

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Diplomová práce

**Živinová bilance rybníka Rožmberk a jeho vliv
na kvalitu vody řeky Lužnice**

Autor: Bc. Aneta Mondeková

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.

Studijní program a obor: N4106 Zemědělská specializace, Rybářství a ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: Druhý

České Budějovice, 2022

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Poděkování

Touto formou bych chtěla poděkovat za pomoc, odbornost a cenné rady při zpracování této diplomové práce RNDr. Jindřichu Durasovi Ph.D. a rovněž všem, kteří se na vzniku této práce podíleli.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Aneta MONDEKOVÁ
Osobní číslo: V20N004P
Studijní program: N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Rybářství a ochrana vod
Téma práce: Živinná bilance rybníka Rožmberk a jeho vliv na kvalitu vody řeky Lužnice
Zadávající katedra: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Zásady pro vypracování

Rybník Rožmberk je největším rybníkem v povodí údolní nádrže Orlík a současně i největším rybníkem České republiky. Díky velké ploše povodí (bezmála 1200 km²) se rybník Rožmberk stává významným „hráčem“ z pohledu akumulace vody v povodí. Neoddiskutovatelný je také jeho vliv na transformaci živin a jeho následný dopad na střední a dolní část řeky Lužnice, a tím i na vodní nádrž Orlík. Jedná se o silně průtočný rybník s historicky obrovskými vstupy fosforu i organických látek z velkochovu prasat R.A.B. a ČOV Třeboň. Od roku 2010 došlo v rámci množství živinových vstupů do rybníka Rožmberk k významným změnám. Velkochovy prasat R.A.B. ukončil provoz a významně se modernizovala ČOV Třeboň. Současně došlo i ke změně managementu rybářského obhospodařování, kdy namísto původně dvouhorkového je již několik let aplikován tzv. jednohorkový systém hospodaření. Od roku 2010 realizuje státní podnik Povodí Vltavy systematický bilanční monitoring tohoto rybníka s cílem zjistit jeho roli v retenci živin v povodí horního toku řeky Lužnice. Cílem diplomové práce bude vyhodnotit data získaná tímto monitoringem za období 2020 – 2021 a porovnat je s výsledky získanými v uplynulých letech, a to zejména v kontextu změn, které se v blízkém povodí tohoto rybníka za deset let udály. Součástí diplomové práce bude také účast na odběrech hydrochemických vzorků a jejich částečné zpracování v laboratoři Povodí Vltavy v Českých Budějovicích.

Rozsah pracovní zprávy: 50-70 stran
Rozsah grafických prací: 10 – 30 stran tabulek a grafů
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:


- Billard R., Sevrin-Reyssac J. (1993): Negative and positive impacts of pond fish culture on the environment. Production, environment and quality. European Aquaculture Society, No. 18, 17-29.
- Butz I., Donner H. (1991): Beeinflussung des Vorfluters durch die Abfischung von Karpfenteichen. Osterr.Fisch. vol. 44, no. 5-6, 123-141.
- Knösche R., Scheckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H. (2000): Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. Fisheries Management and Ecology, 7: 15-22.
- Hejzlar, J. (2010): Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí. Biologické centrum AVČR, v.v.i., hydrobiologický ústav, 11s.
- Hejzlar J., Šámalová K., Boers P., Kronvang B. (2006): Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. Water, Air and Soil Pollution: Focus 6: 487-494.
- Potužák, J., Duras, J., Drozd, B. (2016): Mass ballance of fishponds: are they sources or sink of phosphorus? Aquaculture International. 24(6):1725-1745
- Rutegwa M., Potužák J., Hejzlar J., Drozd B. (2019b): Carbon metabolism and nutrient balance in a hypereutrophic semi-intensive fishpond, Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. 2019, 420, 49

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod


Datum zadání diplomové práce: **8. ledna 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2022**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(Faint, mostly illegible text of the assignment description)


prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 72B/II
389 25 Vodňany**


prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 25. ledna 2021

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled.....	9
2.1. Eutrofizace	9
2.2. Fosfor celkový a rozpuštěný	11
2.3. Zdroje fosforu	12
2.4. Chování fosforu ve vodním prostředí	14
2.5. Chování fosforu v sedimentech	15
2.6. Rybníky a jejich role v koloběhu fosforu	17
2.7. Rybník Rožmberk	22
2.8. Řeka Lužnice	29
2.9. Třeboň.....	30
3. Cíle práce	32
4. Metodika	32
4.1 Odběr vzorků	32
4.2 Průzkum sedimentů.....	36
4.3. Zpracování dat a výsledků	38
5. Výsledky.....	39
5.1. Rybník Rožmberk – jakost vody	39
5.2. Lužnice a vliv rybníka Rožmberk.....	42
5.3. Živinová bilance rybníka Rožmberk.....	44
5.3.1 Živinová bilance rybníka Rožmberk za rok 2020.....	44
5.3.2. Živinová bilance rybníka Rožmberk za rok 2021.....	47
5.4. Průzkum sedimentů.....	49
6. Diskuse	51

7. Závěr	57
8. Přehled použité literatury	58
8. Přílohy.....	65
9. Abstrakt	78
10. Abstract.....	79

1. Úvod

Rybník Rožmberk je největším rybníkem v povodí vodní nádrže Orlík a rovněž největším rybníkem na území České republiky. Jedná se o významnou stavbu ovlivňující krajinu nejen Třeboňska. Rožmberk si za svou historii prošel řadou znečišťujících vlivů, které jsou viníky dnešního stavu kvality vody. Jednalo se zejména o vyústění odpadních vod z velkovýkrmny prasat R.A.B (dříve Gigant) či nedostatečně vyčištěné odpadní vody z ČOV Třeboň.

Rožmberk byl opakovaně, dle OECD (1982), vyhodnocen jako silně eutrofní. Rybníkem protéká řeka Lužnice, která transportuje živinami bohatou vodu dále, až do VN Orlík. V rámci Studie proveditelnosti (Sweco a Aquatis, 2021) byl právě Rožmberk vyhodnocen jako hlavní emisní zdroj fosforu pro VN Orlík. Od roku 2010 je rybník Rožmberk pravidelně monitorován státním podnikem Povodí Vltavy s cílem zjištění jeho role v retenci živin v povodí řeky Lužnice. Živinové bilance pro rybník Rožmberk byly spočítány již v minulosti, a to konkrétně za roky 2010–2014. Je tedy důležité zjistit, jaká situace je na Rožmberku aktuálně, vzhledem k navrženým opatřením na zlepšení jakosti vody v VN Orlík a zda tyto opatření cílit i na rybník Rožmberk.

Jedním z potenciálních nápravných opatření je i těžba sedimentů, kde už dříve byla zjištěna vysoká koncentrace fosforu. Bližší informace ale chybí, a proto je potřeba se věnovat i této problematice. Pravidelně je prováděno odsávání loviště rybníka sacím bagrem s následným ukládáním sedimentu do odvodňovacích lagun. Tento odvodněný sediment je využitelný na zemědělskou půdu.

Je tedy zřejmé, že Rožmberk je nejen velmi zajímavý rybník, ale také důležitý pro vývoj kvality ve VN Orlík. Rožmberk je dosud nedostatečně prozkoumaný vzhledem k jeho významné roli v povodí řeky Lužnice, a proto jsem se rozhodla zvolit toto téma v rámci své diplomové práce.

2. Literární přehled

2.1. Eutrofizace

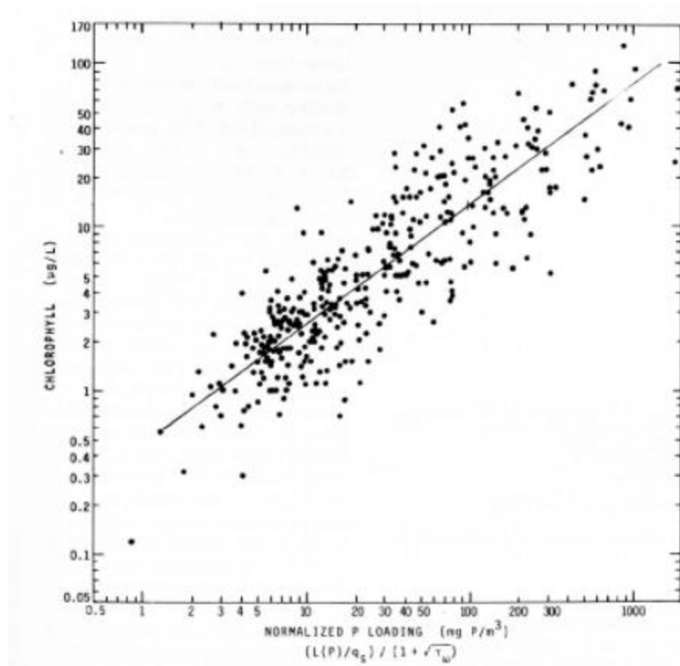
Eutrofizace je proces obohacování vodního prostředí živinami, které limitují jeho produktivitu (Kopáček a kol., 2021). Tento termín je používán k popisu biologických účinků zvýšené koncentrace živin především fosforu a dusíku na ekosystémy (Harper, 1992). V případě kontinentálních povrchových vod je považován fosfor za eutrofizující prvek, zatímco v případě oceánů, lesů a zemědělských ploch to bývá dusík (Kopáček a kol., 2021). Biologické změny, ke kterým ve vodním prostředí v důsledku eutrofizace dochází, lze rozdělit na ty, které mají přímý vliv na zvýšený růst řas a na ty, které mají nepřímý vliv na organismy žijící ve vodním prostředí změnou kvality životního prostředí (Harper, 1992).

Rozlišujeme mezi přirozenou eutrofizací způsobenou vyluhováním a uvolňováním dusíku a fosforu ze sedimentů, půdy, podloží či odumřelé hmoty a umělou (kulturní) eutrofizací zapříčiněnou lidskou činností (Harper, 1992). Kulturní eutrofizace je výsledkem růstu lidské populace, produkce potravin (zemědělství, akvakultura, chov zvířat, energetiky, spotřeby atd. (Glibert, 2005). Je považována za jeden z největších problémů globálního znečištění (Howarth a kol., 2002). V kontextu umělé eutrofizace je problém známý od druhé poloviny 20. století. Každé jezero či nádrž má omezenou životnost a je otázkou času, kdy se zaplní sedimentem a stane se terestrickým ekosystémem. Rychlost zanášení nádrží je dána mírou intenzity zásahu lidské populace do ekosystému (Harper, 1992).

Mezi hlavní projevy procesu eutrofizace patří zvýšený růst biomasy řas, perifytonu či makrofyt, což způsobuje nežádoucí narušení rovnováhy organismů (snížení biodiverzity organismů, změna v druhovém zastoupení ryb a jejich úhyny atd.) a rovněž nežádoucí vliv na kvalitu vody (posun ve složení fytoplanktonu od zelených řas k vodním květům sinic, snižování až vyčerpání rozpuštěného kyslíku, uvolňování toxinů sinicemi, zvýšené náklady na úpravu vody) (Istvánovics, 2009). Degradace vodních zdrojů eutrofizací může vést ke ztrátě dílčích druhů, jakož i ke ztrátě ekosystémových služeb (Smith a kol, 1999). Dle Schindlera a kol. (2008) je za nejnepříznivější efekt eutrofizace považován plovoucí vodní květ sinic na hladině. Také dochází k anoxickým stavům v hlubších částech nádrží v důsledku rozkladu sedimentujícího odumřelého materiálu (Schindler a kol, 2008). Pro nadměrný rozvoj sinic je kromě přísunu živin rovněž důležitý

dostatek světla a času, resp. doba zdržení v nádrži potřebná pro buněčná dělení (Istvánovics, 2009).

Dle německého chemika von Liebig musí být pro rozvoj biomasy fytoplanktonu splněn molární poměr C:N:P 106:16:1. Rostliny jsou limitovány prvkem, který se v prostředí vyskytuje v nejmenším relativním množství vzhledem k nárokům rostliny. Uplatňuje se zde tzv. Liebigův zákon minima (Istvánovics, 2009). Z tohoto poměru je pro dvě nejdůležitější živiny P a N kritická hodnota 16. Pokud je poměr N:P < 16 limitující prvek je dusík, pokud je N:P > 16 limitujícím prvkem je fosfor (Smith, 1998). Výjimkou jsou situace, kdy je prvek v minimu, obsažen ve zvýšených koncentracích: pro koncentraci P se udává jako hraniční $3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (Reynolds, 1992). Koncept limitace živinami je považován za klíčový kámen ve výzkumu eutrofizace. Růst biomasy v daném ekosystému je úměrný rychlosti dodávky limitující živiny (Smith, 1998). Vztah mezi fosforem a chlorofylem je zobrazen na obr. č. 2.1.1.



