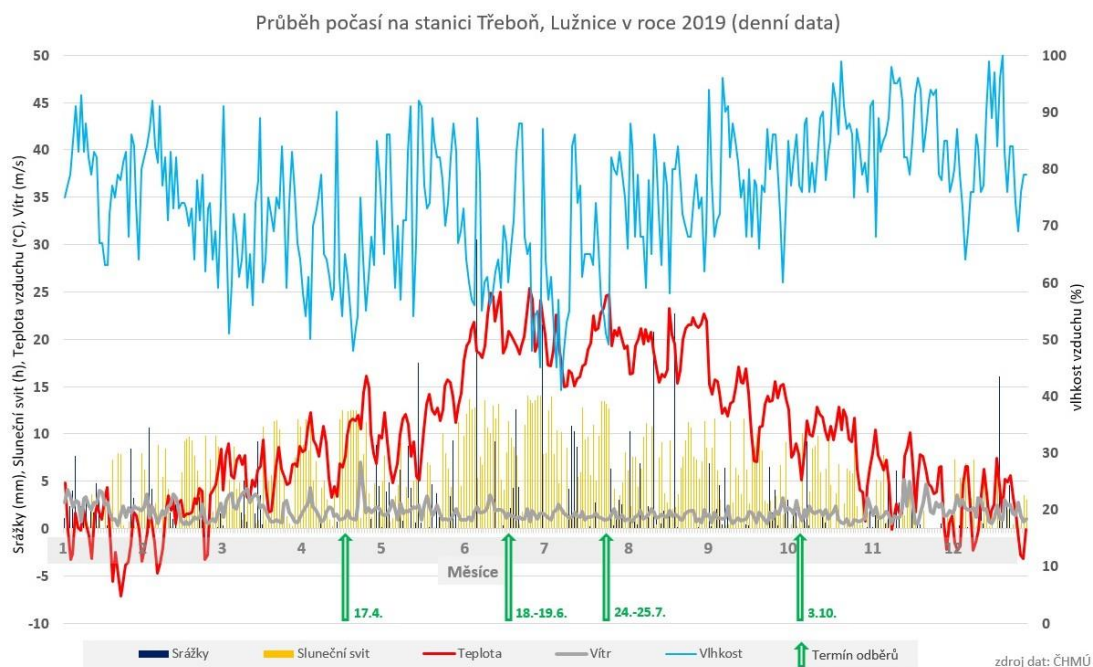
Rok 2019 byl v rámci České republiky s průměrnou teplotou 9,5 °C a s odchylkou +1,6 °C od normálu 1981–2010 (a +2,0 °C od normálu 1961–1990) mimořádně nadnormální. Stejně jako předchozí rok 2018, byl hodnocen jako rok suchý, a to zejména pak z hlediska odtokových poměrů. Projevy hydrologického sucha však v roce 2019 nebyly tak výrazné jako v předchozím roce 2018. Lze však konstatovat, že hydrologické sucho trvá již nepřetržitě minimálně od roku 2015 (Tolasz a kol. 2020).



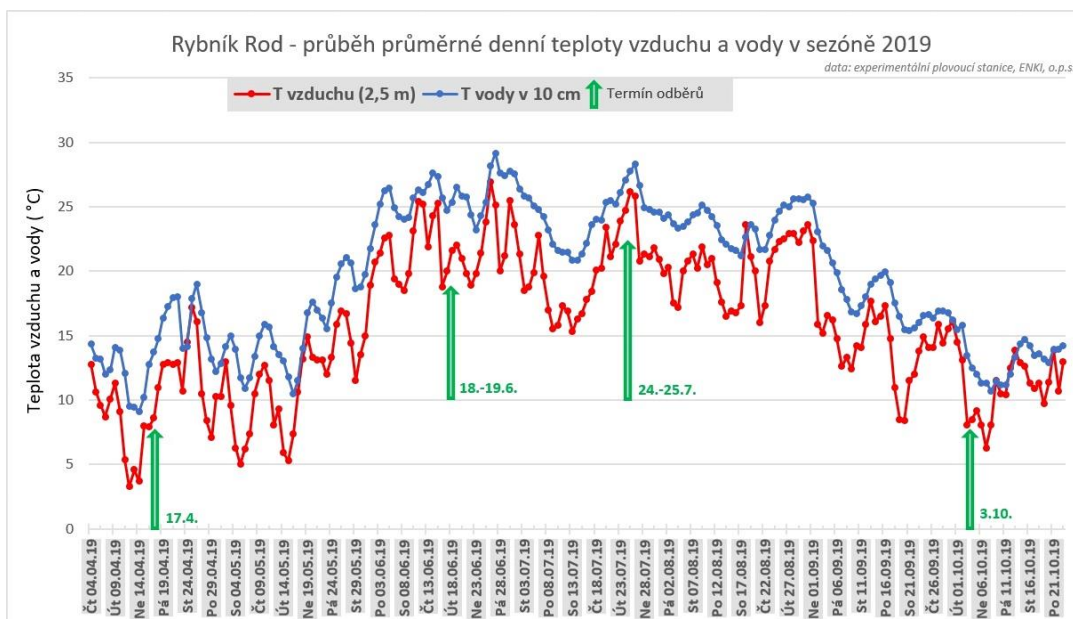
Obrázek 6 - Plošné průměry (pro území ČR) ročního chodu teploty vzduchu (vlevo) a srážek (vpravo) v roce 2019 ve srovnání s normálem (upraveno podle: Tolasz a kol. 2020).



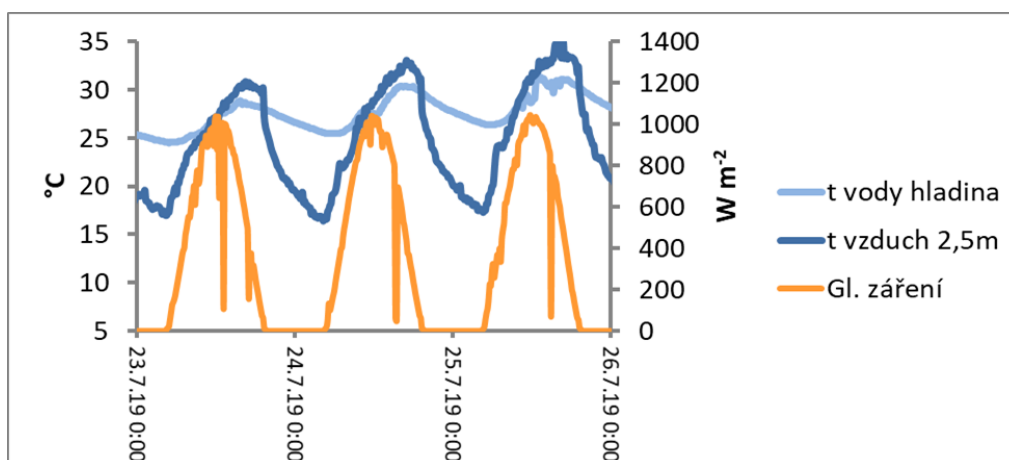
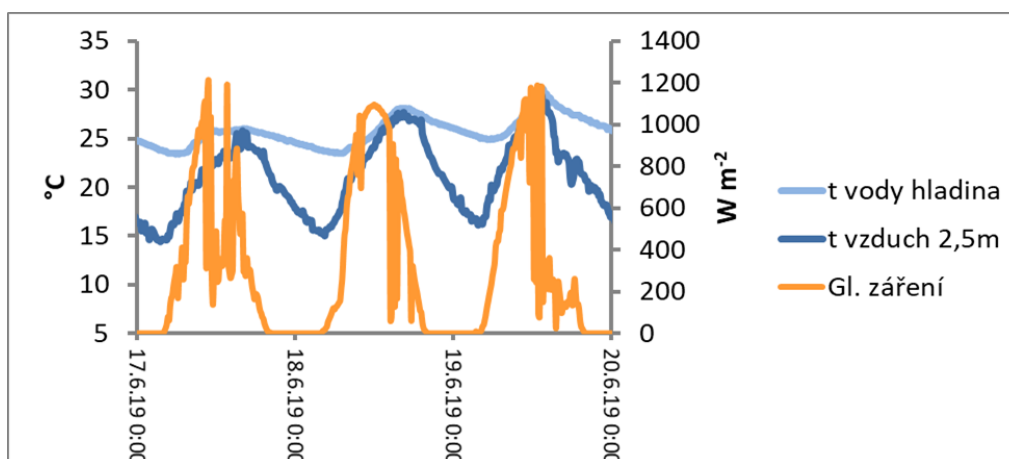
Obrázek 7 - Průměry ročního chodu teploty vzduchu (vlevo) a srážek (vpravo) v roce 2019 ve srovnání s normálem (1981 – 2010) na stanici Třeboň, Lužnice (zdroj dat: ČHMÚ)

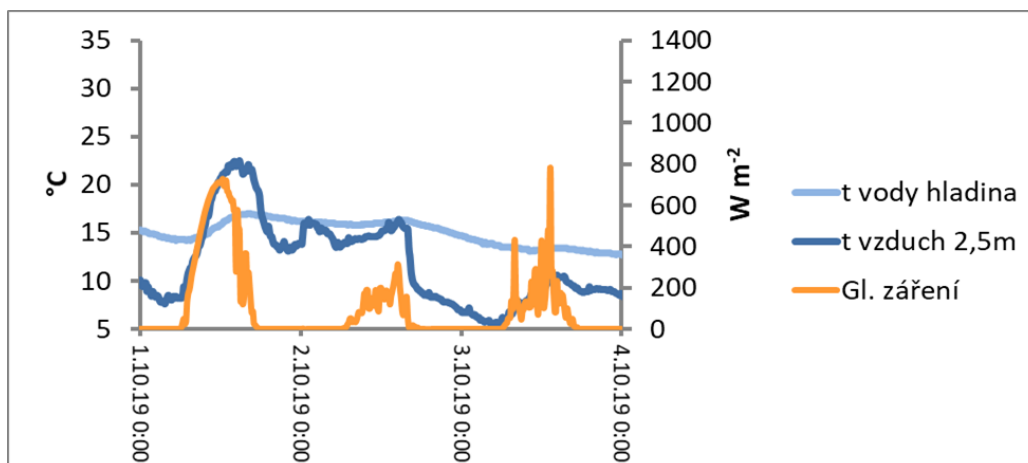


Obrázek 8 - Průběh počasí na stanici Třeboň, Lužnice (ČHMÚ) v roce 2019 s vyznačením termínů vzorkování na rybníku Rod (zdroj dat: ČHMÚ)



Obrázek 9 - Průběh teploty vzduchu (2,5 m nad hladinou) a teploty vody v hloubce 15 cm pod hladinou z telemetrické měřicí jednotky (poloha odpovídá odběrové lokalitě A na rybníku Rod) během sezóny 2019 s vyznačením termínů vzorkování horizontální distribuce (zdroj dat: ENKI, o.p.s.)





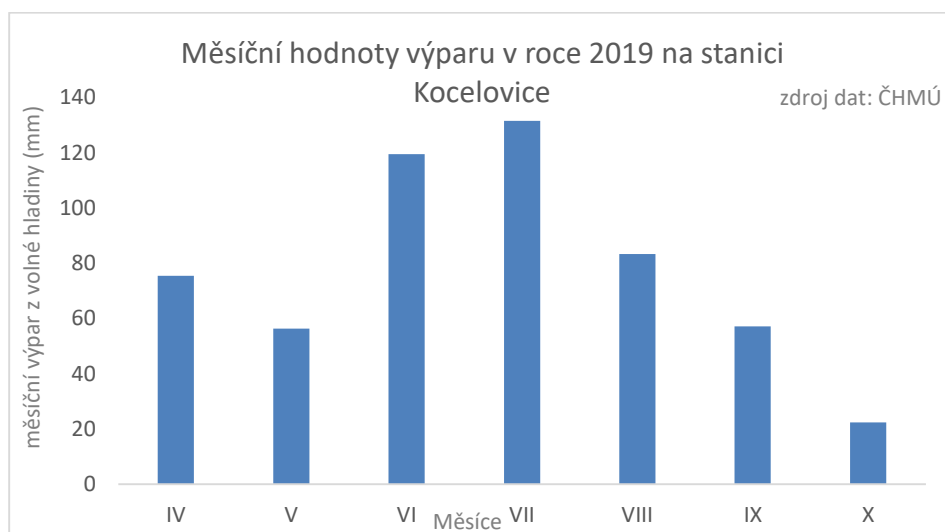
Obrázek 10 – Data z telemetrické měřicí stanice na rybníku Rod. Poloha odpovídá odběrovému profilu A. Detailní průběh teploty vody pod hladinou (0,15m), teploty vzduchu nad hladinou (2,5m) a globální (Gl.) záření v obdobích odběru vzorků pro horizontální analýzu + den před a po odběru. (zdroj dat: ENKI, o.p.s. a LAE ZF JU)

Měření výparu z volné vodní hladiny provádí Český hydrometeorologický ústav automatickými výparoměry jen na několika svých stanicích (řádově 20), kdy územně a klimaticky nejbližší modelovému území v Třeboňské pánvi jsou stanice na okraji jižních Čech Košetice a Kocelovice. Obecně lze v obdobných polohách počítat s výparem od dubna do října kolem 500 mm, kdy poněkud vyšší hodnoty jsou měřeny na jižní Moravě (např. Kuchařovice nebo Dukovany) a naopak nižší v horských a podhorských oblastech (např. Pec pod Sněžkou nebo Přimda). Protože vyšší teplota vzduchu způsobuje vyšší výpar, jsou hodnoty výparu v zimním půlroce prakticky jen zlomkem z celoročního úhrnu.

Pro porovnání, v roce 2018, který byl u nás nejteplejším rokem od roku 1961, byly nejvyšší úhrny výparu z volné vodní hladiny za období od 1. 4. do 30. 9. zaznamenány na jižní a střední Moravě v Brně-Tuřanech (668,2 mm), v Dukovanech (660,3 mm), v Kuchařovicích (650 mm) a Holešově (620,6 mm). V Čechách byly nejvyšší úhrny výparu v Doksanech (595 mm), v Praze-Libuši (575,4 mm) a v Kocelovicích (573,1 mm). Naopak nejnižší hodnoty výparu byly zaznamenány na horských stanicích v Peci pod Sněžkou (344 mm) a na Přimdě (400,3 mm) (Daňhelka a Kubát, 2019).

Rok 2019 byl z hlediska teploty vzduchu ne sice tak teplý jako 2018, ale také mimořádně nadnormální. Z operativních dat ze stanice Kocelovice (poskytnuty ČHMÚ) lze odhadnout měsíční hodnoty výparu i pro sledované lokality. Nejvyšší výpar z volné

vodní hladiny byl v měsících červen a červenec (více než 120mm), zatímco chladný květen znamenal nižší výpar než v měsíci dubnu. Za sledované období roku 2019 je proto možné na modelovém území počítat s výparem z vodní hladiny v úhrnu 550 mm. Úhrn srážek přitom za stejné období na nedaleké stanici Třeboň, Lužnice činil 358mm, za celý kalendářní rok pak pouze 513 mm.

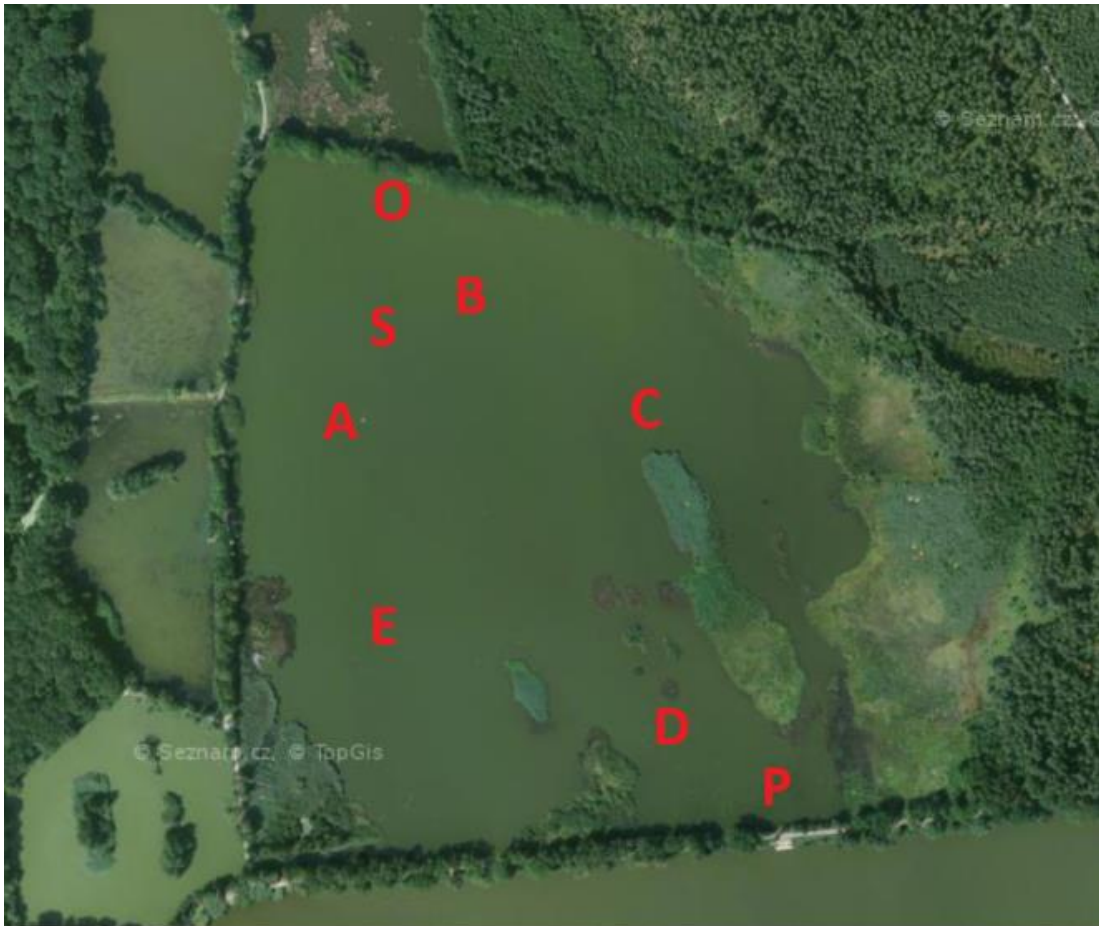


Obrázek 11 - Průměrné měsíční hodnoty výparu z volné vodní hladiny od dubna do října 2019 na stanici Kocelovice (zdroj dat: ČHMÚ)

3.4 Metodika odběru a analýz vzorků

Během sezóny byly prováděny odběry vzorků pro hodnocení horizontální distribuce planktonu, „plevelných“ ryb a souvisejících hydrochemických parametrů. Jednotlivé odběrové profily jsou vyznačeny na obrázku číslo 12.