Obr. 2.1.1. Aktualizovaný Vollenweiderův OECD model vztahu mezi zatížením jezera fosforem a koncentrací chlorofylu v jezeře (Jones a Lee, 1986)

Na základě chemické podstaty N a P iontů lze určit, proč kapacitu jezer určuje fosfor. Dusičnany a amonné ionty jsou v půdě a sedimentech mnohem mobilnější než orthofosfáty (reaktivní rozpuštěný fosfor), které jsou chemisorbovány v sedimentech. V důsledku toho jsou sloučeniny dusíku přednostně vyplavovány ze sedimentů a půd a fytoplankton je limitován fosforem (Istvánovics, 2009).

Fosfor hraje jedinečnou a důležitou roli v eutrofizaci v nádržích, jezerech, potocích a řekách včetně jejich ústí (Reynold a Davies, 2001). Zatímco dusík je pro některé specializované organismy možné získat z atmosféry, fosfor je transportován především povrchovými vodami. V akvatických sladkovodních systémech je fosfor obvykle limitujícím prvkem. Vodní systémy účinně zadržují fosfor, což vede ke zvýšené primární produkci. Zvýšená primární produkce vede ke zvýšenému rozkladu organické hmoty a v důsledku toho dochází k vyčerpání kyslíkové kapacity u dna nádrží (Corell, 1998). Živiny, zejména tedy fosfor, které byly spotřebovány primární produkcí stále zůstávají přítomny ve vodním prostředí. Dochází k jejich zpětnému uvolňování po rozkladu odumřelých organismů, zejména fytoplanktonu a opět se zapojují do koloběhu živin, tzv., opakované využití živin, resp. nutrient spiralling (Newbold a kol., 1981; Kopáček a kol., 2021).

Úspěšné projekty pro zlepšení stávajících eutrofních stavů v nádržích jsou založeny na řadě rozhodujících schémat, která mají shodné klíčové body. Důležitým krokem je rozhodnout, zda jsou příčiny nadměrného vnosu živin z povodí nebo opatření provedená v nádrži problém vyřeší. Dále zda je trofie nádrže řízená dostupností fosforu, zatížení fosforem, dynamika uvolňování fosforu ze sedimentu atd. Je nutné identifikovat cíle, problémy a odhadnout pravděpodobnost úspěchu. Volba vhodného opatření je založena na kritériích nákladů/účinnosti, jejich kladech a záporech (Cooke a kol., 1993; Schauser a kol., 2003).

2.2. Fosfor celkový a rozpuštěný

Fosfor je esenciálním prvkem pro všechny formy života. Hraje významnou roli v biochemických reakcích zahrnujících genetický materiál (DNA, RNA) a přenosu energie (ATP). Dále je součástí membrán organismů ve formě fosfolipidů a kostí (Ruttenberg, 2003). Ve vodě se fosfor vyskytuje v rozpuštěné formě (fosforečnany, polyfosforečnany, fosfolipidy, nukleové kyseliny, ATP, ADP, komplexy s DOC a kovy) a v nerozpuštěné formě (součást mikroorganismů a detritu) (Pitter, 1990). Biologická produktivita je závislá na dostupnosti fosforu pro fotosyntetizující organismy, jež tvoří základ potravní sítě (Ruttenberg, 2003).

Ve vodách se většinou rozlišují a sledují dvě formy fosforu, a to celkový fosfor (zkratka TP), tj. suma rozpuštěného (zkratka DP) a nerozpuštěného (partikulovaného) fosforu (zkratka PP) a rozpuštěný reaktivní fosfor (také pod názvem SRP či orthofosfát).

Hranice analytického rozlišení u celkového fosforu mezi DP a PP je dána porozitou použitého filtru, tj. 0,40–0,45 μm . Obě tyto frakce (DP a PP) se vyskytují v anorganických i organických sloučeninách (Pitter, 1990). Nerozpuštěný nebo také pod termínem partikulovaný organický či minerální fosfor se nachází v tělech sinic, řas, bakterií, v odumřelé organické hmotě a v erozních materiálech z povodí a je u něj potřeba hodnotit eutrofizační potenciál. Tento eutrofizační potenciál se hodnotí na základě struktury částice neboli schopnosti částice uvolňovat či zadržovat fosfor. Složení částice je ovlivněno jejím místem původu. Vysoký eutrofizační potenciál vykazují částice obsahující velké množství fosforu vázané v organické složce a v minerální složce vázané s hydroxidy železa a hliníku (málo vazebných partnerů pro P) (Krása a kol., 2013). Dle Borovce a kol. (2012) jsou amorfní minerály železa považovány za nejdůležitější složku ovlivňující dostupnost a uvolňování fosforu. Biologicky dostupný (BAP) či využitelný fosfor zahrnuje volné orthofosfáty (SRP), které jsou snadno dostupné pro primární produkci, i partikulovaný fosfor s eutrofním potenciálem. Orthofosfáty jsou významným indikátorem množství fosforu využitelného mikroorganismy (Reynolds a Davies, 2001).

Koncentrace celkového a rozpuštěného fosforu se v obou případech stanovuje po mineralizaci všech jeho forem na orthofosforečnan (PO_4^{3-}), jehož koncentrace se stanovuje kolorimetricky reakcí s molybdenanem. Výsledná koncentrace celkového fosforu poskytuje informace o celkovém obsahu fosforu obsaženém v anorganických a organických sloučeninách ve vodách. Pomocí iontové chromatografie se přímo stanovují koncentrace reaktivních rozpuštěných fosforečnanů neboli rozpuštěného orthofosforečnanového fosforu ($\text{PO}_4\text{-P}$). Orthofosforečnany lze rovněž stanovovat reakcí s molybdenanem v kyselém prostředí, ale tato metoda nadhodnocuje množství okamžitě dostupného BAP. Rozdíl mezi rozpuštěným fosforem a rozpuštěným reaktivním fosforem je označován jako rozpuštěný nereaktivní fosfor. Nerozpuštěný fosfor je rozdíl mezi celkovým fosforem a rozpuštěným fosforem (Horáková a kol., 1986).

2.3. Zdroje fosforu

Zdroje fosforu jsou jak přirozeného původu, tak i antropogenního a mohou být z bodových či plošných zdrojů znečištění, pod něž spadají i difuzní zdroje (samoty, malé obce). Mezi bodové zdroje řadíme komunální odpadní vody, vyústění kanálů z odlehčení ČOV nebo odtok z velkochovů hospodářských zvířat. Mezi plošné zdroje patří erozní smyvy z povodí, zemědělsky obhospodařovaných ploch nebo i atmosférická depozice

(Pitter, 1990; Kopáček a kol., 2021). Zdrojem může být i rovněž vlastní nádrž jakožto interní zdroj fosforu uložený v sedimentech (Fiala a Rosendorf, 2010).

Přírodním zdrojem fosforu je zvětvávání a rozpouštění fosforečnanových minerálů jako je apatit, hydroxylapatit, variscit, strengit a vivianit, které jsou součástí hornin (Pitter, 1990). Antropogenním zdrojem fosforu jsou především komunální odpadní vody, odpadní vody z řady provozů (textilní průmysl, chov domestikovaných zvířat, prádelny, potravinářství) a zemědělství, resp. ztráty hnojiv z půdy. Významný zdroj fosforu ve vodním prostředí tvoří komunální splaškové vody, které se do recipientů dostávají s přítoky. Splaškové vody obsahují značné množství rozpuštěné formy fosforu, která je přístupná primárním producentům (Kopáček a kol., 2021). V důsledku nadměrné eroze se do vodního prostředí uvolňuje partikulovaný fosfor, jenž může částečně obsahovat i BAP. Tato forma fosforu je biologicky dostupná pouze za předpokladu, že se uvolní SRP či jako DOP (Reynold a Davies, 2001). Na základě zásob fosforu v půdě lze hodnotit míru eutrofizačního rizika erozního smyvu pro nádrže. Zhruba 4 % celkového fosforu obsaženého v půdě může mít eutrofizační charakter. Ve srovnání s ostatními zdroji, zejména s komunálními odpadními vodami je eutrofizační potenciál erozních částic velmi malý (Borovec a kol., 2012).

Několik komplexních bilančních studií se věnovalo otázce, jaký je hlavní primární zdroj fosforu odpovědný za eutrofizaci vodních útvarů. Zda se jedná zejména o komunální odpadní vody (bodový zdroj) či o zemědělství (plošný zdroj). Pozornost je věnována rovněž produkčním rybníkům, které jsou také významným zdrojem fosforu na povodí pod nimi, zejména při výlovech (Rosendorf a kol., 2013).

Dle Fialy a Rosendorfa (2010) je hlavním emisním zdrojem bodové znečištění, avšak s intenzifikací a výstavbou ČOV a dalším omezováním vstupu fosforu do recipientu nabývají na významu i plošné zdroje. Bodové zdroje obsahují 80–90 % fosforu jako SRP. Vliv na toky je značně sezonní. V době nadměrného růstu sinic, tedy v letních měsících, jsou bodové zdroje značně dominantní, vzhledem k nízkým průtokům a nízkému naředění odpadních vod. Plošné zdroje nevykazují výraznou sezonní variabilitu, vyjma eroze. Limitní koncentrace BAP, kdy bude nádrž vykazovat znaky eutrofizace, je $0,035 \text{ mg. l}^{-1}$ (Fiala a Rosendorf, 2010).

Dle Krásy a kol. (2012) je hlavní zdroj fosforu z erozních smyvů, za předpokladu, že posuzujeme vstupy celkového fosforu z jednotlivých zdrojů v povodí. Celkem bylo

hodnocení provedeno ve 27 povodích významných nádrží. Při přepočtu celkového obsahu fosforu na obsah BAP dle obvyklých poměrů je situace opačná, kdy převažují bodové zdroje, resp. odpadní vody nad plošnými zdroji (Krása a kol., 2012). Dále byla v letech 1991–2012 provedena studie vodní nádrže Lipno, kde je hlavním zdrojem eutrofizace vlastní zatížení nádrže. Bodový zdroj znečištění nepřesahující 10% hranici zdroje fosforu, zde hraje roli spouštěče změny v koloběhu fosforu, zejména v letních měsících (Hejzlar a kol., 2015).

2.4. Chování fosforu ve vodním prostředí

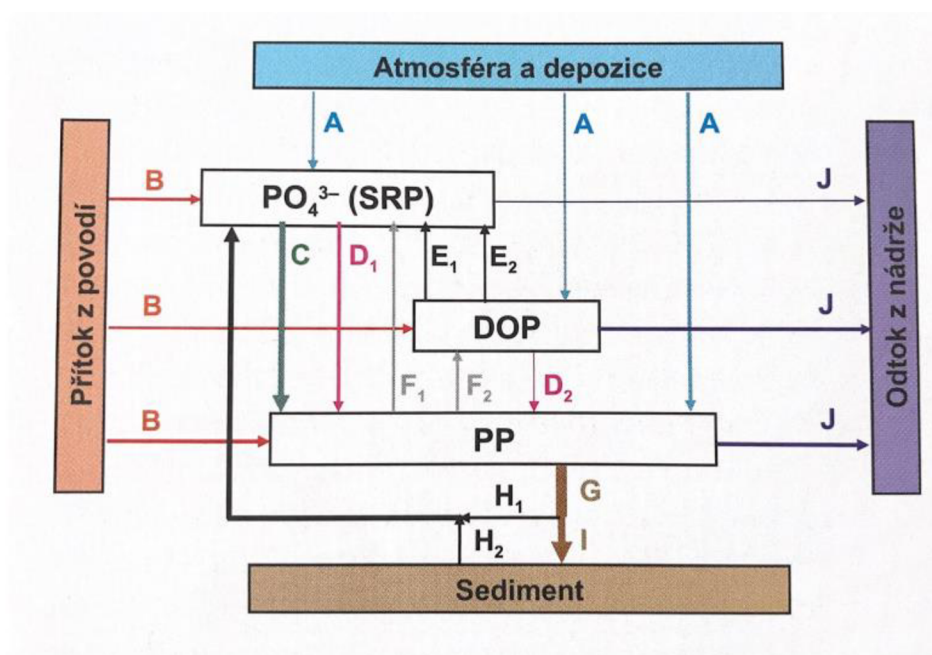
Fosfor je primární limitující živina pro fytoplankton ve většině jezer a nádrží (Schindler a kol., 2008; Hecky and Kilham, 1988). Je rozhodujícím eutrofizačním prvkem vnitrozemských vod (Harper, 1992). Rozpuštěný reaktivní fosfor je forma fosforu (PO_4^{3-} neboli SRP), která je pro primární producenty a mikroorganismy snadno a přímo dostupná (Wetzel, 2001).

Ve většině organických sloučenin se fosfor vyskytuje ve formě fosforečnanů vázaný esterickou vazbou k uhlíku (C–O–P). Menší podíl tvoří tzv. fosfonáty, kde je fosfor navázaný přímo na atom uhlíku (C–P–O), což je velmi stabilní vazba, a proto nemá v biologických reakcích velký význam. Fosfonáty jsou běžnou součástí přísad pracích prášků či herbicidů. Většina přeměn fosforu využitelný pro organismy reprezentuje štěpení, obnova esterických vazeb C–O–P či mobilizace fosforečnanů z nedostupných forem, a to buď změnou pH prostředí nebo enzymů fosfatáz (Kopáček a kol., 2021).

Mikroorganismy a vyšší i nižší rostliny asimilují reaktivní rozpuštěný fosfor (SRP, PO_4^{3-}), který zabudovávají do biomasy pomocí slunečního záření, tzv. biotická tvorba partikulovaného fosforu (Ruttenberg, 2003, Kopáček a kol., 2021). Hlavním zdrojem BAP jsou přítoky. Dále se BAP dostává do vodního prostředí uvolňováním z ostatních forem fosforu, např. z rozpuštěného fosforu (DP) pomocí enzymů fosfatázy (Vrba a kol., 1993). Dále BAP vzniká fotochemickým štěpením či vylučováním v potravním řetězci (Porcal a kol., 2017, Kopáček a kol., 2004). Po odumření mikroorganismů či exkreci dochází k hydrolyzaci organofosforových sloučenin v biomase a jsou zpět uvolněny do prostředí jako orthofosforečnan využitelný pro primární produkci (Krása a kol., 2013). Partikulovaný fosfor vzniká také abioticky, a to srážením, adsorpcí PO_4^{3-} na hydroxidech Al, Fe a koagulací rozpuštěného fosforu (DP)

(Kopáček a kol., 2021). Podrobný cyklus fosforu ve vodách je zobrazen na obrázku č. 2.3.1.

Partikulovaný fosfor jak biotického, tak i abiotického původu je částečně využit v potravním řetězci a zbytek odtéká a sedimentuje (Van Moorlehem a kol., 2013). Sedimentující partikulovaný fosfor je z části uvolňován jako PO_4^{3-} mikrobiální mineralizací sestonu ve vodním sloupci, zbytek se ukládá do sedimentu. Během procesu diagenese sedimentu je partikulovaný fosfor z většiny mineralizován na PO_4^{3-} , jenž v závislosti na faktorech prostředí může být opět uvolňován do vody (Kopáček a kol., 2021).



Obr. 2.3.1 Cyklus fosforu ve vnitrozemských vodách (Kopáček a kol., 2021)

pozn. obr. 2.3.1 A=atmosférická depozice; B=přítok z povodí; C=asimilace P; D_1 , D_2 =abiotická tvorba PP; E_1 = mobilizace PO_4^{3-} z DOP pomocí fosfatáz (rozpuštěný organický fosfor); E_2 = fotochemické štěpení DOP; $F_{1,2}$ = uvolňování PO_4^{3-} v potravních řetězcích; G= sedimentace PP; $H_{1,2}$ = PO_4^{3-} uvolněný mikrobiální sedimentací ze sestonu a PP v sedimentech; I=ukládání PP v sedimentech, J= odtok

2.5. Chování fosforu v sedimentech

Produkce biomasy poháněná biologickou dostupností fosforu vede k ukládání organické hmoty v půdách a sedimentech (Ruttenberg, 2003). Fosfor se akumuluje v nově vytvořené kalové vrstvě rychlostí cca 1 mm za rok (Knösche a kol., 2000). Dle Bíró (1995) může být obsah živin v sedimentu až 100 až 1000krát vyšší oproti obsahu

ve vodě. Mikrobiální aktivita v půdách a sedimentech ovlivňuje koncentraci a formu výskytu fosforu. Fosfor obsažený ve skalním podloží, půdě a sedimentech není dostupný pro primární producenty. Konverze těchto nedostupných forem na orthofosfáty, známé rovněž jako reaktivní rozpuštěný fosfor, které mohou primární producenti asimilovat, probíhá biochemickými a geochemickými procesy v různých fázích fosforového cyklu (Ruttenberg, 2003).

Dle Borovce a kol. (2012) je silná závislost mezi zásobeností půd fosforem a nasycení amorfních hydroxidů železa fosforem, z čehož vyplývá, že hydroxidy železa hrají rozhodující roli v uvolňování/dostupnosti fosforu v prostředí. Dále byla zjištěna závislost mezi zásobeností půd fosforem a rovnovážnou koncentrací fosforečnanů ve vodě. Za předpokladu, že půdní částice obsahuje $<50 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$ by uvolňovala fosfor v prostředí s koncentrací $>100 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \text{PO}_4\text{-P}$. Dostane-li se částice s koncentrací rozpuštěného fosforu nižší, než je rovnovážná koncentrace do vody, částice fosfor uvolní a naopak (Borovec a kol., 2012).

Většina fosforu, který se dostane do sedimentu je chemicky vázán, především hydroxidy železa. Redoxní změny mohou vést k opětovnému rozpuštění fosforu, ale většina z toho se vysráží, aniž by stimulovala novou biologickou produkci. Hloubka „aktivního sedimentu“, který se účastní výměn, pravděpodobně nepřesahuje 40–50 mm. (Reynold a Davies, 2001).

Fosfor uložený v sedimentech je významným potenciálním interním zdrojem fosforu v nádrži pro primární producenty a může způsobovat eutrofizaci prostředí i po eliminaci vnějších zdrojů zatížení (Sondergaard a kol., 2003). V rámci vnitřních zdrojů fosforu se rozlišují dva základní typy podle významnosti v celkové dlouhodobé bilanci látkového toku fosforu v nádrži (Orihel a kol., 2017). Prvním typem je, že sedimentační rychlost fosforu je větší než jeho uvolňování. Fosfor je tedy aktivně zachycován v sedimentech a na odtoku jsou jeho koncentrace nižší než v přitékající vodě. Druhým typem je, že uvolňování fosforu je značně významné a koncentrace fosforu na odtoku je vyšší než na přítoku. Tato situace nastává u nádrží s historickou zátěží (Kopáček a kol., 2021).

Schopnost sedimentu uvolňovat či zadržovat fosfor je závislá na několika faktorech, a to na fyzikálně chemických vlastnostech samotného sedimentu, rychlosti proudění vody, činnosti bentosu či přítomnosti makrofyty (Kopáček a kol., 2021).

Nejvýznamnějším faktorem je porozita sedimentu a výměna vody nad sedimentem jenž ovlivňují rychlost difuze a sorpční vlastnosti sedimentu, které jsou dány obsahem kladně nabitých hydroxidů Al a Fe, jakožto hlavních vazebných partnerů pro fosfor (Cooke a kol., 1993). Zpravidla částice obsahující malé množství vazebných partnerů hydroxidů železa a hliníků snáze uvolňují fosfor z částic do vodního prostředí. Sorpční vlastnosti těchto hydroxidů jsou dány jejich velikostí a strukturou krystalické mřížky (Jan a kol., 2015).

V sedimentu dochází k řadě oxidačně–redukčních reakcí, při kterých se díky bakteriální činnosti oxiduje organická hmota. Akceptory elektronů jsou v následujícím pořadí rozpuštěný O_2 , NO_3^- , Mn_4^+ , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , CO_2^- a organická hmota. V anoxickém sedimentu, tzn. po vyčerpání zásob O_2 , NO_3^- , Mn_4^+ , dochází k redukci a rozpouštění redoxně labilních hydroxidů Fe^{3+} a vzniká rozpuštěný fosfor. K rozpouštění hydroxidů Al dochází při pH vody větší než 8 a nižším než 6 (Jan a kol., 2015). Větší podíl uvolňování fosforu ze sedimentů bývá tedy po vyčerpání rozpuštěného kyslíku, což je častý jev během zimní a letní stagnace vody (Mortimer, 1971).

Dle Jana a kol. (2015) pouhé stanovení koncentrace hydroxidů železa a hliníku nevypovídá o možnosti potenciálního uvolňování fosforu ze sedimentu. Nebyla prokázána závislost mezi maximálními sorpčními schopnosti sedimentu pro fosfor a obsahem minerálů železa a hliníku (Borovec a kol., 2012).

2.6. Rybníky a jejich role v koloběhu fosforu

Rybníky jsou umělé vodní nádrže s možností pravidelného a úplného vypouštění vody, které jsou součástí hydrologického systému povrchových vod (Šálek a kol., 1989). Rybníky utvářejí ráz krajiny a jsou neodmyslitelnou součástí dnešní krajiny (Pechar a Potužák, 2006). Rybníky se na našem území budovaly již v 8.–9. století (Šálek a kol., 1989). V současné době se v České republice nachází cca 24 tisíc rybníků o rozloze 52 400 ha, z nichž 42 000 ha slouží k produkčnímu chovu ryb (Hule, 2012). Je nutné si uvědomit, že rybníky byly vytvořeny na místech, kde se přirozeně nevyskytovaly. Na základě tohoto faktu vyplývá, že rybníky vyžadují náležitou péči. Rybníky jsou velmi nestabilní, krátkověké útvary s tendencí se zazemňovat, což v současnosti umocňuje zvýšený vnos živin organických látek či intenzifikace rybářského hospodaření (Potužák a Duras, 2012).

Významnou funkcí rybníků mimo rybářského hospodaření, zásobárny vody či zlepšování mikroklimatu je schopnost transformovat kvalitu vody, která jimi protéká. Důležitá je retence živin, zejména fosforu. Tato schopnost je u řady eutrofních rybníků snížena, což znamená, že rybník namísto zadržování fosforu uvolňuje, a to alespoň po větší část roku. Tento problém je markantnější u průtočných rybníků s absencí obvodové stoky (Potužák a Duras, 2012). Dle Knösche a kol. (2000) jsou rybníky významnými regulátory kvality rybníční vody. Z vodohospodářského hlediska jsou rybníky schopny zlepšovat kvalitu vody při porovnání koncentrace celkového fosforu na přítoku a odtoku z rybníka. Retence fosforu se zvyšuje se zvětšující se intenzitou produkce (Knösche a kol., 2000). Tento závěr vznikl na základě nekritického metodického přístupu, jak je uvedeno dále. Dle Všetickové a kol., (2013) mají rybníky schopnost zadržovat živiny, zejména fosfor. Z výsledku studie na 4 rybnících na jižní Moravě je patrné, že rybníky během vegetační sezony při polo-intenzivním hospodařením nejsou rizikem pro navazující vodoteče. Problém nastává při výloveh, kdy fosfor uložený v sedimentech odtéká a negativně ovlivňuje recipienty pod rybníky (Všeticková a kol., 2013). Rovněž dochází k odstraňování dusíku z vody skrze denitrifikační procesy v rybníci do atmosféry (Duras a kol., 2015).

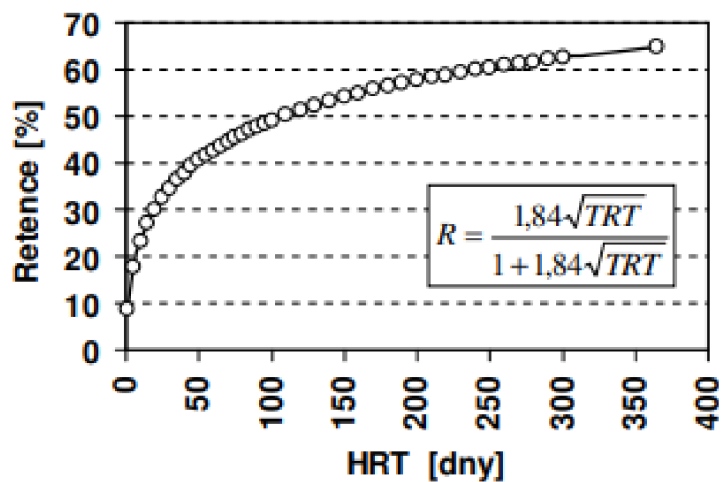
Dle Vollenweider a Kerekes (1982) se vodní nádrže kategorizují na základě koncentrace fosforu, chlorofylu a průhlednosti vody. Konkrétní hodnoty koncentrací jsou uvedeny v tabulce č. 2.6.1.