Terénní odběry směsných vzorků probíhaly v intervalu po dvou týdnech. V období od dubna 2019 do září 2019 bylo provedeno celkem 15 odběrů. Během této sezóny se uskutečnil také odběr vzorků pro hodnocení horizontální distribuce hydrochemických a hydrobiologických ukazatelů, včetně vzorků vody z přítoku z rybníka Naděje a z odtoku rybníka Rod do Pražského rybníka.



Obrázek 12 - odběrové profily na rybníku Rod. Odběrové profily pro hodnocení horizontální distribuce ukazatelů (A,B,C,D,E), odběrový profil pro směsný vzorek (S), odběrový profil pro přítok z Naděje (P), odběrový profil pro odtok do Pražského rybníka (O). (Upraveno ze zdroje: Mapy.cz)

Odběrové místo A je umístěné přibližně 100 m od středu západní hráze. V tomto místě je také umístěna telemetrická stanice, která kontinuálně detekuje koncentrace rozpuštěného kyslíku u hladiny a nade dnem, teplotu vzduchu a vody, pH, tlak a radiaci nad i pod vodní hladinou. Místo B je umístěné severozápadně v blízkosti odtokové části rybníka Rod, poblíž jeho loviště. Místo C je v zadní části rybníka, východně od středu hráze a je blízko většího ostrůvku, které je hnízdištěm vodních ptáků. Místo D je zhruba 100 metrů kolmo od jižní dělicí hráze, v blízkosti přítoku z rybníka Naděje. Místo E je poblíž litorálních porostů v jihozápadní části rybníka. Přítok z rybníka Naděje je označen písmenem P, a odtok do Pražského rybníka je označen písmenem O.



Obrázek 13 - Odběr vzorku sedimentu komorovou sondou lokalita A a pohled na telemetrickou stanici. (Foto: Procházka, 2019)



Obrázek 14 Odběr vzorků vody na lokalitě C. (Foto: Procházka, 2019)



Obrázek 15 - Odběr vzorku vody z přítoku od rybníka Naděje. Foto: (Procházka, 2019)



Obrázek 16 - odebrané vzorky sedimentů z jednotlivých odběrných míst z rybníka Rod a použitá komorová sonda holandského výrobce Eijkelkamp. (Foto: Autor, 2019)



Obrázek 17 - odebrané vzorky vody z přítoku a odtoku, a pohled na pojízdnou laboratoř (Foto: Autor, 2019)

Směsné vzorky, vzorky horizontální distribuce a vzorky přítoku a odtoku byly odebírány do litrových, nebo třilitrových polyethylenových vzorkovnic.

Odběry sedimentu byly provedeny 18. 6. 2019 komorovou uzavíratelnou sondou od holandského výrobce Eijkelkamp, umožňující co nejvíce zachovat profil sedimentu, pro vizuální popis jeho jednotlivých vrstev. Sediment byl z celého profilu sondy odebrán do plastových kyblíků s víkem. Vzorku sedimentu bylo odebráno zhruba 2 – 3 kg pro každý odběrový profil, viz obrázek 6. Protokol z odběru vzorků je uveden v příloze VII, na obrázcích 12-16 je možné vidět průběh vzorkování na rybníku Rod, v příloze VI je možné nalézt další fotografie z rybníka Rod a odběru vzorků.

Data použitá pro porovnání koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu a chlorofylu v průběhu let od roku 1992 do roku 2015 byla získána od laboratoře ENKI o.p.s. Firma ENKI o.p.s. prováděla v minulých letech monitorování a rozbor vzorků vod rybníku Rod v rámci různých projektů.

Měření rozpuštěného kyslíku (DO, mg/l, %), teploty vody (t, °C), hodnoty pH a vodivosti (konduktivita, $\mu\text{S}/\text{cm}$) byl v terénu měřen pomocí přístroje WTW Multi 340i a multimetrem HACH – HQ40. DO byl měřen v hladinové vrstvě přibližně 10 cm pod hladinou a přibližně 10 cm nade dnem. Průhlednost vody (Z_s , m) byla určována spolu s barvou vody pomocí Secchiho desky.

Po odběru vzorků vody byly vzorky v nejkratší možné době přefiltrovány přes síto o velikosti ok 200 μm . Pro stanovení nerozpuštěných látek bylo přesně definované množství vody přefiltrováno přes předvážený GF/C filtr (glas-microfiber, porozita 45 μm) a vzorek byl vysušen v sušárně minimálně 2 h, při teplotě 105°C. Po vychladnutí v exsikátoru byl vzorek zvážen a přepočtem bylo zjištěno množství nerozpuštěných látek, jako sušina (DW) v mg / l.

Kyselínovorná neutralizační kapacita – $\text{KNK}_{4,5}$ byla stanovena potenciometrickou titrací 0,1 M HCl za použití automatického titrátoru SCHOTT-TitroLine alpha plus.

Prvotní přefiltrování vzorků pro následující stanovení, stanovení nerozpuštěných látek a kyselínovorná neutralizační kapacita byla většinou provedena v pojízdné laboratoři (obr. 16).

Pro stanovení všech níže uvedených forem dusíku a fosforu bylo použito metody průtokové injekční analýzy, která pracuje na principu spektrofotometrie. Používaný přístroj byl primárně FIA star 5000 Foss-Tecator. Toto stanovení bylo provedeno v laboratoři ENKI o.p.s.



Obrázek 18 - FIA star 5000 Foss-Tecator (Foto: Autor, 2019)

Stanovované formy dusíku: amoniakální dusík ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), dusičnanový dusík ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), celkový rozpuštěný dusík (SN), celkový dusík (TN), vypočtený rozpuštěný organický dusík ($\text{DON} = \text{SN} - (\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N})$) a vypočtený partikulovaný dusík ($\text{PN} = \text{TN} - \text{SN}$), vše se udává v mg/L (Balík, 2012).

Stanovení koncentrací $\text{NH}_4^+\text{-N}$ využívá metodu plynové difuze. Působením hydroxidu sodného vzniká plynný amoniak, který následně reaguje se směsí acidobazických indikátorů a tím dochází ke změně zbarvení.

Koncentrace dusitanového dusíku se stanovuje po reakci dusitanu se sulfanilamidem a N-(1-naftyl)-etylendiaminem, kdy vzniká purpurové azobarvivo. Koncentrace dusičnanového dusíku ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) je stanovena po redukcí na kadmiovém sloupci (Horáková, 1986)

Celkový dusík je stanoven jako dusičnan po mineralizaci s persulfátem při teplotě 150°C a to ve dvou frakcích, ve vzorku filtrovaném přes skleněné filtry GF/C (rozpuštěný dusík) a ve vzorku filtrovaném přes síto $100\ \mu\text{m}$ (celkový dusík včetně dusíku v partikulích).

Rozpuštěný reaktivní fosfor (DRP, přibližně odpovídá koncentraci $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) se stanovuje po reakci s molybdenanem, kdy vzniká kyselina fosfomolybdenanová, která je redukována na fosfomolybdenanovou modř chloridem cínatým v prostředí kyseliny sírové. Takto vzniká modré zbarvení (Pitter, 1999)

Celkový fosfor (TP) je stanoven jako DRP po mineralizaci s persulfátem při teplotě 150°C a to ve dvou frakcích, ve vzorku filtrovaném přes skleněné filtry GF/C (rozpuštěný fosfor - SP) a ve vzorku filtrovaném přes síto 200 µm (celkový fosfor včetně fosforu v partikulích).

Rozpuštěný organický fosfor je vypočten ($DOP = SP - DRP$), stejně tak partikulovaný fosfor ($PP = TP - SP$).

Určovány jsou také formy uhlíku: celkový uhlík (TC), anorganický uhlík (IC), celkový organický uhlík (TOC) a partikulovaný organický uhlík (POC), vše v mg/L (Bálik, 2012).

Koncentrace forem uhlíku jsou stanoveny za použití analyzátoru Formacs HT firmy Skalar na principu vysokoteplotního spalování s NDIR („non-dispersive infrared“) detektorem pro stanovení TOC/DOC. Stanovení organického uhlíku představuje základní informaci o obsahu organických látek, jak v rozpuštěné formě, tak v sestonu.

Chlorofyl-a (Chl-a, µg/L) byl stanoven po přefiltrování přesného odměřeného objemu vzorku přes skleněné filtry GF/C. Filtr byl zamražen, aby popraskaly buňky chlorofylu, následně bylo barvivo vylouhováno pomocí směsi acetonu a metanolu, a tento roztok byl změřen fluorescenčním měřením, při vlnové délce 664 nm. Všechna stanovení koncentrací vzorku vody byla provedena v laboratoři ENKI o.p.s.

Stanovení sedimentu bylo provedeno v externí akreditované laboratoři ALS. Vzorek byl po homogenizaci a vysušení dále analyzován dle jednotlivých norem ISO. Zjišťovány byl obsah sušiny (vysušení vzorku při teplotě 105°C do konstantní hmotnosti) ztráta žíháním (vysušení vzorku sedimentu do konstantní hmotnosti při teplotě 550°C), dále chemické analýzy pro zjištění koncentrace celkového fosforu, celkového dusíku, dusičnany, dusitany, dusičnanového dusíku, dusitanového dusíku, amoniakálního dusíku, a další (viz. Příloha VIII).

3.5 Metodika bilance fosforu

Jelikož je eutrofizace vody a tím i kvalita vody spojována s množstvím fosforu ve vodách (Duras, 2016) bylo cílem této práce pokusit se o bilanci fosforu. Vzhledem k tomu, že nebyl kontinuálně zjišťovaný průtok vody jak z přítoku, tak odtoku vody, byl použit pro výpočet objemu proteklé vody údaj z rybářství Třeboň a.s. Tento údaj v sobě zahrnoval i hydrologickou bilanci jako je výpar z volné vodní hladiny, srážkový

úhrn a vsak vody dnem rybníka. Snahou rybníkářství Třeboň je vždy zachovat stálou hladinu u rybníků celé Nadějské soustavy a pro tuto práci byl poskytnut údaj o celkovém množství proteklé vody rybníkem Rod. Všechny výpočty byly provedeny za období od začátku dubna 2019 do konce září 2019, tj. 183 dní.

Teoretická bilance fosforu byla vypočítána jako teoretická retence (R_T) z teoretické doby zdržení (TRT). Teoretická doba zdržení byla vypočítána z objemu vody v rybníce (V) a z průtoku (Q). Tento model vznikl empiricky pro jezera a nádrže v mírném podnebním pásu (Hejzlar a kol., 2006)

$$R_T = \frac{1,84\sqrt{TRT}}{1 + 1,84\sqrt{TRT}} \quad TRT = \frac{V}{Q}$$

Tento model nepočítá s přísunem živin, jako tomu je v obhospodařovaném rybníce (krmení, přihnojování, násada, výnos ryb). Vzorec byl použit z důvodu toho, že rybník Rod nemá charakteristické hospodaření s příkrmováním a přihnojováním a výnos a násada ryb je nízká. Vzorec byl použit pro zjištění rozdílu mezi teoretickou a zjištěnou bilancí v extensivně obhospodařovaném rybníce.

Zjištěná bilance fosforu (B) byla vypočítána jako rozdíl množství fosforu, které přiteklo (P_{in}) z rybníka Naděje a které oteklo (P_{out}). Tato množství byla spočtena z průměrné sezónní (duben až září 2019) koncentrace celkového fosforu přítoku a odtoku a celkového objemu vody, který rybníkem za sezónu protekl. Zjištěná retence (R_z) byla vypočtena jako procentuální množství zadržitého fosforu.

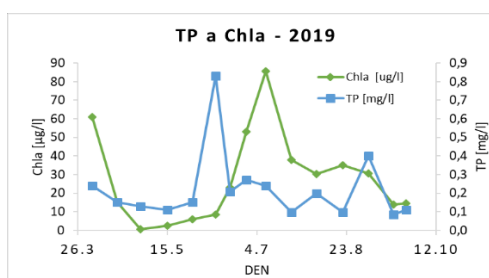
3.6 Hodnocení výsledků

Data byla zpracována v tabulkovém procesoru MS-EXCEL (2016). Tento software byl použit jak pro vytvoření, kontrolu a třídění dat v přehledných tabulkách, tak pro základní statistické charakteristiky (střední hodnota a míra variability). Program byl použit i pro vytvoření všech grafů, vztahů a regresních lineárních křivek, včetně výpočtu regresních lineárních závislostí s vyznačením rovnice funkce a koeficientu determinace R^2 .

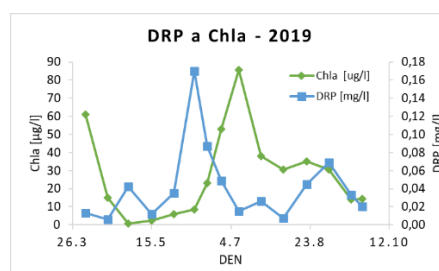
4. Výsledky

4.1 Popis základních hydrochemických ukazatelů kvality vody

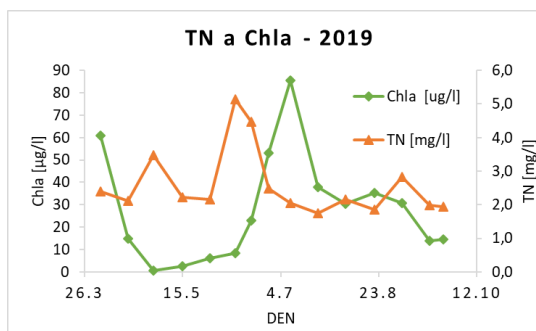
Dle výsledků chemických analýz ze směsných vzorků byl zjištěn nejvyšší obsah celkového dusíku (TN) i celkového fosforu (TP) dne 11. 6. 2019. Množství celkového dusíku bylo 5,14 mg/l a celkového fosforu bylo 0,83 mg/l. Množství dusičnanového dusíku ($\text{NO}_3\text{-N}$) bylo po celou sezónu velice nízké vždy maximálně v řádu setin miligramů na litr, nejvyšší koncentrace byla zjištěna 15. 5. 2019 (0,09 mg/l). Koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$) a rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) v průběhu sezóny rostly, až dosáhly svého maxima dne 11. 6. 2019, kdy koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$ byla 1,46 mg/l a DRP byla 0,17 mg/l. Průměrná sezónní hodnota koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$ byla 0,36 mg/L, TN byla 2,62 mg/l, DRP byla 0,04 mg/l a TP byla 0,22 mg/l. Po zvýšení koncentrací rozpuštěných živin DRP a $\text{NH}_4\text{-N}$ následoval i s časovým odstupem nárůst koncentrace chlorofylu (Chla), který kulminoval 9. 7. 2019 a jeho hodnota byla 85,5 $\mu\text{g/l}$. Obsah nerozpuštěných látek (DW) byl nejvyšší v dubnovém odběru (20,75 mg/l). Přesné hodnoty těchto sledovaných veličin, je možné vidět v tabulce 3 a 4, a komplexní tabulka všech sledovaných parametrů ze směsných vzorků v průběhu sezóny 2019 je uvedena v příloze II. Na obrázcích 19-24 je možné vidět sezónní průběh koncentrací DRP, TP, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, Chla, DW a průhlednost Zs.



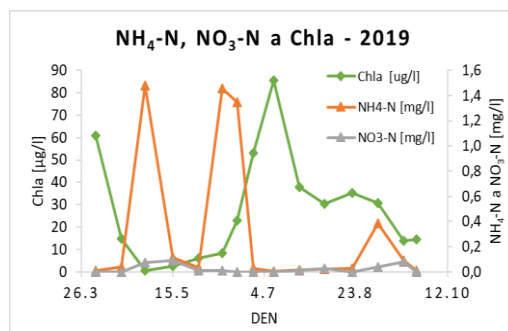
Obrázek 19- koncentrace celkového fosforu (TP) a chlorofylu (Chla) ve směsném vzorku v průběhu sezóny 2019



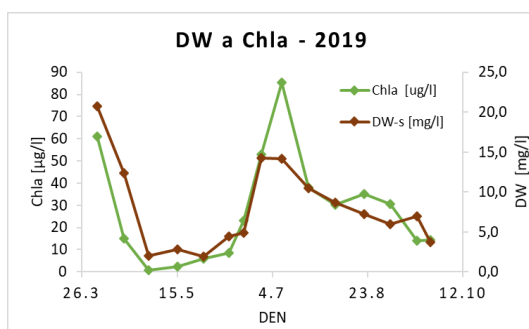
Obrázek 20- koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) ve směsném vzorku v průběhu sezóny 2019



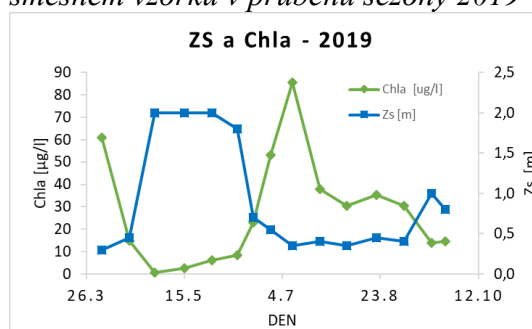
Obrázek 21 - koncentrace celkového dusíku (TN) a chlorofylu (Chla) ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny 2019



Obrázek 22- koncentrace amoniakálního dusíku (NH₄-N), dusičnanového dusíku (NO₃-N) a chlorofylu (Chla) ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny 2019



Obrázek 23 - koncentrace nerozpuštěných látek (DW) a chlorofylu (Chla) ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny 2019



Obrázek 24 - průhlednost (Zs - hloubka v metrech) a koncentrace chlorofylu (Chla) ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny 2019

Datum	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
3.4	0,01	0,00	2,39	0,01	0,24	61,00
17.4	0,04	0,00	2,12	0,01	0,15	15,00
30.4	1,48	0,07	3,48	0,04	0,13	0,60
15.5	0,12	0,09	2,23	0,01	0,11	2,50
29.5	0,03	0,01	2,15	0,04	0,15	6,00
11.6	1,46	0,01	5,14	0,17	0,83	8,50
19.6	1,35	0,00	4,48	0,09	0,21	23,00
28.6	0,03	0,00	2,49	0,05	0,27	53,00
9.7	0,01	0,00	2,04	0,02	0,24	85,50
23.7	0,01	0,01	1,75	0,03	0,10	38,00
6.8	0,02	0,03	2,17	0,01	0,20	30,40
21.8	0,03	0,00	1,85	0,05	0,10	35,20
4.9	0,39	0,04	2,82	0,07	0,40	30,60
18.9	0,09	0,08	1,99	0,03	0,09	14,00
25.9	0,01	0,00	1,94	0,02	0,11	14,40
Průměrná hodnota	0,36 ± 1,12	0,03 ± 0,06	2,62 ± 2,52	0,04 ± 0,13	0,22 ± 0,61	25,58 ± 60,02

Tabulka 3 - Hodnoty základních hydrochemických ukazatelů ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny. Průměrná hodnota je vztahena k průměru hodnot během sezóny.