Tab. 2.6.1. Trofické třídy dle koncentrace celkového fosforu, chlorofylu a průhlednosti vody v nádrži dle OECD 1982 (Vollenweider a Kerekes, 1982)

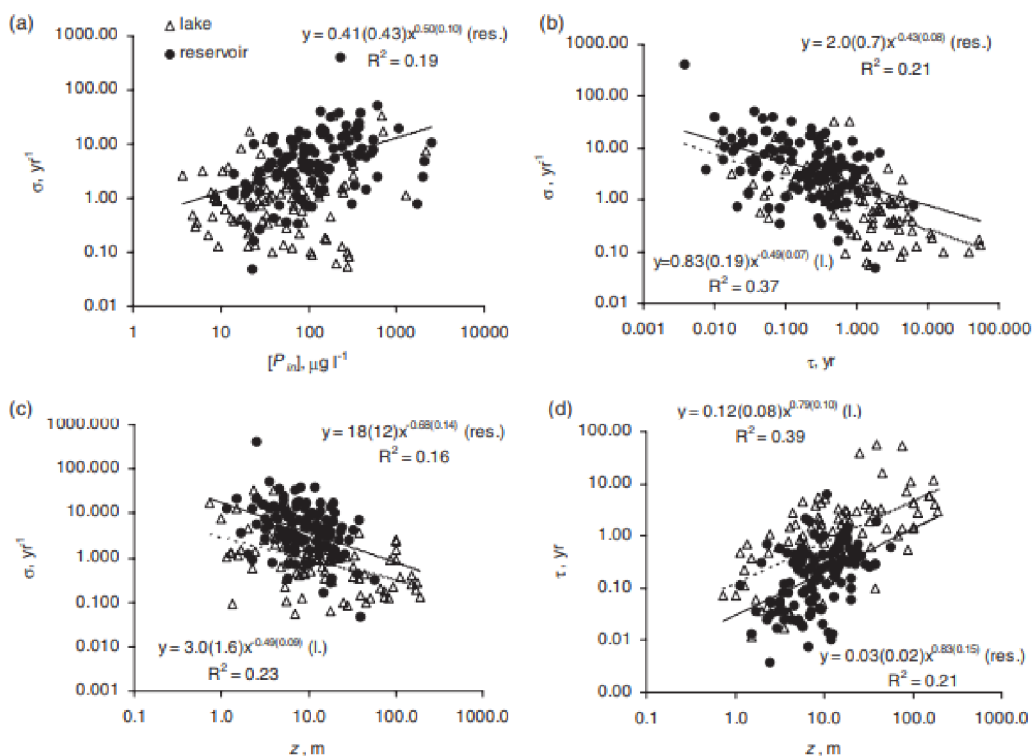
Trofická třída	Celkový P ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	Chlorofyl ($\mu\text{g. l}^{-1}$)	Průhlednost (m)
Ultra-oligotrofní	<4	<1	>12
Oligotrofní	<10	<2,5	>6
Mezotrofní	10–35	2,5–8	6–3
Eutrofní	35–100	8–25	3–1,5
Hypertrofní	>100	>25	<1,5

Doba zdržení, resp. doba, za kterou se voda v nádrži teoreticky obmění, je rozhodujícím faktorem, který určuje, kolik daný rybník zadrží fosfor viz. obr. č. 2.6.1. Mimo jiné to závisí také na řadě hydrologických, morfologických, geografických podmínkách a také na způsobu hospodaření (Hejzlar a kol., 2006). Důležitou roli hraje

také způsob vypouštění vody. Spodní voda je více zatížena fosforem, a tudíž při jejím vypouštění se retence fosforu snižuje (Potužák a Duras, 2013). Je nutné vycházet z reálných možností rybníka (Duras a Potužák, 2013). Na obrázku č. 2.6.2. b–d je znázorněna silná závislost mezi dobou zdržení, hloubkou a sedimentačním koeficientem fosforu. Umělé vodní nádrže vykazují delší dobu zdržení, kratší periody teplotní stratifikace a vyšší množství kyslíku v hypolimnionu oproti jezerům. Z tohoto faktu vyplývá, že sedimenty jsou více okysličené, a tudíž mají vyšší kapacitu na vázání fosforu a rovněž se snižuje jeho uvolňování (Hejzlar a kol., 2006). Otázkou je, zda toto platí také pro rybníky, jakožto mělké nádrže, v nichž probíhají procesy značně jinak než v přehradních nádržích (Duras a Potužák, 2013).



Obr. 2.6.1. Vztah mezi teoretickou dobou zdržení (dny) a retencí celkového fosforu (%) (Hejzlar a kol., 2006)



Obr. 2.6.2. a–d Poměry mezi sedimentačním koeficientem fosforu (σ), vstupní koncentrací fosforu (P_{in}), dobou zdržení vody (τ) a střední hloubkou (z) pro podmnožiny jezera a nádrže (Hejzlar a kol., 2006)

Pozn. jezera jsou znázorněna plnými kolečky a plnou čarou, nádrže jsou znázorněny prázdnými trojúhelníky a čerchovanou čarou

Vliv rybářského hospodaření, tzn. velikost rybí obsádky, příkrmování či hnojení je rovněž také zásadní pro posuzování kvality zadržené a vypouštěné vody v rybníce. Nedostatek dat o látkových bilancích rybníků způsobuje, že není spolehlivě známo, kdo je hlavním znečišťovatelem povrchových vod fosforem a proč jsou rybníky z velké části v eutrofním stavu. Zda se jedná o zemědělství (eroze, splachy), vypouštění odpadních vod do recipientů nebo zda je hlavním viníkem již zmíněné rybářské obhospodařování (Duras a Potužák, 2013).

Hodnocení látkových bilancí může být založeno na několika přístupech. Jedním z nich je provést součet veškerých vstupů (včetně rybářského hospodaření) a porovnat je s výstupem (Knösche a kol., 2000; Hejzlar a kol., 2007). Z tohoto přístupu vyplývá, že rybníky jsou schopny zadržet část fosforu v celoročním bilanci, z čehož může vyplynout, že rybníky vždy zlepšují kvalitu protékající vody. Rybník nemůže stále vykazovat negativní bilanci fosforu, tzn. že by fosfor uvolňoval. Výjimkou by byl málo průtočný

rybník se silnou historickou zátěží (Potužák a Duras, 2012). Druhý přístup je založen na odhadu, jakou retenci fosforu by rybník měl, kdyby rybářství mělo nulové saldo, tzn. že veškerý fosfor související s chovem ryb by se vytěžil v podobě ryb z vody nazpět (Hejzlar a kol., 2006). Sleduje se samostatně rybářství a zvlášť přítoky (Potužák a Duras, 2012). Třetí přístup vychází z porovnání fosforu na výstupu s množstvím fosforu, které by odtékalo za předpokladu, že by fosfor do rybníka vstupoval přítoky bez rybářského vlivu a rybník by vykazoval retenci (Hejzlar a kol., 2006).

Duras a kol. (2015) prokázali řadou bilančních studií, že očekávanou míru retence lze docílit za předpokladu, že intenzita rybářského obhospodařování odpovídá vstupu fosforu z povodí. Rybník nízko zatížený fosforem s hustou obsádkou kapra, který bude silně dotovaný hnojivy a krmením ve formě obilovin nebude fosfor zadržovat, a naopak bude zdrojem fosforu pro navazující recipienty. Druhým příkladem je vysoce zatížený rybník, jenž bude i při husté obsádce ryb s příkrmováním fosfor zadržovat. Principem je, že z rybníku, za předpokladu absence historické zátěže, nemůže odtéct v roční bilanci více fosforu, než se dostane přítoky a chovem ryb (Duras a kol., 2015).

Na lokalitě rybník Dehtář (246 ha, 6 518 000 m³) byl proveden roční bilanční monitoring na principu vzorkování všech přítoků a odtoků. Z hydrologického hlediska je rybník Dehtář od rybníka Rožmberka odlišný. Plocha povodí je značně menší, hluboký s bezkyslíkatým dnem, málo průtočný a doba zdržení se během monitoringu pohybovala okolo 160 dní. Rybník Dehtář vykazoval negativní retenci fosforu, kdy z rybníka odtéklo o 550 kg fosforu (z toho 3/4 při výlovu) než přiteklo při průměrné koncentraci celkového fosforu 0,16 mg.l⁻¹ ve vodě s maximy v letní sezóně 0,31 mg.l⁻¹, přičemž 70 % z celkového fosforu tvořil rozpuštěný fosfor. Za negativní bilanci pravděpodobně stojí intenzivní rybářské hospodaření (hnojení) vzhledem k nízké úživnosti rybníka s eutrofními až hypertrofními poměry (Potužák a Duras, 2012).

Na lokalitě rybník Hejtman a rybník Staňkovský byl rovněž proveden bilanční monitoring. Jedná se o průtočné, rekreační rybníky zejména pro sportovní rybolov (slovení veškerých násad). Celkový přísun do rybníka Hejtman byl 1,83 g.m⁻² a do rybníka Staňkovský 0,81 g.m⁻². V podmínkách v době monitoringu oba rybníky vykazovaly pozitivní retenci fosforu, tzn. že fosfor zadržovaly (Potužák a Duras, 2012a).

Rybník Horusický a jeho látková bilance a výsledky za roky 2016–2017 jsou použitelné k porovnání se situací na rybníku Rožmberk. Rybník Horusický (vodní plocha

377 ha) s dobou zdržení cca 450 dnů (tj. velký objem vody vzhledem k množství přitékající vody) leží na Bukovském potoce zatíženém jak zemědělskou činností, tak i komunálními odpadními vodami. Rybník má dvouhorkový systém hospodaření. Horusický rybník se řadí mezi eutrofní až hypertrofní rybníky s průměrnou koncentrací chlorofylu–a za obě vegetační sezony $109 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ s maximem $430 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Rybník Horusický je rovněž významným zdrojem fosforu pro VN Orlík (Duras a kol., 2018).

Vstupy P hnojením a krměním (5,39 t) byly vyšší než množství vylovené v biomase ryb (4 t). Vnos fosforu byl o 1,7 tun vyšší než výlovek, což zhruba odpovídalo množství vneseného hnojiva (1,49 t), tedy 34 % fosforu dodaného rybářským hospodařením zůstalo v rybníce. Významnou roli v přísunu látek hraje Bošilecký rybník, z kterého při výlovu přiteklo (1,2 t) do Horusického rybníka 30 % veškerého fosforu za oba roky během 3–4 týdnů. Avšak z velké části je fosfor vázán na resuspendované částice. Výlov je důležitou složkou látkové bilance se zásadním vlivem, kdy při výlovu odeče až trojnásobek živin oproti předcházejícímu období (2,11 t + 0,84 t strojení). Výstup živin v biomase ryb (4 t) předčil celkový odtok (3,59 t) i výlov. Před výlovem byl rybník odsán v prostoru loviště sacím bagrem, kdy bylo odsáno 4123 m^3 obsahující cca 1,2 t fosforu, což je srovnatelné s množstvím sedimentu z Bošileckého rybníka. Retence fosforu bez akvakultury (včetně výlovu) byla 10 % (0,41 t), což zcela neodpovídalo potenciální retenci, tj. retenci fosforu v závislosti na době zdržení, a to 60 % (2,8 t) (Duras a kol., 2018).

V rámci bilančního monitoringu Horusického rybníka byla provedena analýza sedimentu, kde byly zjištěny hodnoty celkového fosforu $1700 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ z toho fosfor využitelný $23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ztráta žíháním odpovídala $26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

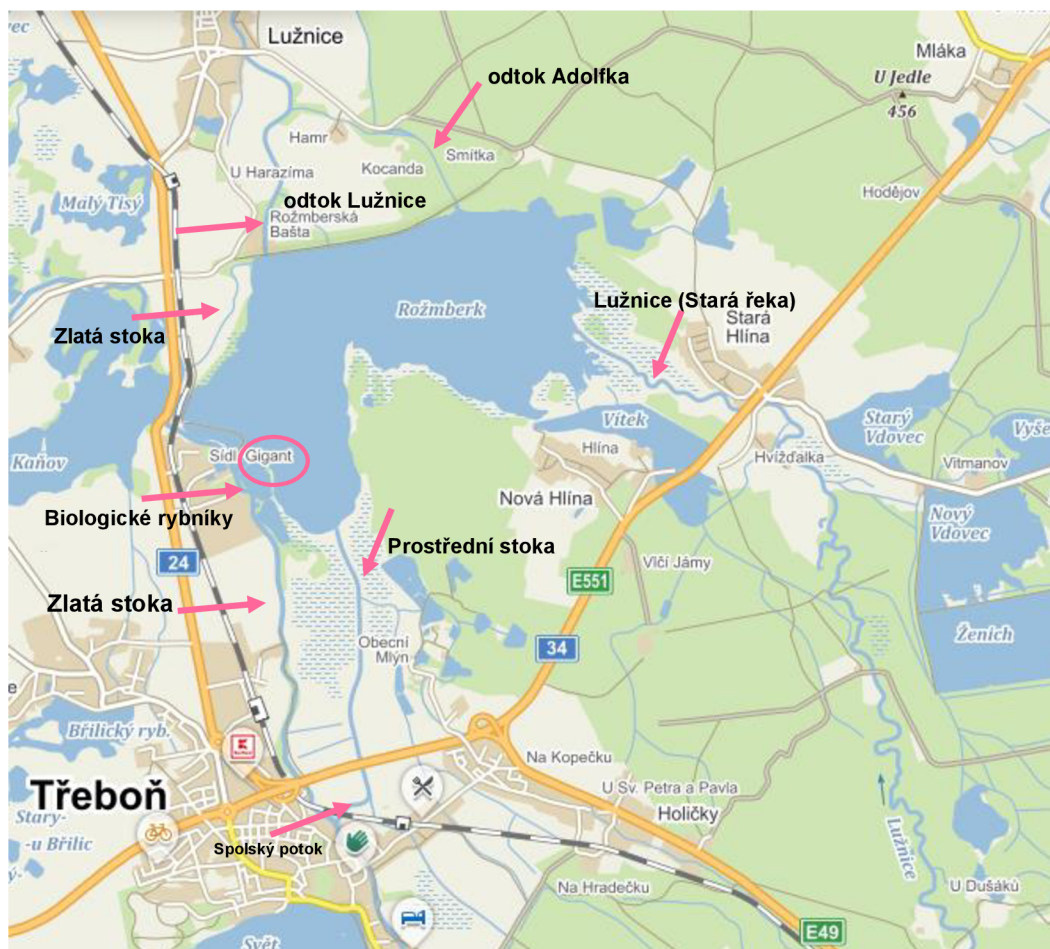
2.7. Rybník Rožmberk

Rybník Rožmberk o rozloze vodní plochy 449 ha je největším rybníkem v České republice ležící na řece Lužnici viz. obr 2.7.1. Byl vystavěn v letech 1584–1590 Jakubem Krčínem (Novotný, 1927). Rožmberk hraje významnou roli vzhledem k velikosti svého povodí (více než 1 200 km) v oblasti akumulace vody, transformace živin a jejich následný vliv na navazující vodoteče, resp. na střední a dolní tok řeky Lužnice (Potužák a kol., 2013). Dle OECD (1982) je na základě obsahu fosforu, chlorofylu–a a průhlednosti řazen mezi hypertrofní nádrže.

Rybník Rožmberk zastavuje celý horní tok řeky Lužnice, resp. Starou řeku z oblasti měřicí cca 1 000 km². Vzhledem k velkému množství vody, zejména při povodních (stoletá voda 195 m³ · s⁻¹), které by působily na hráz, byla zřízena Nová řeka, která ulehčuje rybníku a část vody z horního toku Lužnice je vedena mimo Rožmberk do Nežárky. K zajištění hráze bylo vystaveno několik kamenných splavů (hlavní výpust a vedlejší výpust Adolfska). Hráz je sypaná, v nejširším místě paty hráze má 55–60 m. Pod hlavní výpustí byla zřízena v roce 1922 malá vodní elektrárna s výkonem 240 kW. Z historického hlediska má rybník málo úživné dno s převažujícím pískem a slatinou (Novotný, 1927). Původní hladina Rožmberka byla 1 060 ha oproti dnešním 490 ha (zahrnovala dnešní rybník Vítek). Rozloha hladiny byla snížena z důvodu nižší produkce ryb, vzhledem k značné hloubce vody s nedostatkem potravy (Dykyjová, 2000).

Rožmberk byl vystavěn zejména za účelem rybářského hospodaření. Rybník byl poprvé loven v letech 1592 a výlov trval 12–14 dní. V dnešních podmínkách se rybník loví po dobu 4–5 dní (Novotný, 1927). V současnosti na rybníce hospodaří Rybářství Třeboň a.s. (Sweco a Aquatis, 2021).

Rybník je značně průtočný, vzhledem k protékající řece Lužnici. V historii byl rybník zatěžován vysokými vstupy fosforu a organických látek, zejména z provozu velkovýkrmny prasat R.A.B (dříve Gigant) a z třeboňské čistírny odpadních vod s nízkou účinností (Potužák a Duras, 2015). Do rybníka bylo zaústěno několik nevidovaných výpustí vypouštějící odpadní vody z areálu velkovýkrmny R.A.B. s koncentrací fosforu 20 mg · l⁻¹ (Potužák a kol., 2014). V letech 2009–2010 a 2011–2012 byl rybník hospodařený na tzv. dvě horka s výlovem v roce 2010 a 2012. Po výlovu v roce 2012 rybáři přešli na jednohorkové hospodaření (Potužák a Duras, 2015). Periodicky je prováděno odsávání loviště rybníka s následným odvodněním sedimentů v přilehlých lagunách a po odvodnění k využití na zemědělskou půdu. Odsávání se aktuálně pohybuje v rozmezí 4–5 tisíc m³ sedimentu ročně. Odhadem se odstraní 327,8 kg P při odsátí 1000 m³ sedimentu. Celkem se v průměru odstraní 1,311–1,639 t fosforu z rybníka (data Povodí Vltavy, státní podnik).



Obr. 2.7.1. Rožmberk – lokace a jeho významné – tedy i vzorkované – přítoky (zdroj: Mapy.cz)

V rámci programu revitalizace Orlické nádrže je rybník Rožmberk od roku 2010 pravidelně monitorován na všech přítocích a odtocích, kde se na základě naměřených hodnot vyhodnocují roční látkové bilance cílené především na látkovou bilanci fosforu (Potužák a kol., 2013). Právě rybník Rožmberk byl vyhodnocen jako hlavní emisní zdroj fosforu pro VN Orlík. Rybník Rožmberk funguje v systému sedimentace a retence fosforu z emisních zdrojů z povodí (odlehčení, volné vypustí, vnitřní zatížení rybníka) a rybářská produkce je zde upozaděna (Sweco a Aquatis, 2021).

V prvním roce bilančního monitoringu, resp. v roce 2010, byla vypočtena negativní retence fosforu viz. tab. č. 2.7.1. Celkový specifický přísun P činil $6,22 \text{ g. m. cm}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ a specifický odtok z povodí Rožmberka $20,2 \text{ kg. m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$. Reálná retence byla -7% , potenciální retence odhadnutá na době zdržení byla 28% , což činil rozdíl téměř 10 t. Hlavním zdrojem přísunu fosforu byla řeka Lužnice (32% ; $8,92 \text{ t P}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Dále velkovýkrmna prasat R.A.B. a ČOV Třeboň (31% ; $8,69 \text{ t P}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a Prostřední stoka (29% ; $8,22 \text{ t P}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Vliv rybářského hospodaření měl na celkovou

bilanci zanedbatelný vliv, kdy z celkového množství přísunu tvořil cca 2 % (Potužák a kol., 2014).

Tab. 2.7.1. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2009–2010 při dvouhorkovém hospodaření (hospod. cyklus 2009–2010 s výlovem 2010) s teoretickou dobou zdržení vody 16 dní (data Povodí Vltavy, státní podnik)

	P_{celk} (t)	P_{rozpuštěný} (t)	P_{partikulovaný} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
Vstupy bez výlovu	27,91	12,21	15,70	2490	1353
Výstupy bez výlovu	29,77	5,99	23,78	5707	3184
Výlov rybníka	4,529	0,0081	4,52	1972	1469
Akvakultura (ryby+krmení)	1,51+1,24				
Bilance přítok–odtok	-1,86	6,22	-8,08	-3217	-1831
Bilance akvakultura	0,269				
Potenciální retence	7,81				
Odtok při výlovu z celkového odtoku (%)	15,2	0,1	19	34,6	46,1

pozn. za předpokladu kapr 7 g. kg⁻¹ P; krmivo (obilí) 3,15 g. kg⁻¹ P

V roce druhém, tedy v roce 2011 bilančního monitoringu rybník zadržel v porovnání se vstupem fosforu 0,8 t P viz. tab. č. 2.7.2. V tomto roce nebyl rybník loven (dvouhorkové hospodaření s výlovem v roce 2012). Celkový specifický přísun P činil 3,18 g. m⁻² a specifický odtok z povodí 10,3 kg. m⁻². rok⁻¹. Reálná retence byla 6 % a potenciální retence byla odhadnuta na době zdržení 32 %. Rybník tedy zadržel o 3,5 t P méně, než by měl zadržet na základě potenciální retence. Hlavní podíl přísunu fosforu tvořila řeka Lužnice (38 %; 5,43 t P⁻¹.rok⁻¹), poté ČOV + R.A.B (33 %; 4,78 t P⁻¹.rok⁻¹) a Prostřední stoka (18 %; 2,49 t P⁻¹.rok⁻¹). Celkový objem odtoké vody činil 89 mil m³. (Potužák a kol., 2014). Rybník je značným producentem fytoplanktonu, kdy v roce 2011 přiteklo 0,65 t chlorofylu–a a oteklo 4,52 t chlorofylu–a (Potužák a Duras, 2015).

Tab. 2.7.2. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2011 při dvouhorkovém hospodaření bez výlovu (výlov 2012) s teoretickou dobou zdržení vody 24 dní (data Povodí Vltavy, státní podnik)

	P_{celk} (t)	P_{propuštěný} (t)	P_{partikulovaný} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
Vstupy bez výlovu	14,29	7,71	6,58	1 370	731
Výstupy bez výlovu	13,49	3,38	10,11	2 396	1 001
Akvakultura (krmení)	0,935				
Bilance přítok–odtok	0,8	4,33	-3,53	-1 026	-270
Potenciální retence	4,32				

pozn. za předpokladu kapr 7 g. kg⁻¹ P; krmivo (obilí) 3,15 g. kg⁻¹ P

V rámci obou bilančních monitoringů (2010–2011) byly hlavním zdrojem fosforu přítoky (>95 %) a rybářské hospodaření měla na celkovou bilanci zanedbatelný vliv (<5 %). Důvodem zlepšení hodnot výsledků bilancí v roce 2011 bylo omezení až následné zrušení provozu velkovýkrmny prasat v kombinaci s rekonstrukcí čistírny odpadních vod včetně zastavení využívání soustavy biologických rybníků (živinová zátěž v sedimentech) (Potužák a Duras, 2015).

Snížení vstupu fosforu přítoky z ČOV a R.A.B. způsobilo zvýšené uvolňování labilně vázaného fosforu ze sedimentů do vodního sloupce, z důvodu rovnovážných reakcí, resp. rovnováhy na fázovém rozhraní mezi vodou a sedimentem. Za nejvýznamnější zdroje fosforu v rybníce je považováno vnitřní zatížení sedimenty (Potužák a Duras, 2015).

Posledním rokem dvouhorkového hospodaření v rámci bilančního monitoringu na rybníce byl rok 2012 za hospodářský cyklus 2011–2012. Veškeré vstupy a výstupy včetně bilance rybníka jsou uvedeny v tab. č. 2.7.3. Celkový objem odtoklé vody byl 119 mil m³. Specifický přísun z povodí byl 4,4 g. m². rok⁻¹ a odnos 14,4 kg. m². rok⁻¹. Rozdíl mezi lety 2010 a 2012 činil až o 85 % nižší vstupy celkového fosforu do rybníka (Potužák a Duras, 2015). Bylo odhadnuto že během dvou vegetačních sezon (2011–2012) odtéklo do řeky Lužnice 2,3–4,5 t chlorofylu-a (Potužák a Duras, 2015).

Tab. 2.7.3. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2012 při dvouhorkovém hospodaření včetně výlovu s teoretickou dobou zdržení vody 18 dní (data Povodí Vltavy, státní podnik)

	P_{celk} (t)	P_{rozpuštěný} (t)	P_{partikulovaný} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
Vstupy bez výlovu	19,89	8,76	11,13	2 704	1 497
Výstupy bez výlovu	21,66	4,56	17,1	3 793	1 627
Výlov	2,8	0,38	2,47	502	223
Akvakultura (ryby+krmení)	1,6+0,935				
Bilance přítok–odtok	-1,770	4,20	-5,97	-1 089	-130
Bilance akvakultura (2011-12)	0,014 (0,8 %)				
Potenciální retence	5,78				
Odtok při výlovu z celkového odtoku (%)	13,1	8,4	14,4	13,2	13,7

pozn. za předpokladu kapr 7 g. kg⁻¹ P; krmivo (obilí) 3,15 g. kg⁻¹ P

V roce 2013 při jednohorkovém hospodaření z rybníka oteklo spolu s vodou 2,26 t fosforu a při výlovu oteklo 2,57 t fosforu viz. tab. č. 2.7.4. Celkem z rybníka oteklo 4,83 t fosforu. Potenciální retence by měla odpovídat 4,9 t fosforu. Rybník vykazoval negativní bilanci fosforu, a to -11,47 % navíc oteklo oproti přísunu (9,7 t fosforu) (nepublikovaná data Povodí Vltavy).