Datum	Vodivost [uS/cm]	Zs [m]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]
3.4	206,0	0,30	20,75	17,45
17.4	207,0	0,45	12,40	20,55
30.4	249,0	2,00	2,00	24,22
15.5	215,0	2,00	2,81	22,86
29.5	208,0	2,00	1,88	21,72
11.6	247,0	1,80	4,40	22,12
19.6	235,0	0,70	4,87	21,82
28.6	233,0	0,55	14,30	20,00
9.7	236,0	0,35	14,20	18,70
23.7	240,0	0,40	10,50	20,56
6.8	223,0	0,35	8,70	18,90
21.8	206,0	0,45	7,20	18,30
4.9	218,0	0,40	6,00	20,99
18.9	229,0	1,00	7,00	16,76
25.9	231,0	0,80	3,73	19,11
Průměrná hodnota	225,5 ± 23,47	0,95 ± 1,05	8,05 ± 12,70	20.47 ± 3,75

Tabulka 4 - Hodnoty základních hydrochemických ukazatelů ve smíšeném vzorku v průběhu sezóny. Průměrná hodnota je vztažena k průměru hodnot během sezóny.

4.2 Výsledky analýz vzorků horizontální distribuce

Vzorky vody pro hodnocení horizontální distribuce ukazatelů byly odebírány čtyřikrát během sezóny a většinou trvaly dva dny. Ne vždy v těchto termínech byly měřeny všechny fyzikálně chemické ukazatele kvality vody v rybníce (tab. 5). Průměr v tab. 5 je vypočten jako průměrná sezónní hodnota sledované veličiny na daném profilu. Nejvyšší hodnota průměrné koncentrace TN (3,12 mg/l) a TP (0,20 mg/l) byla zjištěna na profilu D, nejnižší průměrná hodnota byla zjištěna na profilu E (TN = 2,35 mg/l, TP = 0,11 mg/l). Nejvyšší průměrná koncentrace DRP (0,05 mg/l) a NH₄-N (0,65 mg/l) byla zjištěna v profilu B, nejnižší průměrná hodnota byla zjištěna na profilu D (DRP = 0,03 mg/l, NH₄-N = 0,51 mg/l). Koncentrace NO₃-N byla po celou sezónu na všech místech nízká ($\leq 0,01$ mg/l). Průměrná sezónní hodnota koncentrace chlorofylu byla nejvyšší na profilu D (78,44 μ g/l), nejnižší průměrná hodnota byla zjištěna na profilu B (33,28 μ g/l). Grafické znázornění koncentrací NH₄-N, NO₃-N, DRP ve vzorcích pro hodnocení horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 jsou uvedeny v příloze III, v příloze IV jsou znázorněné závislosti koncentrací TP a TN s koncentrací Chla ve vzorcích z horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 na lokalitách A, B, C, D, E.

Odběrové místo	Datum	Vodivost [uS/cm]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
A	17.4	-	-	24,80	1,41	0,06	-	0,03	-	-
	18.6	-	-	21,83	1,43	0,00	4,44	0,11	0,32	42,13
	19.6	247,20	-	22,35	1,04	0,00	3,23	0,04	0,18	50,34
	24.7	-	12,67	20,65	0,00	0,00	1,65	0,01	0,05	28,56
	25.7	-	-	21,36	0,00	0,00	1,61	0,02	0,07	-
	2.10	236,70	6,00	-	0,00	0,00	1,97	0,03	0,09	30,84
	3.10	242,00	6,25	-	0,00	0,00	2,16	0,01	0,08	49,91
	Průměr	241,97	8,31	22,20	0,56	0,01	2,51	0,04	0,13	40,36

Odběrové místo	Datum	Vodivost [uS/cm]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
B	17.4	-	-	24,81	1,45	0,07	-	0,03	-	-
	18.6	-	-	22,32	1,49	0,00	3,70	0,17	0,20	28,92
	19.6	251,80	-	22,81	1,21	0,00	3,26	0,10	0,22	31,99
	24.7	-	7,33	20,69	0,00	0,00	1,53	0,01	0,06	40,20
	25.7	-	-	21,00	0,00	0,00	1,83	0,02	0,07	-
	2.10	241,80	6,25	-	0,18	0,00	2,34	0,02	0,09	36,79
	3.10	241,90	4,00	-	0,21	0,00	2,15	0,02	0,09	28,49
	Průměr	245,17	5,86	22,33	0,65	0,01	2,47	0,05	0,12	33,28

Odběrové místo	Datum	Vodivost [uS/cm]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
C	17.4	-	-	24,68	1,32	0,05	-	0,03	-	-
	18.6	-	-	21,87	1,05	0,00	4,40	0,06	0,16	54,70
	19.6	245,50	-	23,82	0,91	0,00	3,10	0,04	0,16	43,98
	24.7	-	11,00	20,52	0,00	0,00	1,72	0,02	0,07	37,70
	25.7	-	-	21,40	0,02	0,00	1,76	0,01	0,06	-
	2.10	244,00	4,25	-	0,39	0,00	2,47	0,02	0,10	27,85
	3.10	243,90	3,00	-	0,36	0,00	2,40	0,02	0,11	23,13
	Průměr	244,47	6,08	22,46	0,58	0,01	2,64	0,03	0,11	37,47

Odběrové místo	Datum	Vodivost [uS/cm]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
D	17.4	-	-	23,65	0,96	0,04	-	0,03	-	-
	18.6	-	-	22,13	0,11	0,00	3,30	0,03	0,24	115,92
	19.6	238,50	-	25,08	0,00	0,00	3,63	0,02	0,27	101,21
	24.7	-	13,33	21,38	0,01	0,00	1,98	0,02	0,14	74,26
	25.7	-	-	21,67	0,14	0,00	2,10	0,02	0,15	-
	2.10	264,60	9,50	-	1,61	0,00	4,69	0,04	0,31	57,62
	3.10	248,50	9,20	-	0,74	0,00	3,04	0,02	0,10	43,18
	Průměr	250,53	10,68	22,78	0,51	0,01	3,12	0,03	0,20	78,44

Odběrové místo	Datum	Vodivost [uS/cm]	DW-s [mg/l]	DOC [mg/l]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [ug/l]
E	17.4	-	-	24,59	1,38	0,06	-	0,03	-	-
	18.6	-	-	22,05	1,09	0,00	3,17	0,05	0,17	59,16
	19.6	244,80	-	22,20	0,81	0,00	3,04	0,03	0,17	40,16
	24.7	-	16,00	20,61	0,00	0,00	1,61	0,02	0,06	46,05
	25.7	-	-	21,55	0,11	0,00	1,83	0,04	0,10	-
	2.10	239,60	6,00	-	0,20	0,00	2,20	0,03	0,08	29,78
	3.10	238,20	3,00	-	0,19	0,00	2,25	0,03	0,08	19,71
	Průměr	240,87	8,33	22,20	0,54	0,01	2,35	0,03	0,11	38,97

Tabulka 5 - Hydrochemické ukazatele jakosti vody z odběrů vzorků horizontální distribuce ukazatelů. Průměr zde ukazuje průměrnou hodnotu sledované veličiny v průběhu sezóny roku 2019 na daném odběrovém profilu.

4.3 Výsledky chemického rozboru vzorků z přítoku a odtoku

Během sezóny 2019 byl také třikrát odebrán vzorek vody z přítoku do rybníka Rod od rybníka Naděje a vzorek odtoku z rybníka Rod do Pražského rybníka. V červencovém odběru byla zjištěna koncentrace TN na přítoku 3,74 mg/l a na odtoku to bylo 1,69 mg/l, u TP byly hodnoty na přítoku 0,16 mg/l a na odtoku 0,07. U chlorofylu byla naměřena koncentrace na přítoku 138,8 µg/l a na odtoku 52,26 µg/l. Koncentrace NH₄-N a NO₃-N v červencovém odběru byly nízké pod ≤ 0,01 mg/l a koncentrace DRP na odtokové části klesla oproti přítokové části o 0,01 mg/l. V říjnovém odběru byla zjištěna koncentrace TN na přítoku 6,13 mg/l a na odtoku 4,34 mg/l, u TP byla zjištěna koncentrace na přítoku 0,31 mg/l a na odtoku 0,19 mg/l. Koncentrace NH₄-N na přítokové části byla 1,72 mg/l a na odtokové 0,13 mg/l, u DRP byla zjištěna koncentrace ve vzorku z přítoku 0,08 mg/l a na odtoku 0,01 mg/l. U chlorofylu byla zjištěna koncentrace Chla na přítoku 178,9 µg/l a na odtoku 34,49 µg/l. Výsledky z měření koncentrací jsou uvedeny v tabulce 6.

Datum	Odběrné místo	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	TN [mg/l]	DRP [mg/l]	TP [mg/l]	Chla S-s [µg/l]
18.6	Přítok	-	-	-	-	-	156,62
	Odtok	-	-	-	-	-	23,76
24.7	Přítok	0,01	0,00	3,74	0,03	0,16	138,80
	Odtok	0,00	0,00	1,69	0,02	0,07	52,26
2.10	Přítok	1,72	0,00	6,13	0,08	0,31	178,90
	Odtok	0,13	0,00	4,34	0,01	0,19	34,49

Tabulka 6 - Hydrochemické ukazatele jakosti vody přítoku z rybníka Naděje a odtoku do Pražského rybníka (Pozn. symbol (-) znamená, že měření nebylo provedeno).

4.4 Odhad bilance a retence fosforu

Celkový objem vody, který protekl rybníkem Rod, byl vypočítán pro období od 1. 4. 2019 do 30. 9. 2019. Rybářství Třeboň zde nemonitoruje průtok vody, objem proteklé vody byl vypočten z údajů o objemech rybníka Rod a rybníků, které napájí, a z údajů ČHMÚ o množství srážek a výparu nad volnou vodní hladinou. Vsak vody dnem rybníka během sezóny je dle nepublikované informace rybářství Třeboň přibližně 10% celkového objemu. Rybník Rod byl celou sezónu 2019 průtočný.

Objem rybníka Rod [m ³]	Plocha rybníka Rod [m ²]	Objem Pražského rybníka [m ³]	Plocha Pražského rybníka [m ²]	Plocha rybníka Fišmistr [m ²]	Objem rybníka Fišmistr [m ³]	Plocha rybníka Baštýř [m ²]	Objem rybníka Baštýř [m ³]	Plocha rybníka Pěšák [m ²]	Objem rybníka Pěšák [m ³]
109940	198000	50830	92400	28000	14000	17000	8500	27000	13500

Tabulka 7- Objemy a plochy rybníků zjištěných pro výpočet objemu proteklé vody rybníkem Rod.

Celkový objem proteklé vody se vypočítal dle zjištění, že rybník Rod byl na začátku roku 2019 zcela vypuštěn a v březnu 2019 byl napuštěn, tj. přitékl sem celý objem rybníka Rod = 109940 m³ vody. Dále byly přes rybník Rod napouštěny tyto rybníky: Pražský, Fišmistr, Baštýř a Pěšák. Průtočnost rybníka Rod byla zachována po celou sezónu 2019.

Výpar [mm]	Srážky [mm]	Celkový objem vody vliv výparu a srážek [m ³]	Vsak vody dnem všech napájených rybníků [m ³]	Celkový objem proteklé vody rybníkem Rod [m ³]
523	358	59796	19677	240243

Tabulka 8 – vypočítaný výpar, srážky, vsak vody a celkový objem proteklé vody rybníkem Rod za období duben-září 2019.

Z celkového objemu proteklé vody byla vypočítána rychlost průtoku (Q) a teoretická doba zdržení vody v rybníce. Průměrná sezónní koncentrace fosforu v přítoku byla 0,24 mg/l, průměrná koncentrace celkového fosforu v odtoku byla 0,13 mg/l, tyto údaje byly použity pro výpočet bilance fosforu (P_{in} , P_{out} , B, R_z).

Q [m ³ /s]	TRT [rok]	R _T [%]	P _{in} [t]	P _{out} [t]	B [t]	R _z [%]
0,015	0,2	47	0,06	0,03	0,027	47






Tabulka 9 – rychlost průtoku vody (Q), teoretická doba zdržení (TRT), procentuální teoretické množství zadržného fosforu (R_T), množství celkového fosforu z povodí (P_{in}), množství celkového fosforu odtok (P_{out}), množství fosforu v rybníku B, a procentuální množství zadržného fosforu (R_z)

4.5 Výsledky vizuálního popisu a chemické analýzy sedimentu

Chemický rozbor sedimentů odhalil, že nejméně organického materiálu je v sedimentu z místa odběru D, kde byla zjištěna ztráta žiháním 8,47%. Sediment z místa D, měl také nejmenší množství celkového dusíku (3690 mg/kg sušiny) oproti jiným lokalitám. Nejvíce celkového dusíku (12700 mg/kg sušiny) a fosforu (2420 mg/kg suš.) bylo zjištěno v sedimentu z místa B, které mělo spíše hutný, kompaktní hlinitý sediment, s bublinkami plynu bez zápachu. Na odběrové lokalitě A byla zjištěna nejvyšší ztráta žiháním (51,6 %). Sediment z lokality A obsahoval 4500 mg/kg sušiny celkového dusíku a fosforu 883 mg/kg sušiny. Koncentrace amoniakálního dusíku byla 0,63 mg/kg sušiny. Zjištěné hodnoty ukazatelů ze všech vzorků sedimentu jsou uvedeny níže v tabulce 7. Vizuální popis sedimentů je i s fotkami uveden v tabulce 8. Protokol z odběru sedimentů je v příloze VII, a protokol se všemi koncentracemi z externí laboratoře ALS je uveden v příloze VIII.

Odběrové místo	pH	Sušina při 105°C	Ztráta žiháním při 550°C	Celkový dusík	Celkový fosfor	Dusičnany	Dusitany	Amoniakální dusík	Dusitanový dusík	Dusičnanový dusík
		% sušiny	%	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.
A	6,80	15,20	51,60	4500	883	<20	7,52	0,63	2,29	<4,0
B	6,60	21,10	33,00	12700	2420	<20	2,94	19,70	0,89	<4,0
C	6,70	32,50	19,90	7580	1720	<20	0,67	12,10	0,20	<4,0
D	6,70	44,00	8,47	3690	891	<20	0,15	12,90	0,05	<4,0
E	6,80	24,00	22,90	10600	2090	<20	1,78	12,90	0,54	<4,0
Průměr	6,72	27,36	27,17	7814,00	1600,80	<20	2,61	11,65	0,79	<4,0

Tabulka 10- Hydrochemická charakteristika sedimentů rybníku Rod

Odběrné místo	Vizuální popis sedimentu ze spodní vrstvy k horní vrstvě		Foto sedimentu
	tloušťka	typ	
A	3-4 cm	Písčitý	
	15-18 cm	Hlinitý	
	20-22 cm	Zvodnělý	
B	15-20cm	Hlinitý	
	15cm	Rašelinový	
	15-20cm	Zvodnělý	
C	7-9cm	Písčitý	
	5-7cm	Hlinito-písčitý	
	20-25cm	Zvodnělý	
D	5cm	Písčitý	
	10 cm	Hlinito-písčitý	
	5cm	Zvodnělý	
E	25 cm	písčito-jílovitý	
	20 cm	Hlinito-písčitý	
	20 cm	Zvodnělý	

Tabulka 11 - Popis a fotografie sedimentu jednotlivých odběrových míst (Foto: Autor, 2019)

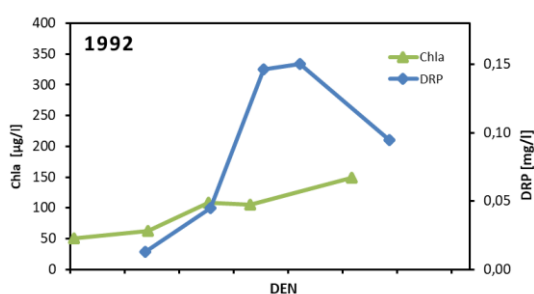
4.6 Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu a chlorofylu během sezóny 2019 a minulých let

Nejméně rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) se v rybníku Rod podle průměrné sezonní koncentrace vyskytoval v roce 2010, jeho koncentrace byla 0,02 mg/l a zároveň v tomto roce bylo nejvíce chlorofylu (Chla = 213 µg/l). Nejvyšší průměrné množství DRP bylo naměřeno v roce 1992 a to 0,09 mg/l a v tomto roce byla průměrná koncentrace chlorofylu 95 µg/l. Nejnižší průměrné množství chlorofylu bylo zjištěno v roce 2019, průměrná koncentrace chlorofylu byla pouze 28 µg/l a ve vodě bylo zjištěno 0,04 mg/l DRP. Průměrné hodnoty koncentrací DRP a Chla z let 1992 až 2019 jsou uvedeny v tabulce 9.

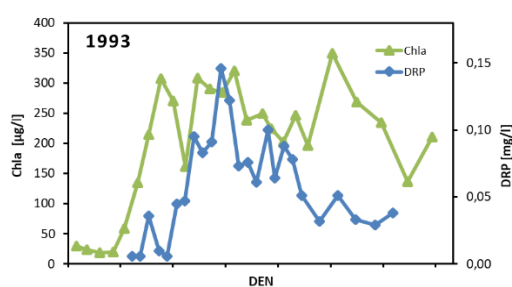
Na obr. 25-31 je možné vidět sezonní průběhy koncentrací DRP a Chla, podle vlastních dat a dostupných dat ze společnosti ENKI o.p.s v letech 1992, 1993, 2002, 2010, 2012, 2015, 2019. Tabulka se všemi známými koncentracemi v daných letech je v příloze V.

Rok	DRP [mg/l]	Chla ug/l
1992	0,09	95
1993	0,06	200
2002	0,08	84
2010	0,02	213
2012	0,04	106
2015	0,05	29
2019	0,04	28

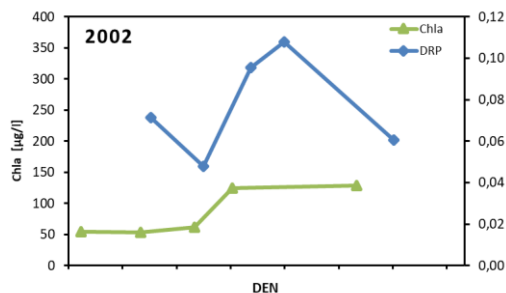
Tabulka 12 - Průměrné roční koncentrace DRP a Chla v rybníku Rod



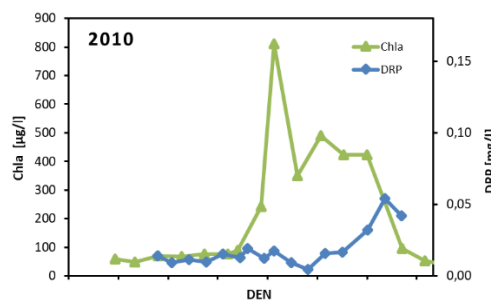
Obrázek 25 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 1992 – Data od ENKI o.p.s



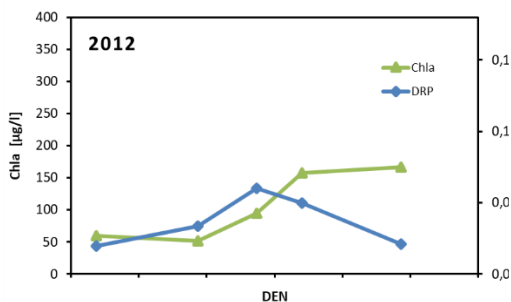
Obrázek 26 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 1993 – Data od ENKI o.p.s



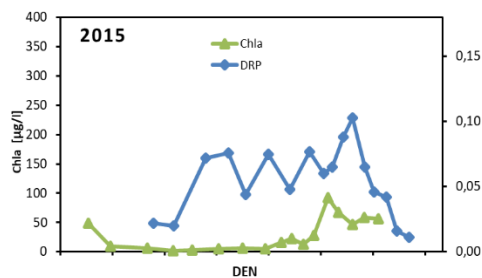
Obrázek 27 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 2002 – Data od ENKI o.p.s



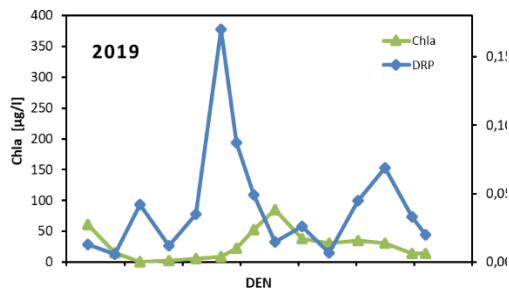
Obrázek 28 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 2010 – Data od ENKI o.p.s



Obrázek 29 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 2012 – Data od ENKI o.p.s



Obrázek 30 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 2015 – Data od ENKI o.p.s



Obrázek 31 - koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v průběhu sezóny 2019 – Data od ENKI o.p.s a vlastní

5. Diskuze

5.1 Sezónní průběh hydrochemických ukazatelů kvality vody

Historicky byly rybníky určeny spíše k zadržování vody, ale dnes jsou rybníky primárně využívány k řízenému chovu ryb. Je snahou v posledních letech najít řešení, kdy nebudou naddimenzovaná hnojení a příkrmování ryb mít negativní dopad na kvalitu vody v rybnících. Značné množství živin odtéká dál do povodí hlavně při výloveh a má to tak negativní dopad na další toky a rybníky níže, jak zmiňuje nejen Regenda (2019). Rybníky jsou dynamické ekosystémy, které se často vyznačují malou hloubkou a nepřetržitým průtokem. Proud vody je nesmírně důležitý pro transport živin, mikroorganismů, organického materiálu a kyslíku (Sipaúba-Tavares, 2008).

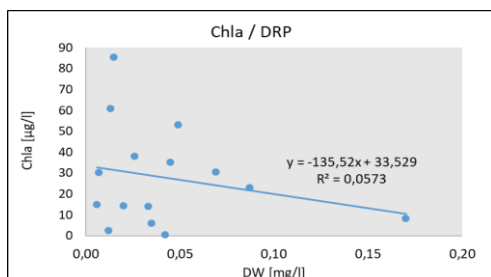
U rybníku Rod se předpokládá jako hlavní zdroj živin přítok z povodí, zejména rybníku Naděje a vnitřní zatížení rybníka ze sedimentu. Sezónní průběh chemických ukazatelů kvality vody rybníku Rod, je ovlivněn tím, že zde neprobíhá typický chov ryb s příkrmováním a neprobíhá zde hnojení, a násada rybníka je kolem 50 kg/ha. Rybník není v těsné blízkosti zemědělsky obhospodařovaných pozemků, či lidských sídel a nepředpokládá se zde významný erozní smyv. Jeho jediným přítokem je rybník Naděje, který už spadá do semiintenzivní kategorie hospodaření. I zbytek povodí slouží k chovu ryb v normálním hospodářském režimu. Rybník Rod je velice heterogenní. První dubnový odběr (3.4.2019) odhalil nízké koncentrace DRP (0,01 mg/l) a $\text{NH}_4\text{-N}$ (0,01 mg/l) a $\text{NO}_3\text{-N}$ a vyšší koncentrace Chla (61 $\mu\text{g/l}$) a nízkou průhlednost (0,35 m). V jarním období nástupem první vegetace se obsah rozpuštěného fosforu rychle vyčerpá. Fytoplankton v této době ještě nebyl atakován zooplanktonem, nebyl limitován nedostatkem fosforu, či dusíku a využil delší světelné fáze dne a vyšší intenzity světla (Pechar, 2015). Následovala regrese fytoplanktonu („clearwater“) vlivem vyčerpání dostupného fosforu. Dne 30.4.2019 byly zjištěné koncentrace oproti odběru ze 17.4.2019 vyšší ($\text{NH}_4\text{-N}$ - 37 krát, $\text{NO}_3\text{-N}$ - 7krát, DRP - 4 krát) a obsah chlorofylu byl nižší 25krát. Koncem dubna byl také zaznamenán vyšší úhrn srážek, a tudíž byl zvýšený přítok vody z rybníka Naděje. Dále se zde projevil predakční tlak zooplanktonu. Vlivem prodýchání kyslíku u dna mohla také nastat anoxie a tyto živiny se uvolnily ze sedimentu. 11.6.2019 nastal skokový nárůst koncentrací oproti odběru z 29.5.2019 (TP – 5krát, DRP – 4krát, TN - 2krát, NH_4 - 48krát) což by mohlo být způsobeno zvýšeným přítokem z rybníku Naděje. Množství chlorofylu bylo relativně

nízké a to 8,5 $\mu\text{g/l}$. Fytoplankton přitékal z rybníka Naděje, a jeho přírůstek se projevil v každém následujícím odběru a jeho kulminace nastala 9.7.2019. U spásání fytoplanktonu zooplanktonem, je třeba brát zřetel na to, že během sezóny se nejen mění množství zooplanktonu, ale také jeho druhové složení (Baxa M, 2018). Podle průměrných hodnot TP během sezóny 2019 spadá rybník dle charakteristického členění OECD (1992) do hypertrofní kategorie. Průměrná hodnota TP byla 0,22 mg/l. Podle průměrné roční koncentrace chlorofylu je rybník také hypertrofní (25,58 $\mu\text{g/l}$). Hypertrofní nádrže mohou být zvláště v letních měsících poznamenány diurnální oscilací rozpuštěného kyslíku. Přes den fotosynteticky aktivní společenstvo způsobuje často přesycení vody kyslíkem. V noci může nastat kyslíkový deficit, neboť převažují respirační procesy. Rybník Rod je zatížen živinami z přítoku rybníka Naděje a jeho povodí, nebo ze starých „zásob“ vnitřního zatížení. Letní měsíce byly dle ČHMÚ srážkově podprůměrné a tak se dá předpokládat minimální přítok vody z rybníku Naděje, proto jsou letní hodnoty koncentrací spíše ovlivněné procesy v rybníku Rod. Pro rozvoj fytoplanktonu ve vodách je důležitý takzvaný Redfieldův poměr živin uhlíku: dusíku: fosforu (C:N:P), který je v jejich atomárním poměru 106:16:1. Ačkoliv je na rybníku Rod fosforu dostatek pro rozvoj fytoplanktonu, ne vždy je zaznamenán jeho nárůst. Často je zvláště v letních měsících na rybnících limitující živinou dusík, či je růst limitován jiným faktorem, ať již světlem, nebo rychlým spásáním zooplanktonem (Pechar 2015). V rybníku se vyskytuje invazivní druh ryby (Střevlička východní - *Pseudorasbora parva*), která je nepůvodní a má velký vliv na celý ekosystém. Střevlička obsazuje volnou niku, která vzniká na Rodu vlivem nenasazení kapra. Střevlička vyžírá velký zooplankton a zoobentos, a vytlačuje původní druhy malých kaprovitých ryb (Musil, 2016). Žije ve velkých hejnech u dna a tím, může narušovat toky živin mezi pórovou vodou a vodou v rybníku. Střevlička východní má vliv i na kyslíkový režim. Nedostatek kyslíku má negativní vliv na ryby a vodní organismy (Musil a kol, 2019). Anoxické podmínky změny mikrobiální aktivitu v pórové vodě. Anoxie mění systém uvolňování živin ze sedimentu, hlavně fosforu a může způsobit i hromadné odumření fytoplanktonu, zvláště vodního květu (Pechar a Radová, 1996). Ačkoliv by se dalo předpokládat, že rybník bez hnojení a bez vyšší obsádky kapra a příkrmování bude vykazovat lepší hodnoty kvality vody, není tomu tak u všech měřených hodnot. Při porovnání dalších dvou Třeboňských rybníků z roku 2017 (Vrba a kol. 2018) a to rybník Klec a Potěšil je třeba konstatovat, že průměrné koncentrace TP jsou značně podobné, rybník Klec měl průměrnou sezónní koncentraci TP = 0,23 mg/l a rybník

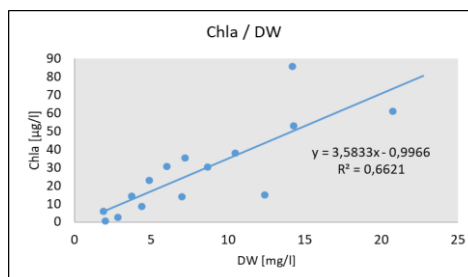
Potěšil měl průměrnou roční koncentraci TP = 0,26 mg/l (rybník Rod měl průměrnou koncentraci TP 0,22 mg/l). Množství celkového dusíku byl vyšší u obou sledovaných lokalit, rybník Klec měl TN-3,4 mg/l, Potěšil 4,0 mg/l a Rod měl 2,62 mg/l. Zde se dá brát v potaz, že zdrojem dusíku bylo rybářské hospodaření a zároveň dusík mohl pocházet z části ze zemědělských půd, které jsou jeho bohatým plošným zdrojem a z těchto půd je vymýván (Hejzlar a kol. 2018) Při porovnání povodí těchto dvou rybníků Klec i Potěšil, je vidět, že břehy rybníků jsou obklopeny poli a rybník Potěšil má větší kontakt se zemědělskou oblastí, nežli rybník Klec. Rybníky Klec i Potěšil jsou v typickém hospodářském režimu a tudíž zde dochází k přikrmování a hnojení. Na rybníku Klec byla zjištěna vyšší koncentrace chlorofylu (148 mg/l), než na rybníku Potěšil (200 mg/l) (Vrba a kol., 2018), tudíž oba rybníky měly vyšší obsah chlorofylu než rybník Rod (26 mg/l). Rok 2017 byl teplotně i srážkově v dlouhodobém normálu, a tudíž byla zachována průtočnost rybníků, a tím byla kratší teoretická doba zdržení vody v povodí obou rybníků.

Rybník Rod obsahoval v roce 2019 téměř stejné množství celkového fosforu (TP=0,22 mg/l), jako byl průměr všech Třeboňských rybníků zjištěný v letech 2000-2001 (0,23 mg/l). Obsah celkového dusíku byl na Rodu v roce 2019 vyšší o 0,58 mg/l oproti průměrné koncentraci Třeboňských rybníků v letech 2000-2001. Průměrná koncentrace chlorofylu byla na rybníku Rod v roce 2019 4 krát nižší, než byla průměrná hodnota na všech Třeboňských rybnících v letech 2000-2001 (Pechar, 2003). Množství chlorofylu bylo regulováno zooplanktonem, který má v rybníku Rod vhodné podmínky pro rozvoj, jelikož zde chybí obsádka kapra (Pechar, 2017).

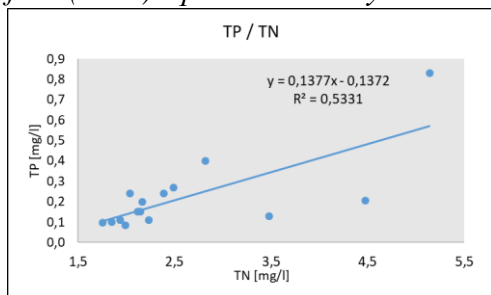
To, že není v tomto roce zřejmá závislost mezi koncentrací chlorofylu a DRP ukazuje i regresní koeficient ($R^2 = 0,0573$) lineární křivky grafu závislosti chlorofylu na DRP (obr. 32). Dle obrázku 33 se dá konstatovat, že většina nerozpuštěných látek v tomto rybníce byla fytoplanktoního původu ($R^2 = 0,66$). Závislost chlorofylu na průhlednosti je na obrázku 35. Fytoplankton v tomto rybníce nebyl vždy hlavním důvodem snížení průhlednosti, ale je jejím významným původcem ($R^2 = 0,52$). Na snížení průhlednosti se zde mohlo podílet i vyšší množství nerozpuštěných látek. Celkový fosfor i celkový dusík v roce 2019 (obr. 34) pocházel z poloviny ze stejných zdrojů organického materiálu. ($R^2 = 0,55$).



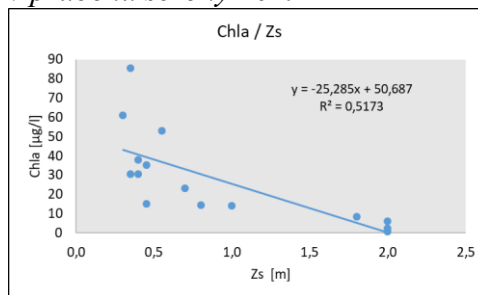
Obrázek 32 - Koncentrace chlorofylu (Chla) a reaktivního rozpuštěného fosforu (DRP) v průběhu sezóny 2019



Obrázek 33 – Koncentrace chlorofylu (Chla) a nerozpuštěných látek (DW) v průběhu sezóny 2019



Obrázek 34 - Koncentrace celkového fosforu (TP) a celkového dusíku (TN) v průběhu sezóny 2019



Obrázek 35 - Koncentrace chlorofylu (Chla) a průhlednosti (Zs) v průběhu sezóny 2019

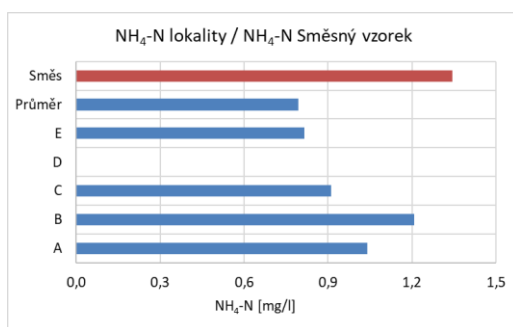
5.2 Horizontální distribuce zjišťovaných ukazatelů

Dle rozboru vzorků z horizontální distribuce, které byly odebrány v různých částech rybníka, byla zjištěna značná odlišnost těchto odběrových profilů. Také se zde projevila sezonní odlišnost. Například v dubnovém odběru (17.4) nebyl velký rozdíl v koncentraci $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, DRP na lokalitách A, B, C, E. Lokalita D je v blízkosti přítoku z rybníka Naděje, a tudíž koncentrace oproti místům A, B, C, E zde jsou rozdílné při každém odběru. V červnových odběrech (18.6 a 19.6) lokalita A i B byla podobná v koncentracích DRP i $\text{NH}_4\text{-N}$. Při porovnání místa A a B v obsahu chlorofylu, je ho více v místě A, což by mohlo ukazovat na to, že místo A bylo v době odběru méně zastíněné než místo B. Lokalita C byla koncentracemi podobná lokalitě E. Lokalita D vykazovala nejvyšší množství chlorofylu a nejnižší množství $\text{NH}_4\text{-N}$ (0 mg/l a 0,11 mg/l), což by nasvědčovalo tomu, že zde probíhala vysoká primární produkce fytoplanktonu právě v přítokové části (Jan, 2018), nebo touto dobou byl větší přítok vody z rybníka Naděje a tak se do rybníka Rod dostal chlorofyl z rybníka Naděje a zároveň prouděním vody, zde nenastaly anoxické podmínky důležité k rozkladu dusíkatých látek. Červencové i říjnové odběry ukazovaly podobnost lokalit A, B, C, E. Místo D bylo rozdílné, z důvodu přítoku rybníka Naděje, nicméně tento rozdíl nebyl markantní, tudíž se dá předpokládat, že v tomto období nebyl přítok velký, nasvědčuje

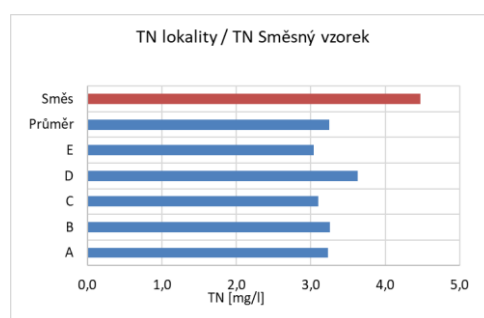
tomu i množství spadných srážek. Koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ byla nulová u všech lokalit po celou sezónu 2019, což nasvědčuje rychlé fixaci fytoplanktonem, či denitrifikaci (Potužák a kol. 2016)

Dle výsledků horizontální distribuce bylo porovnáno, zda je směsný vzorek, který by měl reprezentovat průměrnou hydrochemickou charakteristiku celého rybníka, průměrem všech hodnot z jednotlivých lokalit, či ne. Na obrázcích 36-40 je srovnání koncentrací různých veličin na místech A, B, C, D, E, průměrná hodnota všech těchto míst (A-E) s koncentracemi zjištěnými ve směsném vzorku. Bylo využito dat z odběru z 19. 6. 2019, jelikož to byl odběr, kdy vzorky z horizontální distribuce a směsný vzorek byly odebrány téměř ve stejný čas. Dle tohoto zjištění je vidět, že koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$, DRP a Chla se nejvíce blíží k hodnotám ve směsném vzorku na místě B, u koncentrace TN je nejbližší ke koncentraci ve směsném vzorku místo D. Hodnota koncentrace TP pro směsný vzorek je nejbližší průměrné hodnotě ze všech dílčích lokalit.

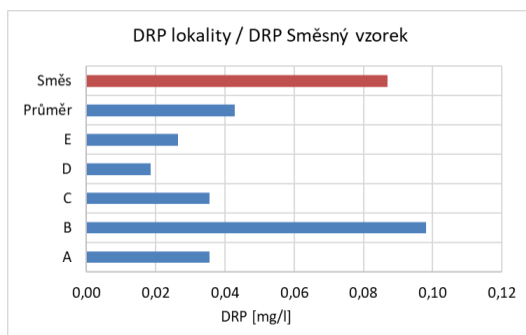
Obrázek 36-40: porovnání koncentrací amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$), celkového dusíku (TN), reaktivního rozpuštěného fosforu (DRP), celkového fosforu (TP) a chlorofylu (Chla) ze dne 19. 6. 2019 ze všech odběrových lokalit A, B, C, D, E a jejich průměrná hodnota koncentrace ze všech míst A až E v jeden odběr (průměr), se směsným vzorkem (směs). Na ose y jsou odběrové lokality + průměr a směs, osa x – hodnota koncentrace [mg/l].