Tab. č. 2.7.4. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2013 při jednohorkovém hospodaření s teoretickou dobou zdržení vody (HRT) 12 dní (data Povodí Vltavy, státní podnik)

	P_{celk} (t)	P_{rozpuštěný} (t)	N_{celk} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
Vstupy bez výlovu	19,7	9	471	3 497	2 097
Výstupy bez výlovu	21,9	9	445	4 600	2 495
Výlov rybníka	2,57	0,178	15,5	1 434,1	1 027
Akvakultura (ryby+krmení)	0,880+0,916				
Bilance přítok–odtok	-2,26	0,3	25,7	-1 104	-398
Bilance akvakultura	-0,036 (1,6 %)				
Potenciální retence	4,92				

Odtok při výlovu z celkového odtoku (%)	11,74	1,98	3,48	31,18	41,16
--	-------	------	------	-------	-------

pozn. za předpokladu kapr 7 g. kg⁻¹ P; krmivo (obilí) 3,15 g. kg⁻¹ P

Posledním rokem, kdy byl proveden výpočet látkové bilance na rybníce Rožmberk, byl rok 2014. V roce 2014 z rybníka odteklo s vodou 4,5 t fosforu a během výlovu 1,33 t fosforu viz. tab. č. 2.7.5. Celkem z rybníka odteklo 5,83 t fosforu. Potenciální retence by měla odpovídat hodnotě 2,2 t fosforu, avšak reálná retence byla - 51,7 %. (nepublikovaná data Povodí Vltavy).

Tab. č. 2.7.5. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2014 při jednohorkovém hospodaření s dobou zdržení vody 30 dní (data Povodí Vltavy, státní podnik)

	P_{celk} (t)	P_{prozpuštěný} (t)	N_{celk} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
Vstupy bez výlovu	8,7	3,4	136,5	1 366	807
Výstupy bez výlovu	13,2	3,5	108	2 099	1 222
Výlov rybníka	1,33	0,121	4,8	365,73	265
Akvakultura vstup (ryby+krmení)	0,573+0,511				
Bilance přítok–odtok	-4,5	-0,1	28,5	-733	-415
Bilance akvakultura	0,0624 (1,4 %)				
Potenciální retence	2,18				
Odtok při výlovu z celkového odtoku (%)	10,08	3,46	4,45	17,42	21,69

pozn. za předpokladu kapr 7 g. kg⁻¹ P; krmivo (obilí) 3,15 g. kg⁻¹ P

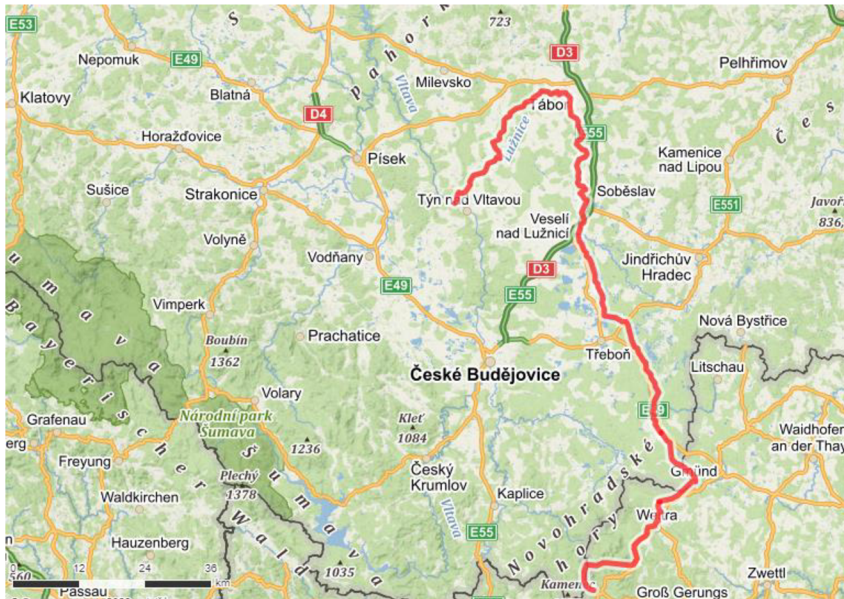
Dominantním zdrojem, v rámci bilančního monitoringu 2010–2014, fosforu pro Rožmberk byla řeka Lužnice. Akvakultura v takto průtočném rybníce měla ve všech letech malý vliv (podíl <5 %). Bilance P byla kromě roku 2011 negativní, kdy víc P z rybníka odteklo, než činily vnější vstupy (1,8–4,5 t P). Úloha rybníka Rožmberk vynikla zejména při porovnání, s množstvím P, které měl podle teoretické doby zdržení vody zadržet (2,18–7,8 t P). Taková situace byla vysvětlena jako vliv vysoké zásoby sloučenin fosforu v sedimentech, odkud se fosfor postupně uvolňoval. Výstupy nerozpuštěných látky v ročních bilancích, v řádech stovek tun, převyšovaly přísun do rybníka (data Povodí Vltavy; Potužák a Duras, 2015).

2.8. Řeka Lužnice

Řeka Lužnice pramení v Novohradských horách na rakouské straně. Řeka Lužnice má značně malý spád 0,007 %, což způsobuje nepravidelný průběh říčního koryta. Na území dolního Rakouska se nachází velká část jejího neregulovaného povodí. V historii byla řeka Lužnice vodnější, což dokazují hluboké šterkopískové usazeniny podél jejího toku (Dykyjová, 2000).

Střední tok řeky protéká nížinatou oblastí Třeboňskou pánví, jež je charakteristická klidnou, meandrovitou rybniční krajinou. Na 116,9 ř.km je řeka rozdělena na dvě ramena. Umělé rameno zásobující rybniční soustavy stáčejíící se směrem k Třeboni a druhé rameno pokračující dál obohacené o Koštěnický potok (Šmíd, 2008). Řeka meandruje říční nivou přes Halámky až k rozvodí Staré a Nové řeky (108, 8 ř.km), kde lze regulovat množství vody tekoucí do rybníka Rožmberk. Za obcí Stará Hlína se Lužnice, resp. Stará řeka, vlévá do Rožmberka (Dykyjová, 2000). V oblasti horního toku Lužnice se nachází několik rybničních soustav a zatopených pískoven (Svoboda a kol., 2015). Řeka Lužnice po odtoku z Rožmberka putuje směrem k tábořské pahorkatině, kde se u města Týna na Vltavou se Lužnice stýká s Vltavou viz. obr. 2.8.1. (Šmíd, 2008).

Lužnice je hlavní tepnou transportující živiny do nádrže Orlík (Potužák a kol., 2014). Koryto řeky nad Rožmberkem je téměř neovlivněno lidskými zásahy volně meandrující krajinou (Dykyjová, 2000). Po průtoku Rožmberkem se řeka Lužnice mění na technicky upravené koryto směřující dál k soutoku s Vltavou, jakožto její hlavní přítok. Mezi profily pod a před Rožmberkem jsou rovněž rozdíly ve složení bentických společenstev vázané ke svým habitatům a citlivé na organické znečištění. Co se týče kvality vody Lužnice mezi těmito profily, bylo zjištěno zvýšené koncentrace NL_{105;550}, P, chlorofylu-a, BSK₅ a naopak snížené koncentrace na odtoku u parametrů forem dusíku (Svačina, 2013).



Obr. 2.8.1. Mapa toku Lužnice od pramene k ústí s Vltavou (zdroj: Mapy.cz)

2.9. Třeboň

Město Třeboň o katastrální výměře 9 833 ha se nachází v okrese Jindřichův Hradec a je druhým největším městem tohoto okresu. Počet obyvatel od roku 1990 (9 676) postupně klesá zejména z důvodu zvýšené migrace obyvatelstva z města (Cassia Development, 2013). Od roku 2013, kdy byl počet obyvatel 8 855, se snížil počet na 8 092 k datu 1.1. 2021 (MVČR, 2021).

Do rybníka Rožmberk přímo ústí vyčištěné komunální vody z třeboňské čistírny odpadních vod. V letech 2010–2011 proběhla modernizace technicky nevyhovujícího zařízení z roku 1973, čímž se značně ulevilo rybníku Rožmberku, tak i řece Lužnici. Voda je zbavena organických nečistot, dusíku a fosforu (chemické srážení fosforu). Čistírna je dimenzována na cca 16 tisíc ekvivalentních obyvatel. Denně čistírnou proteče až 3 606 m³ vody. Stavba v regionu je považována za ekologickou stavbu desetiletí (Bru&Kils). Původně byly odpadní vody z Třeboně čištěny společně s odpadními vodami z velkovýkrmny R.A.B v areálu výkrmny. Tyto předčištěné vody z čistírny procházely soustavou čtyř biologických rybníků ústící do Rožmberka (Potužák a kol., 2014).

U jednotné stokové sítě (srážková voda + OV) je nutné vybudovat odlehčovací komoru, což třeboňská čistírna OV splňuje (Studnička, 2013). Dle vyhlášky MZ 428/2011 § 19 musí odlehčovací komora rozdělit přítok OV v poměru dle hydrotechnického výpočtu a bezpečně převést vodu na čistírnu. Výpočet vychází z normy ČSN 75 6262. Pojem odlehčení je myšleno snížení zátěže odpadních vod na čistírnu

samovolným odtokem vody přes odlehčovací komoru ústící do recipientu. Odlehčení probíhá přes přelivnou hranu a pracuje při srážkových úhrnech zajišťující bezpečný chod ČOV. Tato voda představuje značné riziko pro životní prostředí vzhledem k stále vysokému obsahu polutantů a znečištění (Studnička, 2013).

Problémový je u třeboňské čistírny již zmíněný odlehčovací kanál (komora) u přečerpávací stanice viz. obr č. 2.9.1. Tento kanál ústí do Spolského potoka, který po cca 200 m ústí do Prostřední stoky napájející Rožmberk. Bylo zjištěno, že odlehčovací komory začínají pracovat už při srážce 2 mm. Dle měření provedené při srážkových událostech ve vodě Spolského potoka bylo zjištěno, že obsah celkového fosforu byl do $8,7 \text{ mg. l}^{-1}$, BSK_5 do 610, CHSK_{Cr} do 1900 mg. l^{-1} a N-NH_4 do 20 mg. l^{-1} . Problémem jsou nedostatečné kapacity a funkce odlehčovacích komor a čistíren, a téměř nulové povědomí o této problematice a nevhodné hospodaření s dešťovou vodou (Duras, 2021).



Obr. 2.9.1. Třeboň – odlehčovací komora (kanál) čistírny odpadních vod ústící do Spolského potoka (Duras, 2021)

3. Cíle práce

Cílem této diplomové práce bude vyhodnotit data získané bilančním monitoringem za roky 2020–2021, tedy ve dvou po sobě následujících jednohorkových produkčních cyklech. Vzorkování jednotlivých profilů přítoků a odtoků do rybníka Rožmberk včetně měření průtoků bude realizováno státním podnikem Povodí Vltavy ve 14denních intervalech. Výsledky pak budou následně porovnávány s hodnotami z předchozích roků, kdy byla rovněž vyhodnocena bilance rybníka Rožmberk. Cílem je zjistit, jak významným článkem je v současnosti rybník Rožmberk v retenci živin v povodí horního toku Lužnice, resp. pro kvalitu vody ve VN Orlík, vzhledem k navrženým opatřením ke zlepšení jakosti vody.

V rámci zpracování diplomové práce bude součástí také spoluúčast na vzorkování jednotlivých profilů důležitých pro výpočet látkových bilancí a rovněž částečné zpracování odebraných vzorků ve vodohospodářské laboratoři státního podniku Povodí Vltavy. Rovněž bude proveden průzkum sedimentů a fosforu v něm obsaženého.