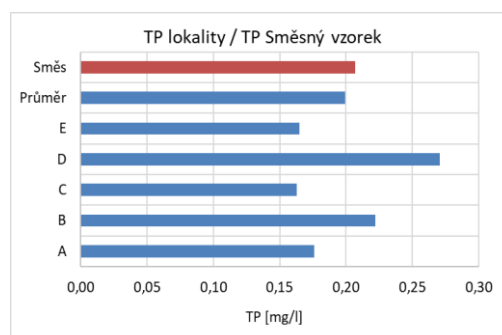
Obrázek 36 - koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$)



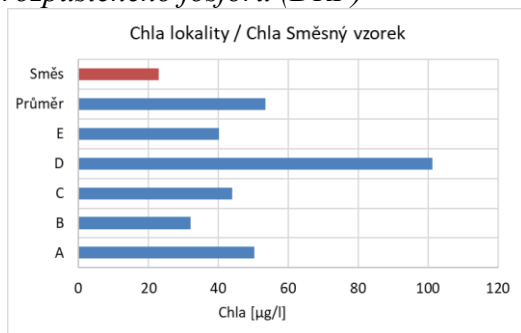
Obrázek 37 - koncentrace celkového dusíku (TN)



Obrázek 38 - koncentrace reaktivního rozpuštěného fosforu (DRP)



Obrázek 39 – koncentrace celkového fosforu (TP)



Obrázek 40 - koncentrace chlorofylu (Chla)

Dle výsledků je vidět, že koncentrace jednotlivých sledovaných veličin směsného vzorku a průměr všech odběrových lokalit je sice značně odlišná, ale nelze zde jednoznačně říci, že by lokalita pro odběr směsného vzorku byla špatně zvolená. Vzorky z horizontální distribuce byly odebírány 30cm pod hladinou, a směsné vzorky byly odebírány celým hloubkovým profilem. Zároveň bylo pro toto porovnání k dispozici málo dat a bylo by to vhodné k další studii.

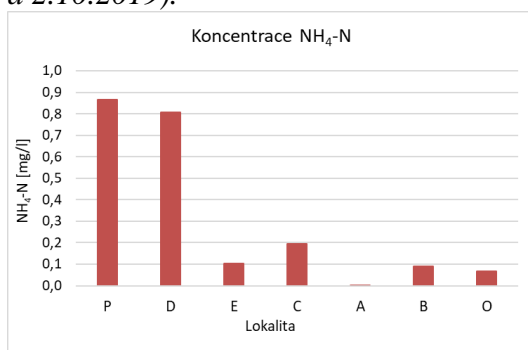
5.3 Porovnání přítoku a odtoku

Koncentrace celkového dusíku, která byla zjišťována 24.7.2019 byla na odtokové části 2 krát nižší než koncentrace na přítoku z Naděje. U TP to bylo podobné, odtok obsahoval 2 krát méně celkového fosforu než přítok. V červencovém odběru byly zjištěny velice nízké koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ a DRP jak v přítokové, tak odtokové části. Říjnový (2.10) odběr odhalil stejné snížení TN, a TP jako červencový odběr. V říjnu ale také došlo k poklesu koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$ na odtoku 13 krát, a DRP se na odtoku snížil 8krát, což by mohlo poukazovat na vyčerpání těchto rychle dostupných živin fytoplanktonem. Koncentrace chlorofylu byla vždy na odtoku více než dvakrát nižší oproti přítokové části, což poukazuje na to, že většina fytoplanktonu byla nejspíše zfiltrována zooplanktonem, kterého zde bylo dostatek, z důvodu nižší rybí obsádky.

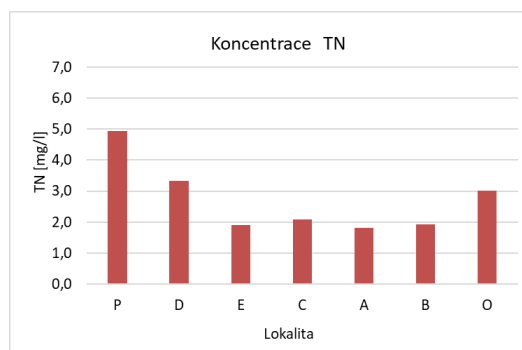
Došlo zde i k retenci celkového fosforu o téměř 46% což koresponduje se závěry o retenci fosforu v nádržích s prací J. Hejzlara (2006) a s prací J. Potužáka (2016), kde se poukazuje na to, že množství zadržného fosforu závisí na době zdržení vody v nádrži, čím kratší doba zdržení, tím méně fosforu se zadrží. Retence celkového dusíku byla také vysoká, což nasvědčuje vysoké biogenní denitrifikaci (Potužák a Duras, 2015). Celý rybníční ekosystém zlepšuje kvalitu vodu transformací živin. Na samočistící schopnost vody tohoto rybníka poukazuje hlavně říjnový odběr vzorků vody, kdy dochází ke značnému snížení koncentrací biologicky dostupného fosforu DRP a dusíku $\text{NH}_4\text{-N}$ během průtoku rybníkem. V říjnu se dá také předpokládat, že vlivem nižších teplot dochází ke zpomalení biologických procesů, dochází k destratifikaci celého vodního sloupce a tím jsou zachovány oxické podmínky i na dnem, a nedochází tak k výraznému uvolňování živin, ale spíše k jejich sedimentaci. Koncentrace DRP byla nižší ve vzorku z odtoku o 0,07 mg/l, $\text{NH}_4\text{-N}$ o 1,59 mg/l, TP o 0,12 mg/l, TN o 1,79 mg/l a Chla o 144,41 $\mu\text{g/l}$.

Obrázky 41-45 ukazují průběh koncentrací jednotlivých ukazatelů a to od přítoku z Naděje (P), přes lokality D, E, C, A, B, až po odtok (O). Pořadí těchto lokalit bylo určeno podle možného teoretického postupu vody rybníkem od přítoku po odtok. Na grafickém znázornění je vidět, že koncentrace sledovaných veličin se od přítoku po odtok značně snížila. Koncentrace $\text{NH}_4\text{-N}$ (obr. 41), DRP (obr. 43) klesá od míst P po A, výjimku zde tvoří lokalita C, kde koncentrace opět trochu rostou. Místo C má ze sledovaných lokalit nejnižší hloubku, a také je v blízkosti ostrůvků, jenž je hnízdištěm vodního ptactva (Musil a kol., 2016). Tyto okolnosti mohou ovlivnit výkyv v poklesu koncentrací. To že koncentrace klesají je ukazatel nejen naředění přitékajících živin, ale také jejich sorpci sedimentem a další biologické přeměny. Koncentrace TP (obr. 44), TN (obr. 42) a Chla (obr. 45) klesají postupně, tak jak teoreticky proudí masa vody rybníkem, zajímavostí je, že koncentrace opět mírně stoupají v blízkosti odtokové části B a přímo v odtokové části O. Místo B a O vykazují od místa A nárůst koncentrací sledovaných veličin. Zde může vlivem proudu docházet k soustředění sledovaných veličin. Rybník Rod má typ výpustě požerák, kudy odtéká voda svrchu. Při odtoku povrchové vody z rybníku mohou odtékat i vyšší koncentrace fosforu (Pechar, 2009). Koncentrace základních chemických ukazatelů jakosti vody od přítoku po odtok ukazují hrubý odhad chování rybníčního ekosystému jako celku.

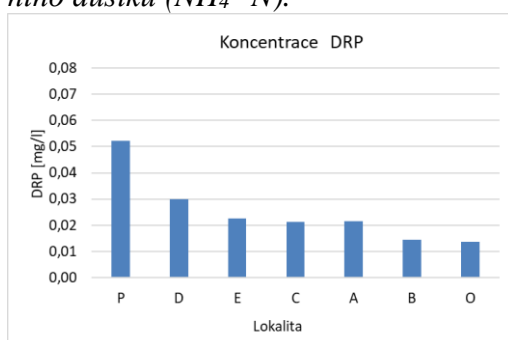
Koncentrace jednotlivých ukazatelů seřazené postupně od přítoku P, přes odběrové místo D, E, C, A, B, až po odtok O. (průměrná koncentrace za oba odběry 24.7.2019 a 2.10.2019).



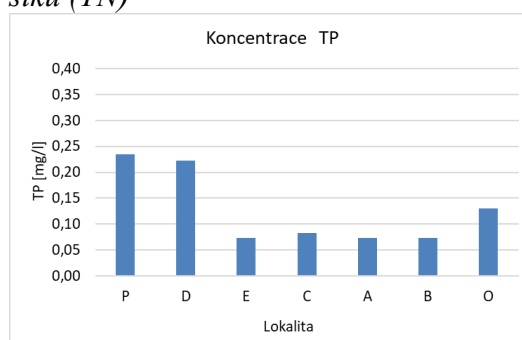
Obrázek 41 – koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$).



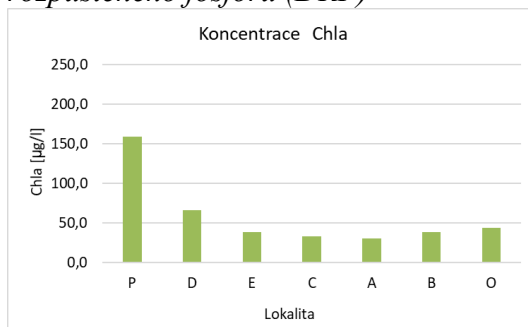
Obrázek 42 – koncentrace celkového dusíku (TN)



Obrázek 43 – koncentrace reaktivního rozpuštěného fosforu (DRP)



Obrázek 44 – koncentrace celkového fosforu (TP)



Obrázek 45 – koncentrace chlorofylu (Chla)

5.4 Porovnání teoretické retence a zjištěné retence fosforu

Dle zjištěných hodnot, se ukázalo, že rybník Rod reálně zadržuje stejné množství fosforu, jako je jeho teoretická retence. Model teoretické retence fosforu dle Hejzlara a kol. (2006) byl koncipován pro vodní nádrže a mělká jezera bez rybářského hospodaření. Na rybníku Rod bylo zjištěno významné zadržování fosforu, blízké hodnotám v nádrži bez rybářského významu. Toto může být způsobeno tím, že rybník je v extensivním hospodářském režimu. Na rybníku Rod nebyl počítán vstup fosforu z rybářského hospodaření, jelikož rybník nebyl hnojen, ani příkrmován a množství fosforu v násadě ryb bylo zanedbatelné (nepubl. data pro Rybářské sdružení, Musil 2020).

Množství fosforu ve srážkách je zanedbatelné (Krása a kol., 2013). S bilancí fosforu ve srážkách nebylo počítáno, vzhledem k tomu, že v roce 2019 byl vyšší výpar vody, než byl objem srážek. Zadržovaný fosfor je uložen v makrofytech, fytoplanktonu, zooplanktonu, rybách a sedimentech. Schopnost sedimentu zadržovat fosfor je dán mnoha faktory. Např. pokud je fosfor vázán na sloučeniny hliníku, bývá vazba stabilnější, než když je fosfor vázán na sloučeniny železa (Jan a kol., 2013).

Tato bilance ukázala, že rybník Rod zadržuje procentuálně více fosforu, než zadržuje rybník Rožmberk, ze kterého je napájen celá Nadějská rybníční soustava. Rybník Rožmberk zadržoval průměrně 23 % (Hejzlar a kol., 2019) a rybník Rod zadržoval 39% celkového fosforu. Toto bylo způsobeno tím, že rybník Rožmberk obsahuje průměrně více fosforu a má kratší teoretickou dobu zdržení vody než rybník Rod, ale také Rožmberk je v semiintenzivním hospodářském režimu.

5.5 Porovnání analýz sedimentu

V analýze sedimentu odebraného dne 19. 6. 2019 z lokalit horizontální distribuce A, B, C, D, E byly pozorovány tyto parametry: vizuální charakteristika, ztráta žíháním, jakožto ukazatele procentuálního obsahu organických látek, koncentrace celkového dusíku (TN) a fosforu (TP).

Lokalita A měla oproti jiným lokalitám nižší obsah celkového dusíku i fosforu a nejvyšší ztrátu žíháním. Sediment vzhledově působil vodnatě, ale hlubší vrstva byla hlinitá kompaktní. Chemický rozbor ukázal, že zde byl sediment tvořen hlavně čerstvou organickou složkou, což dokládá nejen ztráta žíháním, ale i obsah dusičnanového dusíku (2,29 mg/kg suš.). Sediment lokality A má nejnižší množství amoniakálního dusíku (0.63 mg/kg suš), což je dalším ukazatelem, že organický materiál zde ještě nepodleh hluboké biologické degradaci. Dusičnanový dusík vznikl pravděpodobně rychlou mikrobiální aktivitou. Byl zde zjištěn nízký obsah celkového fosforu a dusíku, to zase koresponduje se zjištěním vědecké práce ohledně ztrát těchto prvků při výlovu rybníka (Regenda, 2019). Místo A je lokalita s nejvyšší hloubkou, a mohla zde v letních měsících nastat anoxie a tím mohlo dojít ke zvýšenému uvolňování rozpuštěného fosforu do vodního sloupce ze sedimentů (Pechar a kol., 2009). Lokalita B a E má podobný sediment co se týká jak vizuální charakteristiky, tak co se týká obsahu dusíku a fosforu. Tyto sedimenty obsahovaly nejvyšší množství jak celkového dusíku,

tak celkového fosforu, ale malé množství dusitanového dusíku. V povrchových vodách se dusitanový dusík vyskytuje většinou v nízkých koncentracích (Pitter, 1999). Na těchto lokalitách nemusí docházet tak často k anoxickým podmínkám jako v místě A. Sediment z lokality B byl vizuálně nejvíce kompaktní a měl hlinitý charakter. Sediment z lokality D byl ovlivněn tím, že je v přítokové části. Zde by se dalo předpokládat vyšší proudění vody, a tudíž se sediment nestihá usazovat v kompaktní celek, a zůstává tak původní podloží bez organických látek. Tuto myšlenku zohledňuje i fakt, že v sedimentu bylo mnohem méně celkového dusíku a fosforu než v lokalitách B, E. Vzhled sedimentu je písčitohlinitý s velkými zrny písku. Ohledně koncentrací celkového fosforu i dusíku, je sediment podobný lokalitě A, tudíž koncentrace jsou pod průměrnou hodnotou. Sediment z lokality C je ovlivněn svoji pozicí v blízkosti litorálních porostů a makrovegetace, tudíž zde dochází k vyššímu využívání živin.

Byla porovnána průměrná ztráta žíháním a obsahy TP, TN ze sezóny 2019 se sezónou 2015 (data jsou poskytnuta od společnosti ENKI o.p.s.) Tabulka s daty je uvedena níže. Průměrná koncentrace TP a TN byla v roce 2019 vyšší než v roce 2015, což opět nasvědčuje tomu, že je retence fosforu v nádržích způsobena právě sedimentací, a sedimentem samotným (Jan a kol., 2015). Je třeba konstatovat, že v roce 2017 přidala evropská komise surový fosfát na seznam kritických surovin, a tudíž je dobré na sedimenty dnes nahlížet spíše jako na zásobárnu fosforu. Sediment byl dříve do 20 století považován za výborné organické hnojivo, ale dnes spadá do kategorizace odpadu, hlavně z důvodu kontaminace těžkými kovy a proto dnes vznikají různé studie, jak se sedimentem nakládat a získat z něj opět plnohodnotné hnojivo. (Kröpfelová, 2019, Baxa a kol., 2020).

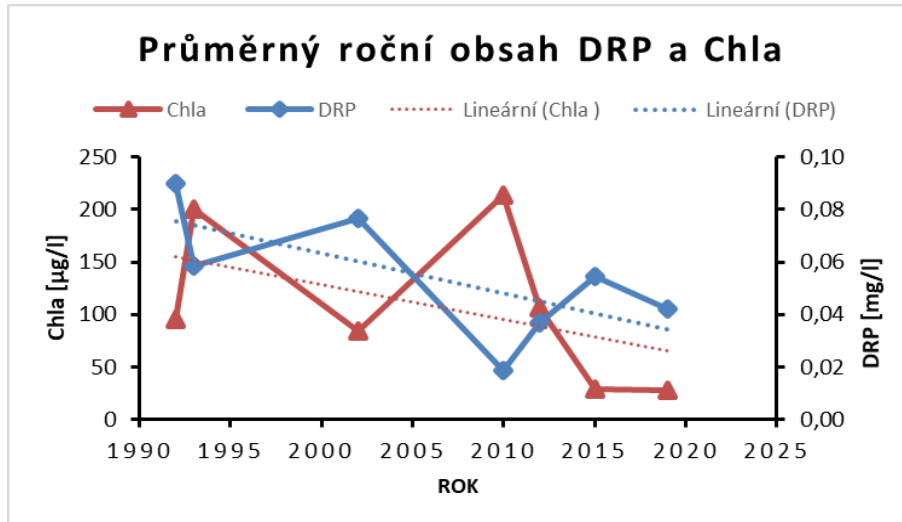
ROK + Lokalita	pH	Ztráta žíháním při 550°C	Celkový dusík	Celkový fosfor	Amoniakální dusík	Dusitanový dusík
		%	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.	mg/kg suš.
ROD 2019	6,72	27,17	7814,00	1600,80	11,65	0,79
ROD 2015	6,80	25,77	7056,67	1391,33	29,87	0,17
HORUSICKÝ 2015	6,80	26,00	9000,00	1700,00	160,00	0,48

Tabulka 13 – Složení sedimentu rybníku Rod a Horusického rybníka.

5.6 Porovnání koncentrací rozpuštěného reaktivního fosforu a chlorofylu

Sledování změn koncentrací rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) i chlorofylu (Chla) v různých letech na rybníku Rod, odhalilo jejich pokles (Obr. 46). Od konce 90. let patrně dochází ke snižování hnojení rybníků. V současnosti činí celkový přísun fosforu (v hnojení i krmení) v průměru 4 kg P/ha (nepubl. data pro Rybářské sdružení,

Regenda 2013). Na rybníku Rod neprobíhá ani krmení ani hnojení fosforem, jeho přísun je z povodí, zvláště přítoku rybníka Naděje. Během sezóny nedochází ke zvyšování koncentrace chlorofylu s poklesem koncentrace DRP a tak se zde předpokládá i jiný limitující faktor pro růst fytoplanktonu (Pechar 2015).