4. Materiál a metodika

4.1 Odběr vzorků

Rybník Rožmberk je v pravidelných intervalech vzorkován státním podnikem Povodí Vltavy v rámci bilančního monitoringu od roku 2010. Vzorkování je organizováno prostřednictvím vzorkovací skupiny, která je součástí vodohospodářské laboratoře s odpovídající kvalifikací. Cílem vzorkování je odběr vzorků v reprezentativním profilu vodního útvaru ke stanovení ukazatelů kvality vody. Typem odebíraných vzorků je prostý vzorek, což je jednorázově odebraný vzorek vod v časové či místní závislosti. Během vzorkování je nutné eliminovat rušivé vlivy, které by mohly následnou analýzu a hodnocení ovlivnit. Prosté vzorky jsou odebírány manuálně za pomoci plastové nádoby. Směsný vzorek z epilimnia je odebíraný na hrázi rybníka pomocí novodurové trubice o délce 1 m. Vzorky jsou odebírány dle normy ČSN EN ISO 5667-1: 2007.

Pro odběr vzorku se používají plastové vzorkovnice o různých objemech, dle požadovaného stanovení. Vzorkovnice by měly být z inertního materiálu a nesmazatelně označené (štítek, lihový popisovač). Jako zařízení k odběru vzorku se využívá plastových

nádob, řádně propláchnutých odebíranou vodou (minimálně 3x). Vzorky se pro stanovení vybraných parametrů filtrují za pomoci injekční stříkačky a filtru o velikosti ok 0,45 μm. Prvních 5 přefiltrovaných ml jsou určeny k proplachu a vylévají se. Na místě je rovněž provedeno měření fyzikálních vlastností, jako je teplota, rozpuštěný kyslík, konduktivita, pH, celkový a volný chlór pomocí multi-parametrické sondy Exo. Odebrané vzorky vody jsou uchovávány v termoizolačních bednách z důvodu možných fyzikálních, chemických či biologických reakcí ovlivňující vlastnosti odebrané vody. Po příjezdu do laboratoře jsou vzorky umístěny do chladicího boxu (5±3 °C), případně zakonzervovány přidávkem kyseliny dle požadované analýzy. Vzorky jsou následující den podrobeny základnímu chemickému rozboru: stanovení CHSK_{Cr;Mn}, BSK₅, NL_{105;550}, TOC, DOC, TIC, TN, dusičnany, N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, TP, P-PO₄, P_{rozp}, chlorofyl-a, mangan, železo.

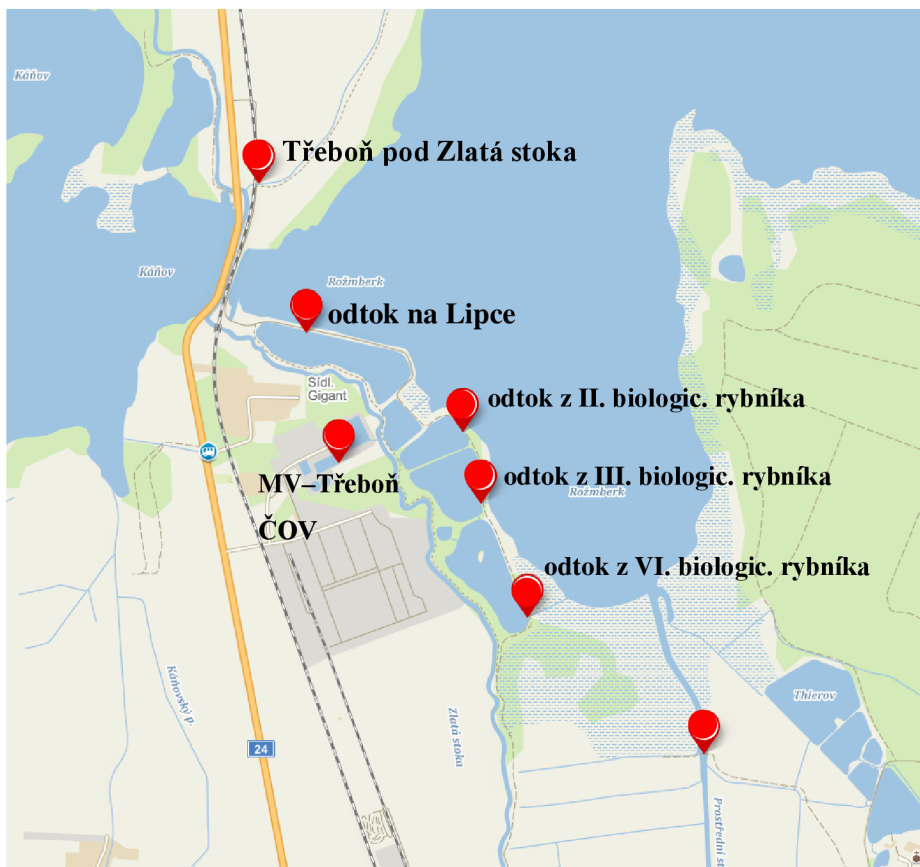
V rámci bilančního monitoringu rybníka Rožmberk jsou vzorkovány významné přítoky do rybníka viz. obr. č. 4.1.1–4.1.4. Jedná se o profily pravidelně sledované v daném časovém intervalu, a to v intervalu 14 dnů. Rovněž je měřen průtok na jednotlivých odtocích a přítocích. Pro tyto jednotlivé profily je zpracována detailní dokumentace zahrnující identifikační číslo profilu, název toku, místo odběru včetně GPS souřadnic, místo odběru, číslo hydrologického pořadí a popis lokality. Pro účely a výpočty této diplomové práce byla použita data z let 2020 a 2021. Bilanční monitoring rybníka Rožmberk je prováděn zejména z důvodu jeho přetrvávajícího vnitřního zatížení vlivem dřívějšího silného vnějšího zatížení (R.A.B, ČOV Třeboň) a následnému vlivu na navazující povodí, a především VN Orlík. Vodohospodářské informace týkající se výměry plochy a objemu vody jsou uvedeny v tab. č. 4.1.1.

Tab. č. 4.1.1. Rožmberk – výměra plochy a objemu rybníka

	Plocha ha	Objem mil m ³
Katastrální výměra	647	6,3
Obklikání mapy	425–427	4,8
ArcGIS (Dibavod)	427	
Manipulační řád	449	5,93



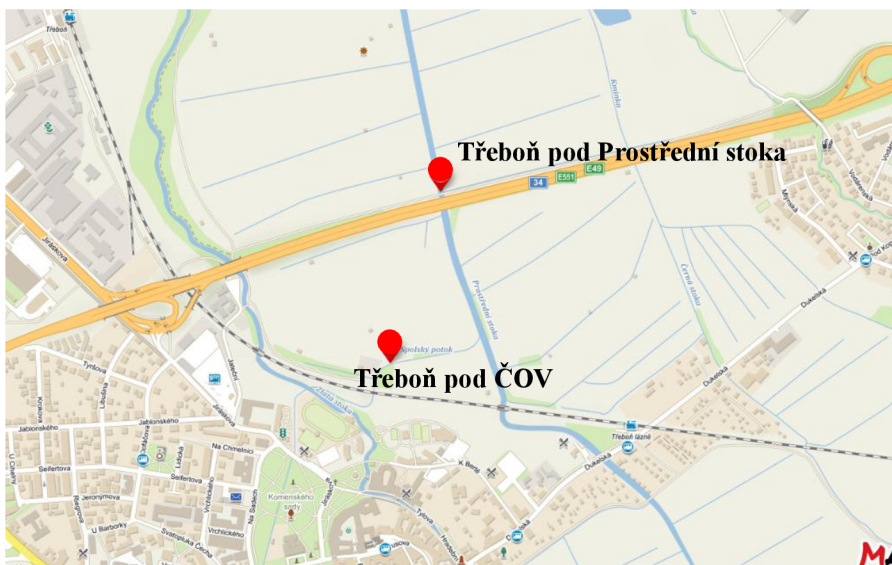
Obr. 4.1.1 Rožmberk – mapa profilů odběru vzorků vody (zdroj: Mapy.cz)



Obr. 4.1.2 Rožmberk – mapa profilů odběru vzorků vody (zdroj: Mapy.cz)



Obr. 4.1.3 Rožmberk – mapa profilů odběru vzorků vody (zdroj: Mapy.cz)



Obr. 4.1.4 Rožmberk – mapa profilů odběru vzorků vody (zdroj: Mapy.cz)

4.2 Průzkum sedimentů

Na podzim roku 2021 byl proveden průzkum sedimentů rybníka Rožmberk. Rybník byl rozdělen na jednotlivé transekty, kde na jednotlivých bodech pomocí píchané sondy viz. obr. 4.2.1 a odběrného zařízení zkráceně corer viz. obr. 4.2.2 byla zjišťována mocnost sedimentu a jeho podílové složení (rašelina, šedý jíl, aktivní sediment či písek). Píchaná sonda byla využita v oblastech s vysokou vrstvou usazenin (nad 45 cm), corer je snadno ovladatelný a vhodný pro vrstvy bahna do 45 cm. Rovněž byla proměřována hloubka vody. Polohy jednotlivých odběrů byly zaznamenávány do GPS a do mobilního telefonu skrze aplikaci Mapy.cz z důvodu zálohy dat. Mapa jednotlivých bodů (celkem 258 bodů) je zobrazena na obr. č. 4.2.3. Tyto body byly následně převedeny na souřadnice SJTSK a použity (SW Surfer 8) pro konstrukci batymetrické mapy a pro výpočet objemu vody, plochy a celkového množství sedimentu. V rámci průzkumu bylo také odebráno 12 vzorků sedimentů v různé mocnosti (0–60 cm) reprezentující určitou oblast dna s homogenním složením. Tyto vzorky byly odeslány na analýzu do vodohospodářské laboratoře Povodí Vltavy na stanovení TOL, TP, sušiny, ztrátu žiháním a frakční složení sedimentu (frakce 2–4 mm, >4 mm). Výměra plochy a objemu rybníka Rožmberk je uvedena v tab. č. 4.2.1.

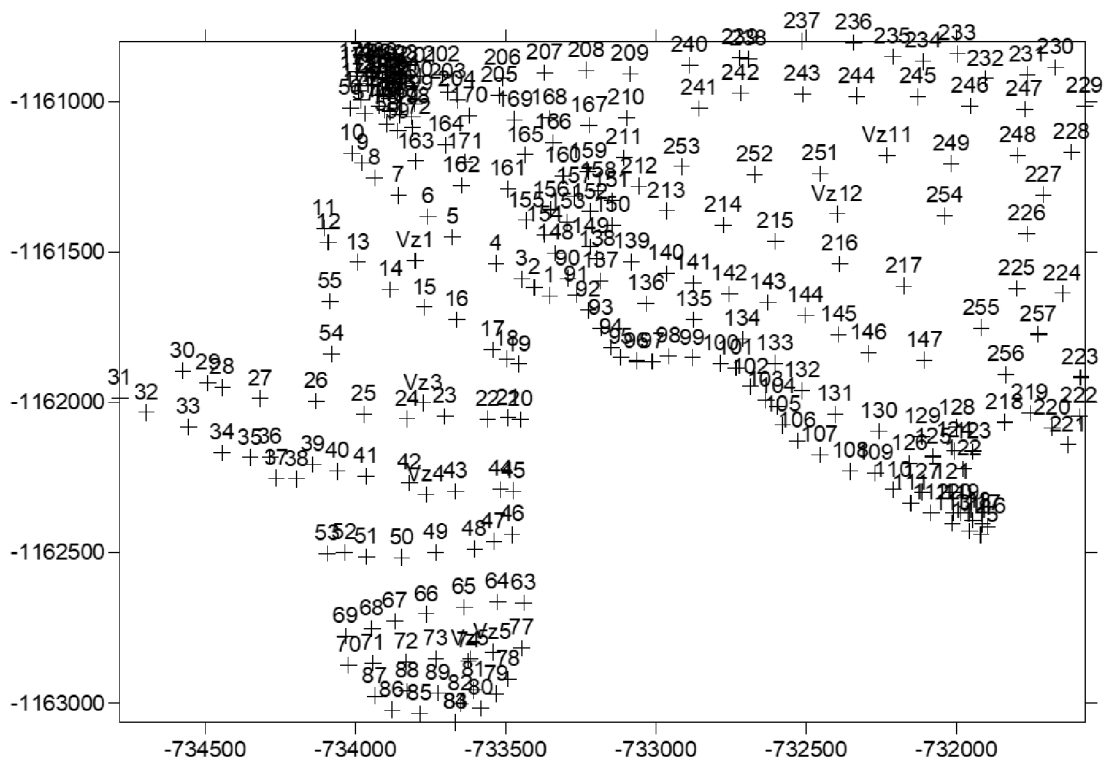
Průzkum sedimentů byl realizován na malé loďce s motorem a s veškerým potřebným vybavením k měření a odběru vzorků viz obr. č. 4.2.4, a to píchaná sonda, odběrové zařízení, hloubkoměr (ocelové závaží upevněné na laně s mírami), kyblíky, lopatky, GPS, poznámkový blok. Průzkum byl rozdělen zhruba do pěti dnů vzhledem k značné ploše rybníka.