Obrázek 46 - průměrná koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v jednotlivých letech a směrnice trendu těchto dat (zdroj dat: ENKI o.p.s a vlastní)

Nejméně DRP se v rybníku Rod podle průměrné sezonní koncentrace vyskytovalo v roce 2010, zároveň v tomto roce bylo nejvíce chlorofylu, což by ukazovalo na to, že veškerý DRP byl zpracován fytoplanktonem. Fytoplankton byl málo filtrován zooplanktonem, který byl zase s největší pravděpodobností požírán kaprem. Mohla se zde projevit „top – down“ regulace (Hrbáček, 1961). Vyšší koncentrace DRP a přesto nižší koncentrace Chla v roce 2015 jsou ovlivněny biomanipulačním pokusem, kdy rybník Rod byl ve druhém roce bez obsádky kapra a došlo zde k enormnímu nárůstu makrofyt. Makrofyta svým prostorem a zastíněním nejspíše konkurovala fytoplanktonu (Pechar, 2016) Rok 2015 je považován za extrémně suchý rok, což mohlo způsobit na vodních plochách neočekávaný průběh (Duras, 2017). Nejnižší průměrné množství chlorofylu bylo zjištěno v roce 2019, průměrná koncentrace chlorofylu byla pouze 28 µg/l a to i přesto, že ve vodě bylo zjištěno 0,04 mg/l volného a biologicky dostupného DRP. Tato data by mohla ukazovat na to, že v tomto roce nebyl limitní faktor pro růst fytoplanktonu obsah DRP, ale mohl to být jiný faktor, nebo byl zde silný predakční tlak od zooplanktonu, kterému se právě díky nízké kaprovité obsádce mohlo dařit (Pechar, 2019), dále zde mohlo docházet i k limitaci vlivem nedostatku dusičnanů, kdy ve vodě převládají sinice, které nejsou závislé na dusitanech jako zdroji dusíku (Pechar a kol., 2016).

6. Závěr

Předložená diplomová práce řešila vývoj vybraných fyzikálněchemických ukazatelů kvality vody v průběhu sezóny 2019 na extensivně obhospodařovaném rybníku Rod. Rybník Rod je součástí stejnojmenné přírodní rezervace a náleží do Nadějské rybníční soustavy. Dotčený rybník je tak do určité míry ovlivňován rybářským hospodařením, neboť jeho přítok je z větší části utvářen z rybníka Naděje, který je v semiintenzivním hospodářském režimu. Povodí rybníku Rod je přibližně z jedné čtvrtiny tvořeno pozemky s běžným zemědělským hospodařením, které se také dlouhodobě podílí na vývoji sledovaných parametrů kvality vody. Ačkoliv je celkový přísun živin z povodí Třeboňských rybníků nižší, než tomu bylo na počátku 90. let 20. století, celkové zatížení živinami je stále více než zřejmé.

Tato práce se kromě fyzikálněchemických ukazatelů vody na vybraných odběrových profilech plochy rybníku, včetně přítoku a odtoku, věnovala také rozboru vzorků sedimentu. Vlastní výsledky analýz z roku 2019 byly následně porovnávány s výsledky výzkumu z předcházejících let 1990-2019.

Na základě výsledků diplomové práce bylo možné specifikovat následující závěry:

- Sezónní průběh fyzikálněchemických ukazatelů v rybníku Rod je ovlivněn jeho celkovým stavem ovlivněným hospodařením minulých let, jak rybářským, tak i v jeho povodí.
- V sezóně 2019 se projevila závislost nárůstu chlorofylu s dostupným DRP. Současně docházelo k vyčerpávání dusíku, až se dusík stal limitující živinou a také docházelo ke změnám v množství zooplanktonu
- V porovnání s jinými rybníky na Třeboňsku má rybník Rod podobné koncentrace TP, ale nižší koncentrace TN, což je pravděpodobně důsledkem snížené intenzity hospodaření s ohledem na přírodní rezervaci.
- V meziročním porovnání byl rok 2019 srážkově podnormální a teplotně nadnormální, což způsobilo sníženou výměnu vody v rybníku, delší dobu zdržení a vyšší teplotu vody ovlivňující biochemické procesy v rybníku.
- Dle výpočtů ztráty vody výparem a přítoku vody srážkami v roce 2019 se prokázalo, že rybník je zcela závislý na přítoku vody z rybníka Naděje, resp. řeky Lužnice.

- Výsledky analýz pro zjištění horizontální distribuce fyzikálněchemických a hydrobiologických ukazatelů ukázaly, že na hodnoty koncentrací jednotlivých ukazatelů má vliv také odběrové místo uvnitř monitorovaného rybníku, kde se může projevit vliv hloubky vody, zastínění, proudění vody, blízkosti přítoku a přísunu živin apod.
- Ačkoliv byl zjištěn rozdíl v koncentracích mezi průměrnou hodnotou všech odběrových profilů (A-E) a směsného vzorku, nelze říct, že směsný vzorek není reprezentativním vzorkem koncentrací celého rybníka, jelikož odběry vzorků z horizontální distribuce byly odebírány v jiné hloubce, než je směsný vzorek. Toto by bylo vhodné k další studii.
- Rozdíly v koncentracích celkového fosforu a dusíku mezi přítokem a odtokem naznačily, že v rybníku Rod dochází k účinné retenci těchto živin. Rybník v tomto případě snížil koncentrace celkového fosforu o téměř 46% a celkového dusíku o 39 %.
- Rozdíly v koncentracích chlorofylu mezi přítokem a odtokem ukazovaly na filtraci fytoplanktonu zooplanktonem.
- Z analýz sedimentu v letech 2015 a 2019 vyplývá, že se živiny v rybníku Rod v průběhu let ukládají. Jejich koncentrace jsou znatelně nižší než např. v rybníku Horusický se semiintenzivním systémem hospodaření.
- Výsledky analýz vody rybníku Rod z let 1992 – 2019 ukázaly klesající tendenci hodnot DRP i Chla.
- Na základě výsledků práce lze pro celkové zlepšení kvality vody v rybníku Rod doporučit snížení vnitřní živinové zátěže, např. odtěžením části sedimentu, a snížit přísun živin z povodí, např. snížením intenzity rybářského hospodaření na rybníku Naděje tvořící většinový přítok vody do Rodu.

7. Literatura

ADÁMEK Z., HELEŠIC J., MARŠÁLEK B., RULÍK M. (2008). *Aplikovaná hydrobiologie*. 1. Vyd. České Budějovice, VÚRH JU Vodňany. 256 s.

ANONYM 1, *Fixace vzdušného dusíku*. České Budějovice: Algologická laboratoř na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty JU v Českých Budějovicích [online]. Copyright © 2020 [cit. 2020_02_17]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/files/docs-FixaceN.pdf>

ANONYM 2, *Přírodní rezervace Rod. AOPK ČR* [online]. Copyright © 2020 [cit. 2020_01_04]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=1292>

BALÍK J. (2012). *Technická zpráva pilotního projektu Komplexní systém kontroly kvality vody v rybnících – klíčový nástroj pro efektivní produkci ryb* [online]. 2012 [cit. 2020_02_4]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/289637/Komplexni_system_kontroly_kvality_vody_v_rybnicich_klicovy_nastroj_pro_efektivni_produkci_ryb.pdf

BAXA M. (2018). *Struktura a formování planktonních společenstev v silně ohrožených vodních ekosystémech – rybnících ve vztahu k hospodaření*. České Budějovice, Disertační práce, 2018. Jihočeská univerzita – Zemědělská fakulta.

BAXA, M., ŠULCOVÁ, J., KRÖPFELOVÁ, L., POKORNÝ, J. a POTUŽÁK, J. (2020). *Výsledky dlouhodobého screeningu kvality rybníčních sedimentů v České republice*. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 62, č. 1, str. 4–10.

BOSTRÖM B., JANSSON M. a FORSBERG C. (1982). *Phosphorus release from lake sediment*. Arch Hydrobiol.. Beih. Ergenbn. Limnol. 18: 5-59.

BURESH, R. J. a PATRICK W. H. (1981). *Nitrate reduction to ammonium and organic nitrogen in an estuarine sediment*. Soil Biol. Biochem., 13: 279-283.

CAPANDOVÁ K. (2012). *Návrh čištění odpadních vod ve společnosti DEZA, a.s. s ohledem na snížení koncentrace amoniaku*. Ostrava, 2012, Diplomová práce, Technická univerzita Ostrava – Hornicko geologická fakulta.

CAROSELLA T.L. (2017). *Phosphorus species*, [online]. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax – SWCSMH. [cit 2020_02_04]. Dostupné z: <http://lakes.chebucto.org/DATA/PARAMETERS/TP/tp.html>

DAŇHELKA J., KUBÁT, J. (2019). *Sucho v roce 2018. Předběžné hodnocení*. Český hydrometeorologický ústav, Praha 2019. 85p.

DURAS J. (2016): *Fosfor, fosfor, fosfor – a my*. Sborník konference Pitná voda 2016, W&ET Team, Č. Budějovice 2016, s. 27-32.

DURAS J., POTUŽÁK J. (2018): *Co jsme zjistili z látkových bilancí rybníků?* In: Kopp R. et al. (ed.) Sborník konference Rybikon 2018, Brno, Mendelova univerzita v Brně, s. 10-13.

DURAS J. (2016): *Jak se sucho 2015 projevilo v kvalitě stojatých vod*. In: Sborník konference Vodárenská biologie 2016, 3.-4. února 2016, Praha, Říhová-Ambrožová J., Petráková-Kánská K. (Eds.), str.77-88.

FEUILLADE, M. a DORIOZ, J.M. (1992). *Enzymatic release of phosphate in sediments of various origins*. Water Research, 26: 1195–1201.

GOLTERMAN, H. L. (2004). *The chemistry of phosphate and nitrogen compounds in sediments*. Boston: Kluwer Academic. 251 s.

HEJZLAR J., NEDOMA J. a KOPÁČEK J. (1994): *Formy fosforu v procesu eutrofizace údolních nádrží*. Sborník 10. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie, Praha 14.-15. února 1994, ČVTVS MŽP ČR, s. 29-35.

HEJZLAR J., KOPÁČEK J., VYSTAVNA Y., (2019): *Predikce koncentrace fosforu a trofie v údolních nádržích*. In: Kosour, D. et al. (ed.) Sborník konference Vodní nádrže 2019, Brno, 2019. Povodí Moravy, Brno, s. 101–106.

HEJZLAR J, ŠÁMALOVÁ K, BOERS P, KRONVANG B. (2006): *Modelling Phosphorus Retention in Lakes and Reservoirs*. Water, Air, & Soil Pollution: Focus 6(5-6):123-130.

HEM, J.D. (1985): *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. 3. Vyd., US Geological Survey Water-Supply Paper 2254, University of Virginia, Charlottesville, 263 s.

HORÁKOVÁ M., LISCHKE P. a GRÜNWARD A. (1986): *Chemické a fyzikální metody analýzy vod: celostátní vysokoškolská příručka pro stud.* VŠCHT stud. oboru technologie vody. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. s 389.

HRBÁČEK, J., M. DVOŘÁKOVÁ, V. KOŘÍNEK et L. PROCHÁZKOVÁ (1961): *Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association.* *Verhandlungen. Internationale Vereinigung Theoretisch Angewandte Limnologie.* (14), 192–195.

JAN, J., BOROVEC, J., KOPÁČEK, J., HEJZLAR, J., (2013): *What do results of common sequential fractionation and single-step extractions tell us about p binding with fe and al compounds in non-calcareous sediments?* *Water Research*, 2013, 47 (2): 547–557.

JAN J., BOROVEC J. a HUBÁČEK T. (2015): *Co umíme říci o sedimentech, aneb hodnocení sedimentů v nádržích ve vztahu k eutrofizaci* In: Kosour, D. et al. (ed.) *Sborník konference Vodní nádrže 2015, Brno, October 6–7, 2015. Povodí Moravy, Brno, s 55–60.*

JAN J., BOROVEC J, PETRÁŠ D, OSAFO N., TOMKOVÁ I a HUBÁČEK T (2018): *Vliv dostupnosti kyslíku a dusičnanů na cyklus fosforu v sedimentu – příklad nádrže Vranov* VTEI 3: 18-25.

JENÍK, J. a KVĚT, J. (2002): *Human impacts on the Třeboň Basin Biosphere Reserve.* In: Květ, J., Jeník, J. & Soukupová, L. (eds.): *Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future: A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic, Man and the Biosphere Series 28.* pp. 2-9. UNESCO & The Parthenon Paris.

JENSEN, H.S. a ANDERSEN F. Ø. (1992): *Importance of temperature, nitrate, and pH for phosphate release from aerobic sediments of four shallow, eutrophic lakes.* *Limnol. Oceanogr.*, 37: 577–589.

JOHNSTON A. E. (1994): *The role of nitrogen in crop production and losses of nitrate by leaching from agricultural soil.* *Marine Pollution Bulletin* 6-12: 414-419.

KONEČNÁ, J., KARÁSEK, P., FUČÍK, P., PODHRÁZSKÁ, J., HANÁK, R., RYŠAVÝ, S., SÝKORA, L., DOLEŽAL, P., KRIŠKA, M., POCHOP, M., KUČERA, J. a KŘÍŽKOVÁ, S. (2018): *Principy přístupu k řešení optimalizace ochrany vody*

a půdy v subpovodích řeky Svatky. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2018, roč. 60, č. 2, str. 14–23.

KOPÁČEK J., HEJZLAR J., BOROVEC J., PORCAL P. a KOTOROVÁ I (2000): *Phosphorus inactivation by aluminum in the water column and sediments: Lowering of in-lake phosphorus availability in an acidified watershed-lake ecosystem*. Limnology and Oceanography, 45(1):212-225.

KOPÁČEK J., HEJZLAR J., PORCAL P., POSCH M. (2017): *Trends in riverine element fluxes: A chronicle of regional socio-economic changes*. Water Research 125: s 374–383.

KOPP R., HADAŠOVÁ L., LANG Š., BRABEC T., MAREŠ J. (2012): *Diurnální změny rozpuštěného kyslíku a pH v intenzivně obhospodařovaných rybnících*. In: Sborník referátů konference 2012. České Budějovice: Chov ryb a kvalita vody. Rybářské sdružení ČR, s. 65-72.

KRÁSA J., JANOTOVÁ B., BAUER M., DOSTÁL T., (2012): *Zdroje splavenin v povodí vodních útvarů stojatých vod, možnosti jejich kvantifikace a návrhu ochranných opatření*. In: Vodní toky 2012. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, 2012, díl 1, s. 162-167.

KRÁSA J, ROSENDORF P., HEJZLAR J, BOROVEC J., DOSTÁL T, DAVID V., ANSORGE L., DURAS J, JANOTOVÁ B., BAUER M, DEVÁTÝ J., STROUHAL L., VRÁNA K., FIALA D. (2013): *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy*. 1.vyd. Praha, Vydavatelství ČVUT - Fakulta stavební, s. 58.

KRÖPFELOVÁ L., POTUŽÁK J., DURAS J., ŠULCOVÁ J, BENEDOVÁ Z., BAXA M a POKORNÝ J (2019): *Rybníční sedimenty a nové možnosti recyklace živin a organických látek v zemědělské krajině – příkladová studie rybník Horusický*. In: Sborník referátů konference 2019. Brno: Fosfor – aktuální otázky a řešení. Povodí Moravy, s 95–104.

LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1991): *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Praha, s. 17-45.

LIJKLEMA, L. (1980): *Interaction of orthophosphate with iron(III) and aluminium hydroxides*. *Envir.Sci. Technol.*, 14: s. 537–540.

MUSIL M. (2016): *Formování planktonu a produkční charakteristiky v eutrofních rybnících*. České Budějovice Disertační práce, 2016. Jihočeská univerzita – Zemědělská fakulta.

MUSIL M., BAXA M., PECHAR L. (2019): *Kyslíkové deficity v rybnících – význam stavu rybníčních biocenóz a meteorologických podmínek* In: Sborník referátů 5. ročníku odborné konference 2019, České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky, s. 116-125.

MUSIL P., POLÁKOVÁ K., MUSILOVÁ Z, ČEHOVSKÁ M, KOČICOVÁ P, KEJZLAROVÁ T. (2016): *Význam „alternativní“ rybní obsádky pro populace vodních ptáků: příklad rybníka Rod*, Fórum ochrany přírody 3: 19-23.

NOVOTNY, V. (1995): *Nonpoint pollution and urban storm water Management - Water management library*. Volume 9, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster - Basel, 429 s

PECHAR L. (2015): *Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybních obsádek*. *Vodní hospodářství*, 65(7): s 1-6.

PECHAR L, BASTL J., HAIS M., L. KROPFELOVÁ, POKORNÝ J., STICHOVÁ J, ŠULCOVÁ J. (2005): *Effects of runoff from agricultural catchments on fishpond water chemistry: A long-term study from Třeboň fishponds* In: Dune E.J. (ed.). *Nutrient management in agricultural watersheds – A wetland solutions*, Wageningen Academic Publisher, The Netherlands, s. 28-33.

PECHAR L., BASTL J., EDWARDS K., HAIS M., KUČERA Z., KROPFELÖVÁ L., POKORNÝ J., RADOVÁ J., ŠULCOVÁ J., (2003): *Changes in agricultural discharge runoff during the last ten years after political and socioeconomical transformation in the Czech Republic - experience from fish pond and water chemistry of the Třeboň basin*. In: Vymazal J. (Ed.). *Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, s. 307-320.

PECHAR L., CHMELOVÁ, I., POTUŽÁK, J., ŠULCOVÁ, J. (2009): *Dynamika dusíku a fosforu v eutrofních rybnících*. In: Sborník příspěvků Konference Revitalizace Orlické nádrže 2009 Písek, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, s. 118–125.

PECHAR L. a RADOVÁ J. (1996): *Hydrobiologické zhodnocení vývoje třeboňských rybníků od konce 19. století*. In IUCN: Význam rybníků pro krajinu střední Evropy. Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko. České koordinační středisko IUCN – Světového svazu ochrany přírody Praha a IUCN Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie, s. 57 – 82

PECHAR, L a BAXA M. (2016): *Vztah rybářského hospodaření a fungování rybníční biocenózy*. Fórum ochrany přírody 3: 15-18.

PECHAR L., BAXA M., BENEDOVÁ Z., KRÖPFELOVÁ L., MUSIL M., ŠULCOVÁ J (2019): *Eutrofizace rybníků – jak hodnotit poslední desetiletí, setrvalý problém nebo zlepšení?* In: Sborník referátů 5. ročníku odborné konference 2019, České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky, s. 51-57.

PECHAR L., BAXA M., BENEDOVÁ Z., MUSIL M., POKORNÝ J. (2016): *Jak fungují rybníky s rybami a “rybníky“ bez ryb, při nízké a vysoké úrovni živin*. [Fish-pond functioning – with or without fish stock at low or high nutrient level]. In: David V., Davidová T. (eds.): Rybníky 2016. ČSKI, květen 23.-24., 2016, ČZU v Praze, s. 70 – 80.

PECHAR L., MUSIL M., BAXA M., PETRŮ A., BENEDOVÁ Z., KRÖPFELOVÁ L., ŠULCOVÁ J (2017): *Tři roky bez kapra na rybníce Rod (Třeboňsko) – aneb, jak reálná je možnost zlepšit kvalitu vody a stav rybníčního biotopu absencí obsádky kapra?* In: Sborník referátů 4. ročníku odborné konference 2017, České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky, 95 s. 55-60.

PERGLOVÁ V., (2008): *Změny složení pórové vody sedimentů v průběhu roku a po „ošetření“ sedimentů sloučeninami železa“*, České Budějovice, 2008. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita - Přírodovědecká fakulta, s. 52.

PITTER, P. (1999): *Hydrochemie*. 2. vyd., Praha: Vydavatelství VŠCHT, s. 568.

PITTER, P. (1999): *Koncepce neutralizačních kapacit v hydrochemii a technologii vody*. Chem. Listy, 93: 509 – 511.

POKORNÝ J. a ZYKMUND A. (2013): *Nedocenená úloha rybníků v krajině*. In: Sborník referátů odborné konference - Chov ryb a kvalita vody II, 2013, České Budějovice. Rybářské sdružení České republiky, 95 s.

POTUŽÁK J., DURAS J. (2015): *Retence živin v rybnících – význam, hodnocení a možnosti jejího využití*, Vodní hospodářství, 65 (7), 7-15s.

POTUŽÁK, J., DURAS, J. a DROZD, B. (2016). *Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus?* Aquacult Int 24, s. 1725–1745.

REDDY, K. R. a GRAETZ, D. A. (1988): *Carbon and nitrogen dynamics in wetland soils*. In: HOOK, D.D. et al. (eds.), Ecology and Management of Wetlands. 1. díl: Ecology of Wetlands. Timber Press, Portland, Oregon, s. 307-318.

REDDY, K.R. a PATRICK, W.H. (1984): *Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments*. CRCCrit. Rev. Environ. Control., 13: 273-309.

REGENDA, J., VÁGNER M., RUTEGWA M., DOFEK J., DROZD B. (2019): *Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníku* In: Sborník referátů 5. ročníku odborné konference 2019, České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky, s. 58-66.

ROUNDS, S. A. (2012): *Alkalinity and Neutralizing capacity* [online] U.S. geological survey . [cit. 2020_02_1]. Dostupné z: https://pubs.usgs.gov/twri/twri9a6/twri9a66/twri9a_6.6.pdf.

SIPAÚBA-TAVARES L. C., LOURENÇO E. M. (2008): *Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow*. ResearchGate | Find and share research [online]. Copyright © 2008 [cit. 2020_03_15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/278723432_Water_quality_in_six_sequentially_disposed_fishponds_with_continuous_water_flow.

SØNDERGAARD M., JENSEN J. P., JEPPESEN E. (1999): *Internal phosphorus loading in shallow Danish lakes*. Hydrobiologia, 395-396: 77-85.

SØNDERGAARD M., JENSEN J. P., JEPPESEN E. (2003): *Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes*. *Hydrobiologia*, 506-509: 135-145.

SORENSEN, J. (1978): Capacity for denitrification and reduction of nitrate to ammonia in a coastal marine sediment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 35: 301.

SVOBODOVÁ Z. (1987): *Toxikologie vodních živočichů*. 1. vyd., Praha: MŽP ČR a ČRS, SZN. s. 232.

TOLASZ, R., ČEKAL, R., ŠKÁCHOVÁ, H., VLASÁKOVÁ, L. (2020): *Rok 2019 v Česku*. Meteorologické zprávy, roč. 73, č. 1, s. 1–11, ISSN 0026-1173.

VESELÁ J., REKTORIS L., CHOBOTSKÁ H., HÁTLE M., NEUDERT J. (2017): *Plán péče o přírodní rezervaci Rod na období 2018-2027*, Třeboň 2017, AOPK ČR, Regionální pracoviště Jižní Čechy, Správa CHKO Třeboňsko. 25 s.

VOLLENWEIDER, R. A. (1976): Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33:53-83.

VRBA J., BENEŠOVÁ Z., JEZBEROVÁ J., MATOUŠŮ A, MUSIL M., NEDOMA J., PECHAR L, POTUŽÁK J., ŘEHÁKOVÁ K., ŠIMEK K., ŠORF M., ZEMANOVÁ J. (2018): Nevstoupíš dvakrát do téhož rybníka – předběžná zpráva o stavu dnešních hypertrofních rybníčních ekosystémů. *Vodní hospodářství*, 68 (8): 1-5.

VYMAZAL, J. (1995): *Algae and Element Cycling in Wetlands*. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan. 689 s.

WETZEL R.G. (1975): *Limnology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, London, and Toronto. 743 s.

WURTS WILLIAM A. a DURBOROW ROBERT M. (1992): *Interaction of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fishponds*. Southern regional aquaculture center, 46: 1-4.

XINGYU J., GUANG G., LU Z., XIANGMING T., and KEQIANG S., YANG H. (2020): *Denitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium in freshwater lakes of the Eastern Plain, China: Influences of organic carbon and algal bloom*. *Science of the total environment*, 710: 11 s.

8. Seznam příloh

Příloha I - Seznam zkratk

Příloha II – Koncentrace měřených hydrochemických ukazatelů jakosti vody v rybníku Rod ve směsných vzorcích v průběhu sezóny 2019.

Příloha III – Koncentrace amoniakálního dusíku (NH₄-N), dusičnanového dusíku (NO₃-N), rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) ve vzorcích horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 v lokalitách A, B, C, D, E.

Příloha IV – Závislosti koncentrací celkového fosforu (TP) a celkového dusíku (TN) v porovnání s koncentrací chlorofylu (Chla) ve vzorcích z horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 v lokalitách A, B, C, D, E

Příloha V - Tabulka koncentrací celkového reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v letech 1993, 2010, 2015, 1992, 2002, 2012

Příloha VI - Fotografie z odběrů na rybníku Rod

Příloha VII - Protokol o odběru vzorků dnových sedimentů a pevných materiálů/odpadů Operativní plán vzorkování č. 012019

Příloha VIII – Protokol z analýzy sedimentů z laboratoře ALS.

Příloha I - Seznam zkratk

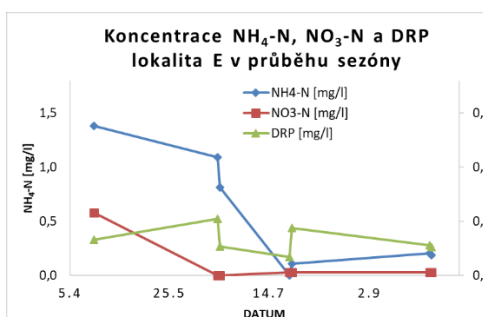
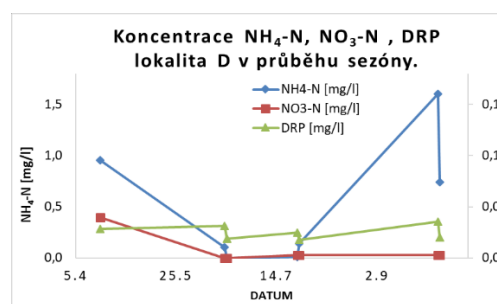
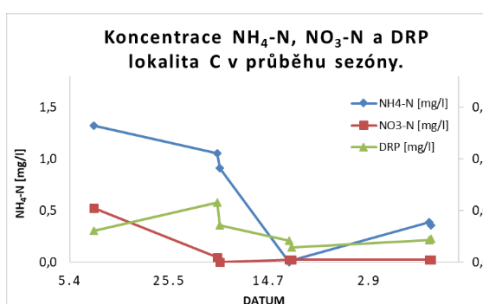
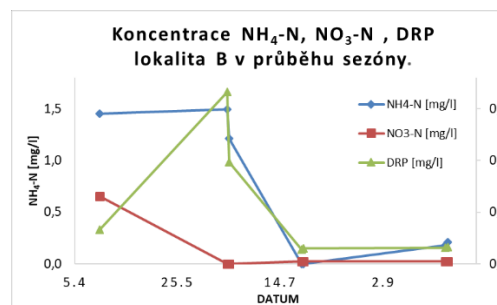
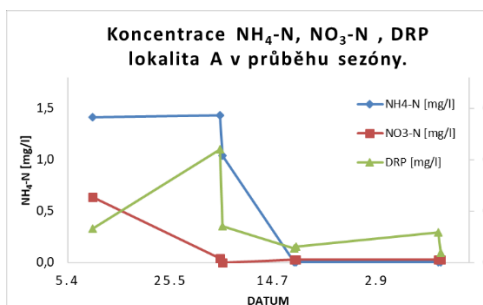
a.s.	Akciová společnost
apod.	A podobně
ATP	Adenosintrifosfát
B	Bilance
BAP	Biologicky dostupný fosfor
°C	Stupeň Celsia
č.	Číslo
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	Čistička odpadních vod
DO	Rozpuštěný kyslík
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
DOP	Rozpuštěný organický fosfor
DRP	Rozpuštěný reaktivní fosfor
DW	Nerozpuštěné látky
Fe ²⁺ ,	Železnatý iont
Fe ³⁺	Železitý iont
FIA	Průtoková injekční analýza
GF/C	Glas-microfiber
h	Hodina
Hld.	Holding
Chla	Chlorofyl
IC	Anorganický uhlík
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
KNK	Kyselinotvorná neutralizační kapacita
l	Litr
m	Metr
μg	Mikrogram
μS	Mikro Siemens
mg	Miligram
m ³ /s	Metr krychlový / vteřina
Nepubl.	Nepublikovaná
N ₂	Dusík
NH ₄ -N	Amoniakální dusík
NO ²⁻	Dusitan
NO ³⁻	Dusičnan
NO ₃ -N	Dusičnanový dusík
o.p.s.	Obecně prospěšná společnost
obr.	Obrázek

OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
ONV	Okresní národní výbor
P_{in}	Celkový fosfor přítok
P_{out}	Celkový fosfor odtok
PN	Partikulovaný dusík
PN	Partikulovaný fosfor
POC	Partikulovaný organický uhlík
Q	Průtok
RT	Retence teoretická
RZ	Retence zjištěná
SN	Rozpuštěný dusík
SP	Rozpuštěný fosfor
Suš.	Sušina
t	Teplota
t	Tuna
tab.	Tabulka
TC	Celkový uhlík
TN	Celkový dusík
TOC	Celkový organický uhlík
TP	Celkový fosfor
TRT	Teoretická doba zdržení
tzv.	Takzvaný
V	objem
Zs	Průhlednost

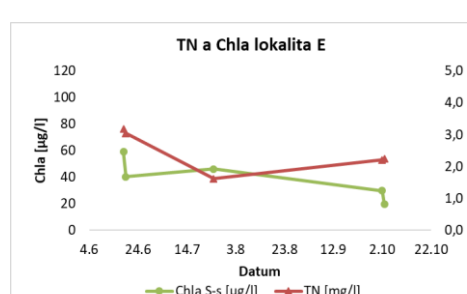
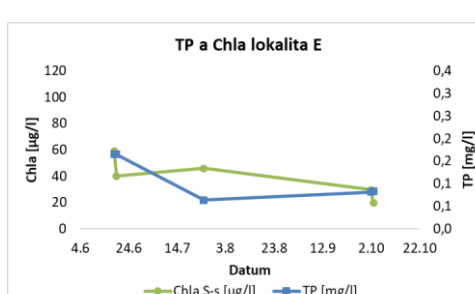
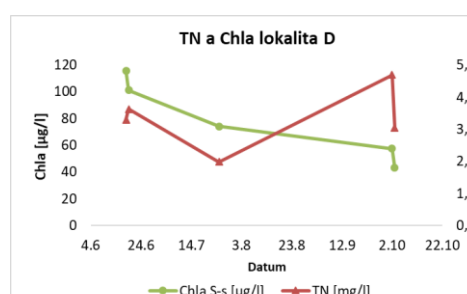
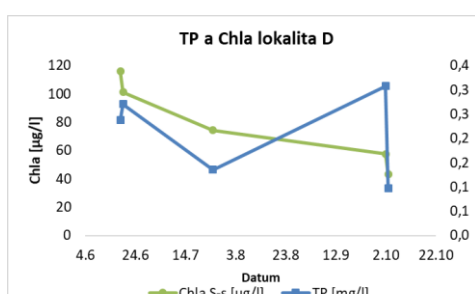
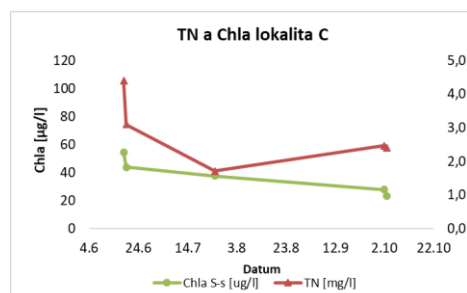
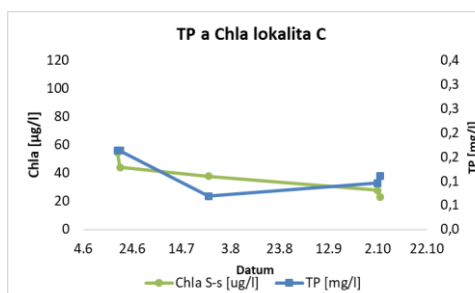
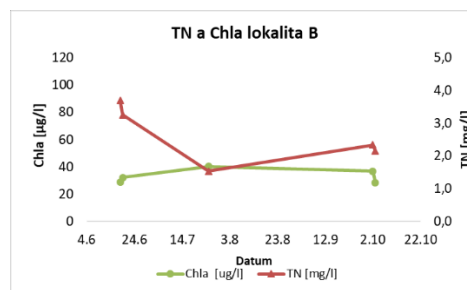
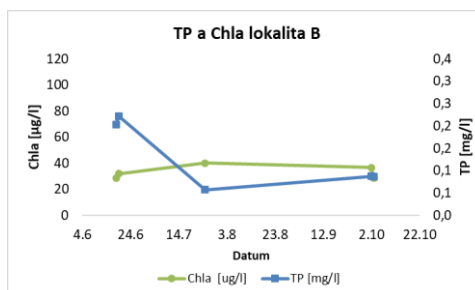
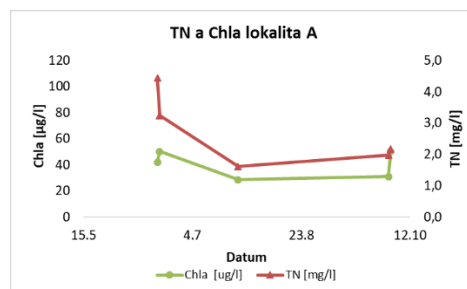
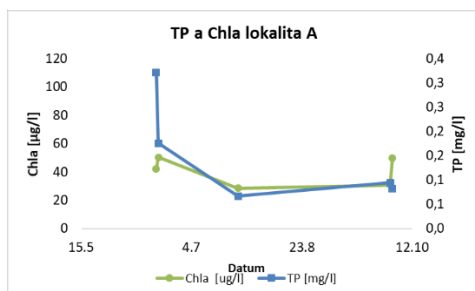
Příloha II – Koncentrace měřených hydrochemických ukazatelů jakosti vody v rybníku Rod ve směsných vzorcích v průběhu sezóny 2019.

Datum	Vodivost [uS/cm]	NH4-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	SN [mg/l]	TN [mg/l]	DIN [mg/l]	SON [mg/l]	PN ses [mg/l]	DRP [mg/l]	SP [mg/l]	TP [mg/l]	SOP [mg/l]	PP ses [mg/l]	Zs [m]	Chla S-s [ug/l]	DW-s [mg/l]	TC _{GF/C} [mg/l]	TC _{sito} [mg/l]	DOC [mg/l]	TOC [mg/l]	DIC [mg/l]	IC [mg/l]
03.04.19	206,00	0,01	0,00	1,12	2,39	0,01	1,11	1,27	0,01	0,14	0,24	0,13	0,10	0,30	61,00	20,75	25,22	33,17	17,5	25,0	0,4	8,0
17.04.19	207,00	0,04	0,00	1,41	2,12	0,04	1,37	0,71	0,01	0,08	0,15	0,07	0,07	0,45	15,00	12,40	29,84	35,24	20,6	25,9	0,0	9,3
30.04.19	249,00	1,48	0,07	3,42	3,48	1,55	1,87	0,06	0,04	0,12	0,13	0,08	0,01	2,00	0,60	2,00	36,48	37,04	24,2	24,8	0,0	12,3
15.05.19	215,00	0,12	0,09	2,05	2,23	0,20	1,85	0,18	0,01	0,10	0,11	0,08	0,02	2,00	2,50	2,81	30,35	31,81	22,9	24,1	0,2	7,6
29.05.19	208,00	0,03	0,01	2,02	2,15	0,04	1,98	0,12	0,04	0,13	0,15	0,10	0,02	2,00	6,00	1,88	29,44	30,41	21,7	22,9	-0,2	7,6
11.06.19	247,00	1,46	0,01	4,59	5,14	1,47	3,12	0,55	0,17	0,76	0,83	0,59	0,07	1,80	8,50	4,40	35,72	37,80	22,1	24,2	0,0	13,6
19.06.19	235,00	1,35	0,00	3,72	4,48	1,35	2,37	0,75	0,09	0,13	0,21	0,05	0,07	0,70	23,00	4,87	34,65	37,54	21,8	24,0	0,7	13,2
28.06.19	233,00	0,03	0,00	1,56	2,49	0,03	1,53	0,93	0,05	0,14	0,27	0,09	0,13	0,55	53,00	14,30	31,69	36,65	20,0	25,0	0,0	11,7
09.07.19	236,00	0,01	0,00	1,35	2,04	0,01	1,34	0,69	0,02	0,17	0,24	0,16	0,07	0,35	85,50	14,20	28,88	35,48	18,7	25,1	0,2	10,3
23.07.19	240,00	0,01	0,01	1,42	1,75	0,03	1,40	0,33	0,03	0,05	0,10	0,02	0,05	0,40	38,00	10,50	31,86	35,84	20,6	23,9	0,7	11,6
06.08.19	223,00	0,02	0,03	1,74	2,17	0,05	1,69	0,43	0,01	0,13	0,20	0,12	0,07	0,35	30,40	8,70	27,60	31,76	18,9	22,6	0,4	8,9
21.08.19	206,00	0,03	0,00	1,48	1,85	0,03	1,45	0,37	0,05	0,06	0,10	0,02	0,04	0,45	35,20	7,20	26,73	29,20	18,3	20,7	0,1	8,5
04.09.19	218,00	0,39	0,04	2,30	2,82	0,43	1,87	0,52	0,07	0,38	0,40	0,31	0,02	0,40	30,60	6,00	30,85	32,78	21,0	22,9	0,1	9,9
18.09.19	229,00	0,09	0,08	1,79	1,99	0,17	1,62	0,20	0,03	0,07	0,09	0,03	0,02	1,00	14,00	7,00	28,32	30,61	16,8	18,9	0,2	11,7
25.09.19	231,00	0,01	0,00	1,65	1,94	0,01	1,64	0,29	0,02	0,07	0,11	0,05	0,04	0,80	14,40	3,73	30,10	31,51	19,1	20,2	0,3	11,1

Příloha III – Koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N}$), dusičnanového dusíku ($\text{NO}_3\text{-N}$), rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) ve vzorcích horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 v lokalitách A,B,C,D,E.



Příloha IV – Závislosti koncentrací cekového fosoru (TP) a celkového dusíku (TN) v porovnání s koncentrací chlorofylu (Chla) ve vzorcích z horizontální distribuce v průběhu sezóny 2019 v lokalitách A,B,C,D,E



Příloha V - Tabulka koncentrací celkového reaktivního fosforu (DRP) a chlorofylu (Chla) v letech 1993, 2010, 2015, 1992, 2002, 2012 – data poskytnuta společností ENKI o.p.s, rok 2019 – data vlastní (měřeno ve společnosti ENKI o.p.s.)

1993			2010			2015			2019		
Den	DRP	Chla	Den	DRP	Chla	Den	DRP	Chla	Den	DRP	Chla
	mg/L	ug/L		mg/L	ug/L		mg/L	ug/L		mg/L	ug/L
23.3	0,01	30	15.4	0,01	59	3.4	0,02	49	3.4	0,01	61
29.3	0,01	24	27.4	0,01	49	16.4	0,02	10	17.4	0,01	15
5.4	0,04	19	11.5	0,01	69	7.5	0,07	6	30.4	0,04	1
13.4	0,01	20	25.5	0,01	69	22.5	0,08	2	15.5	0,01	3
19.4	0,01	59	8.6	0,02	77	2.6	0,04	3	29.5	0,04	6
27.4	0,05	134	22.6	0,01	76	17.6	0,08	5	11.6	0,17	9
3.5	0,05	215	28.6	0,02	90	1.7	0,05	6	19.6	0,09	23
10.5	0,10	308	12.7	0,01	243	14.7	0,08	6	28.6	0,05	53
17.5	0,08	270	20.7	0,02	812	23.7	0,06	16	9.7	0,02	86
24.5	0,09	162	3.8	0,01	349	29.7	0,07	22	23.7	0,03	38
31.5	0,15	308	17.8	0,00	489	5.8	0,09	13	6.8	0,01	30
7.6	0,12	290	31.8	0,02	423	11.8	0,10	28	21.8	0,05	35
14.6	0,07	285	14.9	0,02	423	19.8	0,07	92	4.9	0,07	31
21.6	0,08	320	5.10	0,03	96	25.8	0,05	67	18.9	0,03	14
28.6	0,06	239	19.10	0,05	53	2.9	0,04	46	25.9	0,02	14
7.7	0,10	249	2.11	0,04	37	9.9	0,02	59			
12.7	0,06	224				17.9	0,01	56			
19.7	0,09	202									
26.7	0,08	247									
2.8	0,05	196									
16.8	0,03	350									
30.8	0,05	268									
13.9	0,03	235									
28.9	0,03	137									
12.10	0,04	211									

1992			2002			2012		
Den	DRP	Chla	Den	DRP	Chla	Den	DRP	Chla
	mg/L	ug/L		mg/L	ug/L		mg/L	ug/L
26.3	0,02	60	19.3	0,07	55	26.3	0,02	60
3.5	0,03	52	29.4	0,05	53	3.5	0,03	52
29.5	0,06	95	1.6	0,10	61	29.5	0,06	95
11.7	0,05	158	24.6	0,11	124	11.7	0,05	158
4.9	0,02	167	19.8	0,06	129	4.9	0,02	167

Příloha VI - Fotografie z odběrů na rybníku Rod (Foto: Procházka, 2019)



Začátek odběru – blízko lokality B



Pohled na ostrovní porosty, významná hnízdiště vodních ptáků



Odběr vzorků zooplanktonu - místo C



Celkový pohled na rybník Rod ze severní strany

Příloha VII - Protokol o odběru vzorků dnových sedimentů a pevných materiálů/odpadů
Operativní plán vzorkování č. 012019

Obecné informace	
Plán vzorkování vytvořil:	Ing. Jana Šulcová
Název a adresa zákazníka:	Veronika Perglová, ZF-JČU – Diplomová práce
Další zúčastněné strany: (osoby přítomné při odběru)	Ing. Martin Musil Ph.D. Ing. Jan Procházka, Ph.D.
Vzorkování bude provádět: (jméno a podpis vzorkaře)	Ing. Jana Šulcová, Bc. Veronika Perglová
Cíl vzorkování:	Chemická analýza sedimentů z rybníka Rod v závislosti na horizontální distribuci
Meteorologické údaje	
Charakteristika počasí během odběru:	Jasno – slunečno, slabý vítr, 25°C.
Údaje o odběru vzorku	
Číslo vzorku:	484 – A, 485 – B, 486 – C, 487 – D, 488 – E
Místo odběru: (upřesnění místa odběru, rybník, laguna, výsypka, dopravník, hromada...)	Rybník Rod v KÚ Val.

Místo a způsob vzniku materiálu: <i>(technologie nebo činnosti)</i>	Materiál splavený do nádrže půdní erozí z okolních pozemků, materiál z přítokového rybníka Naděje, tlející opad listí, mokřadní vegetace, vnitřní zatížení nádrže.
Původce materiálu:	Rybářství Třeboň a.s., Rybářská 801, Třeboň II, 37901 Třeboň
Datum a čas odběru vzorku: (čas zahájení a čas ukončení odběru vzorku)	18. 6. 2019 9:45– 11:00 hodin
Hmotnost (objem, plocha) vzorkovaného souboru:	Vybráno 5 lokalit z rybníka o vodní ploše 19,8 ha.
Popis/definice podsouboru nebo dodávky, které byly vzorkovány:	Předmětem vzorkování bylo 5 různých lokalit pro zjištění různorodosti sedimentu v různých lokalitách stejného rybníka
Vyloučení některých částí souboru ze vzorkování – důvod:	-
Důvody, které ovlivnily způsob odběru a místa odběru (dílčích vzorků): (problémy s přístupem na vzorkovanou plochu atd.)	-
Identifikace problémů, které mohou mít vliv na program zkoušení:	-

<p>Charakterizace vzorku – materiál /odpad:</p> <p>(druh, kód a kategorie je-li zařazen)</p> <p>Smyslové posouzení odebraného vzorku:</p> <p>(vzhled, barva, zápach, konzistence, velikost částic, homogenita, profil, viditelné odlišnosti)</p>	<p>Rybniční sediment. Typický rybniční zápach na všech lokalitách, z lokalit A a B se při odběru uvolňovaly bublinky plynu bez zápachu.</p>
<p>Metodika vzorkování:</p>	<p>Vzorkování s úsudkem / pravděpodobnostní vzorkování</p>
<p>Způsob odběru: (SOP..., použité vzorkovací zařízení, typ)</p>	<p>Ocelovou sondou dle SOP 01, odběr vzorku byl proveden z ledu.</p>
<p>Počet a velikost odebraných dílčích vzorků pro směsný vzorek:</p> <p>(uložení GPS souřadnic bodů odběrů jednotlivých dílčích vzorků)</p>	<p>Směsný vzorek / homogenizace provedena na místě.</p>
<p>Pozorování při odběru a faktory, které by mohly ovlivnit kvalitu vzorku: (<i>vývin plynu, tepla, chemické reakce</i>)</p>	<p>-</p>
<p>Ochrana zdraví a bezpečnost práce:</p>	<p>Jsou / nejsou požadována speciální bezpečnostní opatření. Musí být dodržena všeobecná zdravotní a bezpečnostní opatření, plovací vesty,</p>

	jištění osob, vzorkař nesmí odebírat vzorek sám. Při odběru vzorku z ledu – jištění lanem ze břehu.
Dělení a předúprava vzorku: (specifikace místa a podmínek provedení)	V terénu / v laboratoři
Postup: (homogenizace, kvartace, kuželovitá hromada, dlouhá hromada...)	Homogenizace
Celkové množství odebraného vzorku:	Cca 2-3000 g od každého vzorku
Hmotnost laboratorního vzorku: (počet dělených vzorků, archivní, kontrolní...)	cca 1-1500g - duplicitní vzorek k archivaci
Použité vzorkovnice: (počet, postup plnění, značení, balení pro dopravu...)	PE kbelíky (dodané laboratoří ALS)
Konzervace vzorku: (čínidla, konzervační prostředky, chlazení, mražení, žádná.....)	Archivované vzorky - mražení
Podmínky dopravy: (přenosný termobox, přítomnost slepého vzorku)	Přenosný termobox
Odběr vzorku provedl: (jméno a podpis vzorkaře)	Ing. Jana Šulcová, Bc. Veronika Perglová

Odchytky od plánu vzorkování	Ano / ne
Podrobnosti:	
Požadovaný rozsah analýz:	Vyhláška č. 257/2009 Sb., příloha č. 1
Předání vzorku do laboratoře	
Datum a čas dodání vzorku do laboratoře, adresa laboratoře: ¹⁾	18. 6. 2019, 12:00
Vzorek v laboratoři přijal: (jméno a podpis)	Ing. Jana Šulcová

1) V případě, že vzorek je dodáván do jiné než ENKI – zkušební laboratoře

Jméno, funkce:

Ing. Jana Šulcová

vedoucí laboratoře

podpis:

otisk razítka:

ENKI, o.p.s. - zkušební laboratoř
zapsaná v rejstříku o.p.s. vedeném
KS v Č.B., oddíl O, vložka 22
379 01 Třeboň, Dukelská 145
IČ 28173164, tel. 504 706 120



Příloha VIII – Protokol z analýzy sedimentů z laboratoře ALS.

Datum vystavení : 27.6.2019
 Stránka : 2 z 3
 Zakázka : PR1963691
 Zákazník : ENKI, o.p.s.



Výsledky zkoušek

Matrice: KAL				Název vzorku		484		485		486	
				Identifikace vzorku		PR1963691-001		PR1963691-002		PR1963691-003	
				Datum odběru/čas odběru		[18.6.2019]		[18.6.2019]		[18.6.2019]	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM		
Fyzikální parametry											
pH aktivní	S-PHAC-ELE	1.0	-	6.8	± 2.2%	6.6	± 2.3%	6.7	± 2.2%		
ztráta ziháním při 550 °C	S-LISLUGR	0.10	% suš.	15.2	± 5.0%	33.0	± 5.0%	19.9	± 5.0%		
sušina při 105 °C	S-DRY-GRCI	0.10	%	51.6	± 6.0%	21.1	± 6.1%	32.5	± 6.1%		
anorganické parametry											
celkový dusík	S-NTOT-PHO	50	mg/kg suš.	4500	± 20.0%	12700	± 20.0%	7580	± 20.0%		
celkové kovy / hlavní kationty											
Ca	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	5700	± 20.0%	11000	± 20.0%	8500	± 20.0%		
Mg	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	1330	± 20.0%	2190	± 20.0%	1340	± 20.0%		
P	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	883	± 20.0%	2420	± 20.0%	1720	± 20.0%		
K	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	1030	± 20.0%	1980	± 20.0%	840	± 20.0%		

Matrice: KAL				Název vzorku		487		488		---	
				Identifikace vzorku		PR1963691-004		PR1963691-005		---	
				Datum odběru/čas odběru		[18.6.2019]		[18.6.2019]		---	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM		
Fyzikální parametry											
pH aktivní	S-PHAC-ELE	1.0	-	6.7	± 2.2%	6.8	± 2.2%	---	---		
ztráta ziháním při 550 °C	S-LISLUGR	0.10	% suš.	8.47	± 5.1%	22.9	± 5.0%	---	---		
sušina při 105 °C	S-DRY-GRCI	0.10	%	44.0	± 6.1%	24.0	± 6.1%	---	---		
anorganické parametry											
celkový dusík	S-NTOT-PHO	50	mg/kg suš.	3690	± 20.0%	10600	± 20.0%	---	---		
celkové kovy / hlavní kationty											
Ca	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	4630	± 20.0%	10800	± 20.0%	---	---		
Mg	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	1610	± 20.0%	2720	± 20.0%	---	---		
P	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	891	± 20.0%	2090	± 20.0%	---	---		
K	S-METQA2SL	5.0	mg/kg suš.	828	± 20.0%	2590	± 20.0%	---	---		

Matrice: SEDIMENT				Název vzorku		484		485		486	
				Identifikace vzorku		PR1963691-001		PR1963691-002		PR1963691-003	
				Datum odběru/čas odběru		[18.6.2019]		[18.6.2019]		[18.6.2019]	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM		
anorganické parametry											
dusičnany	S-NO3-SPC	20	mg/kg suš.	<20	---	<20	---	<20	---		
dusitany	S-NO2-SPC	0.050	mg/kg suš.	7.52	---	2.94	---	0.667	---		
amoniakální dusík	S-NH4-SPC	0.40	mg/kg suš.	0.63	---	19.7	---	12.1	---		
dusičnanový dusík	S-NO3-SPC	4.0	mg/kg suš.	<4.0	---	<4.0	---	<4.0	---		
dusitanový dusík	S-NO2-SPC	0.020	mg/kg suš.	2.29	---	0.894	---	0.203	---		

Matrice: SEDIMENT				Název vzorku		487		488		---	
				Identifikace vzorku		PR1963691-004		PR1963691-005		---	
				Datum odběru/čas odběru		[18.6.2019]		[18.6.2019]		---	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM		
anorganické parametry											
dusičnany	S-NO3-SPC	20	mg/kg suš.	<20	---	<20	---	---	---		
dusitany	S-NO2-SPC	0.050	mg/kg suš.	0.148	---	1.78	---	---	---		
amoniakální dusík	S-NH4-SPC	0.40	mg/kg suš.	12.9	---	12.9	---	---	---		
dusičnanový dusík	S-NO3-SPC	4.0	mg/kg suš.	<4.0	---	<4.0	---	---	---		
dusitanový dusík	S-NO2-SPC	0.020	mg/kg suš.	0.045	---	0.540	---	---	---		

Pokud zákazník neuvede datum a čas odběru vzorků, laboratoř uvede jako datum odběru datum přijetí vzorku do laboratoře a je uvedeno v závorce. Pokud je čas vzorkování uveden 0:00 znamená to, že zákazník uvedl pouze datum a neuvedl čas vzorkování. Nejistota je rozšířená nejistota měření odpovídající 95% intervalu spolehlivosti s koeficientem rozšíření k = 2.

Datum vystavení : 27.6.2019
 Stránka : 3 z 3
 Zakázka : PR1963691
 Zákazník : ENKI, o.p.s.



Vysvětlivky: LOQ = Mez stanovitelnosti; NM = Nejistota měření

Konec výsledkové části protokolu o zkoušce

Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
<i>Místo provedení zkoušky: Bendžova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01</i>	
S-DRY-GRCI	CZ_SOP_D06_01_045 (ČSN ISO 11465, ČSN EN 12880, ČSN EN 14346), CZ_SOP_D06_07_046 (ČSN ISO 11465, ČSN EN 12880, ČSN EN 14346, ČSN 46 5735). Stanovení sušiny gravimetricky a stanovení vlhkosti výpočtem z naměřených hodnot.
S-LISLUGR	CZ_SOP_D06_07_047.A (ČSN EN 15160, ČSN EN 15935, ČSN EN 13039, ČSN 72 0103, ČSN 46 5735) Stanovení popela gravimetricky a stanovení ztráty žháním výpočtem z naměřených hodnot.
S-METOA2SL	CZ_SOP_D06_07_006 (ČSN EN ISO 11885, ČSN EN 15410, ČSN EN 15411, příprava vzorku dle CZ_SOP_D06_07_P02 kap. 11-12, 14-16, 19) Stanovení prvků metodou ICP-AES. Pro stanovení kovů byl vzorek rozložen dle ČSN EN 16174 (metoda A).
S-NTOT-PHO	CZ_SOP_D06_07_102 (ČSN ISO 11261) Stanovení celkového dusíku modifikovanou Kjeldahlovou metodou spektrofotometricky.
S-PHAC-ELE	CZ_SOP_D06_07_113 (ČSN ISO 10390, ČSN EN 12176:1999, ČSN EN 13037, ČSN EN 15933, ČSN 46 5735, ÖNORM L1098-1, US EPA Method 9045D; US EPA 9040C) Stanovení pH elektrochemicky v suspenzích pudy s vodou, KCl, CaCl ₂ , BaCl ₂ .
<i>Místo provedení zkoušky: Na Harčě 336/9 Praha 9 - Vysočany Česká Republika 190 00</i>	
S-NH4-SPC	CZ_SOP_D06_02_019 Stanovení sumy amoniaku a amonných iontů, dusitanových a sumy dusitanových a dusičnanových iontů pomocí diskretní spektrofotometrie (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395). Měřeno ve výluhu, přepočteno na sušinu.
S-NO2-SPC	CZ_SOP_D06_02_019 Stanovení sumy amoniaku a amonných iontů, dusitanových a sumy dusitanových a dusičnanových iontů pomocí diskretní spektrofotometrie (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395). Měřeno ve výluhu, přepočteno na sušinu.
S-NO3-SPC	CZ_SOP_D06_02_019 Stanovení sumy amoniaku a amonných iontů, dusitanových a sumy dusitanových a dusičnanových iontů pomocí diskretní spektrofotometrie (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395). Měřeno ve výluhu, přepočteno na sušinu.
<i>Přípravné metody</i>	
<i>Místo provedení zkoušky: Bendžova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01</i>	
*S-PPHOMSLD	CZ_SOP_D06_07_P01 (Vyhláška 382/2001 Sb.) Příprava pevných vzorků k analýze (drcení, mletí, tření).
S-PPL24INS	CZ_SOP_D06_07_P03 Příprava vodného výluhu pevných materiálů, zemin a odpadů. Vodný výluh připraven v poměru 1:10 vzt. na sušinu.

Symbol "*" u metody značí neakreditovanou zkoušku laboratoře nebo subdodavatele. V případě, že laboratoř použila pro neakreditovanou nebo nestandardní matrici vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na titulní straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“. Jsou-li na protokolu o zkoušce výsledky subdodávky, je místo provedení zkoušky mimo laboratoře ALS Czech Republic, s.r.o.
 Způsob výpočtu sumačních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.