Obr. 4.2.1 Odběrák pro odběr vzorků píchanou sondou, tzv. kopí o délce listu 1,0 m nasazeným na nastavitelné tyči do délky 7 m; firma Eijkelkamp (zdroj: autor)



Obr. 4.2.2 Gravitační jádrový sběrač vzorků sedimentu, zkráceně nazývaný corer, je zavěšený na laně a zavírací mechanismus se spouští trhnutím (zdroj: autor)



Obr. 4.2.3. Rybník Rožmberk – poloha bodů ve kterých byla měřena hloubka vody a mocnost sedimentu



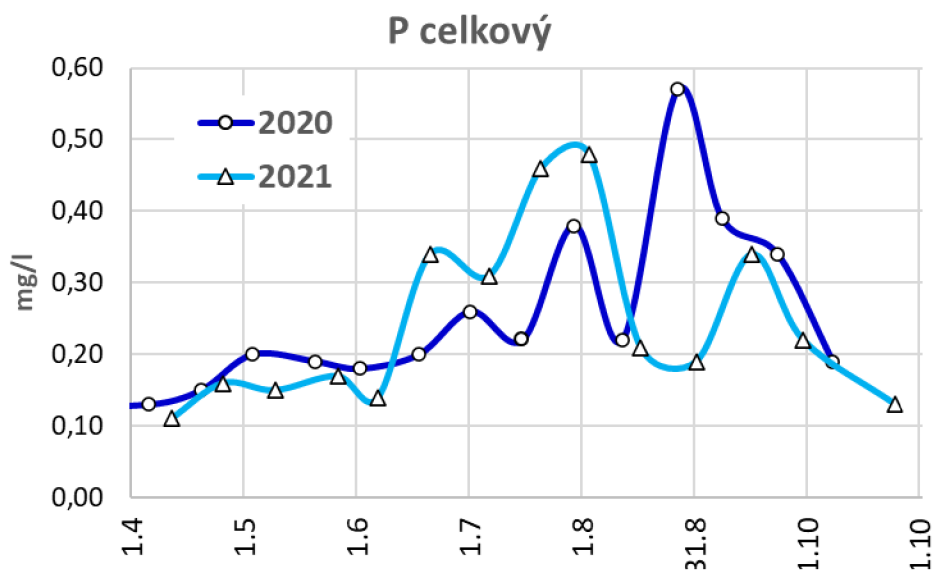
Obr. 4.2.4 Rožmberk – průzkumná loďka s veškerým potřebným vybavením pro vzorkování a průzkum sedimentu dna rybníka (zdroj: autor)

4.3. Zpracování dat a výsledků

Data byla zpracována v software Surfer 8 a Microsoft Excel. Množství fosforu obsaženého v sedimentu byl vypočítán následovně: plocha dna byla rozdělena na homogenní oblasti, co se týče charakteru sedimentu (Obr. 5.4.2.) tak, aby ke každé oblasti bylo možné přiřadit výsledky analýzy odebraných vzorků viz. tab. 5.4.1. (pro jednu nebo dvě vrstvy).

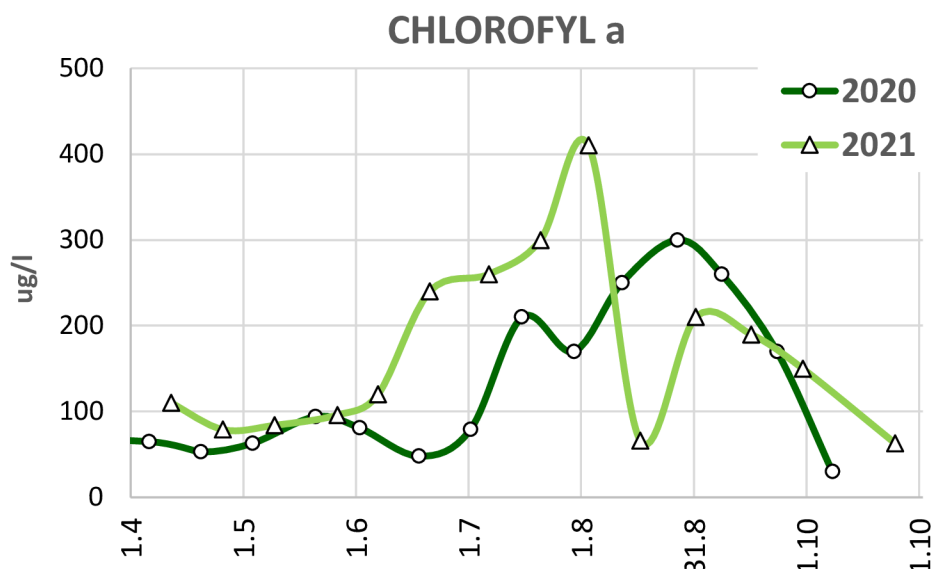
5. Výsledky

5.1. Rybník Rožmberk – jakost vody



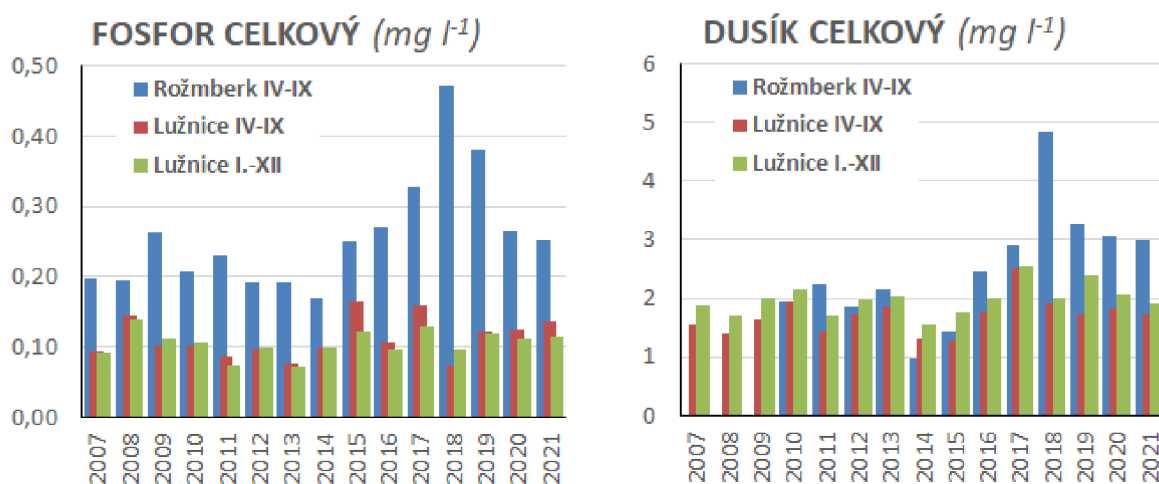
Obr. č. 5.1.1. Rožmberk – sezónní vývoj koncentrace v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ celkového fosforu v povrchové vrstvě vody u hráze během vegetační sezóny za roky 2020 a 2021 (data Povodí Vltavy, státní podnik)

Dynamika obsahu fosforu (Obr. č. 5.1.1.) s maximem na vrcholu nebo v závěru vegetační sezóny a s minimy na jejím začátku a konci. Koncentrace fosforu se pohybovala od $0,110\text{--}0,130 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ do $0,570 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V roce 2020 byla maximální koncentrace fosforu $0,570 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a v roce 2021 $0,480 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Koncentrace fosforu byla zjištěna v průběhu vegetační sezóny značně variabilní, protože aktuální poměry v rybníce jsou závislé nejen na počasí (aktivní promíchávání vody v chladném větrném období), ale také na průtocích přitékající vody. Lužnice, kde jsou dlouhodobě zjišťovány nižší koncentrace sloučenin fosforu než v rybníce Rožmberk (Obr. 5.2.3.) tak může díky značné průtočnosti rybníka vyplavit fosforem bohatou vodu a nahradit ji vodou s nižší koncentrací P. Zvyšování koncentrace P je do značné míry způsobeno akumulací P v biomase fytoplanktonu (graf na obr. 5.1.2.). Koncentrace $\text{PO}_4\text{-P}$ byla nízká, a to v průměru za vegetační období $0,021 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ v roce 2020 a v roce 2021 $0,017 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ z důvodu navázání v částicích a aktivním odčerpáním fytoplanktonem. Průměrná koncentrace NL_{105} za vegetační období byla $48,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a ZŽ $66,8 \%$ v roce 2020 a v roce 2021 $43,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ NL_{105} a $63,5 \%$ ZŽ. Nepříliš vysoké hodnoty ZŽ ukazují, že kromě fytoplanktonu byl ve vodním sloupci i zvýšený podíl částic sedimentu resuspendovaného akcí vln a aktivitou rybií obsádky. Fytoplankton vázal zřejmě i P uvolňovaný ze sedimentů (Potužák a Duras, 2013a).



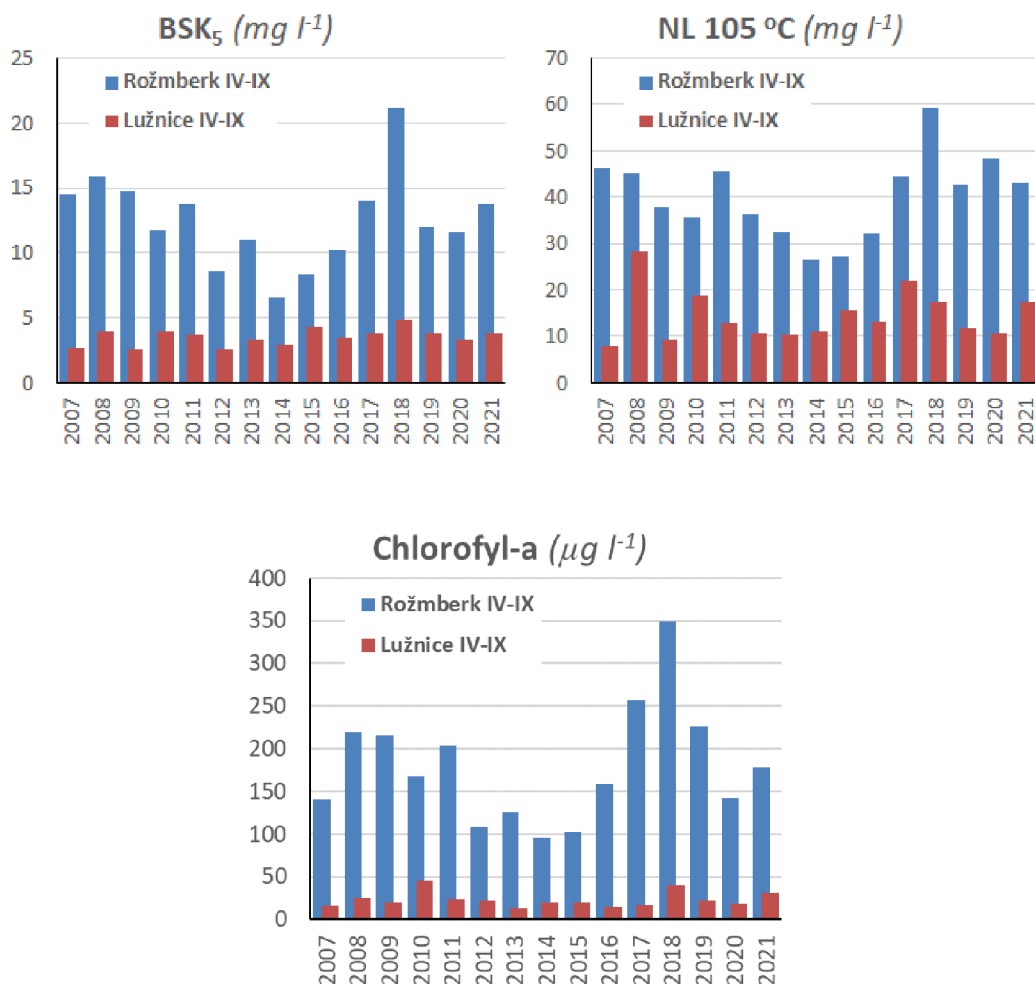
Obr. č. 5.1.2. Rožmberk – sezónní vývoj koncentrace v $\mu\text{g. l}^{-1}$ celkového chlorofylu v povrchové vrstvě vody u hráze během vegetační sezóny za roky 2020 a 2021 (data Povodí Vltavy, státní podnik)

Obr. č. 5.1.2. z grafu je vidět závislost mezi koncentrací fosforu viz. graf č. 5.1.1.a koncentrací chlorofylu–a v rybníce. Maximální koncentrace chlorofylu–a bylo dosaženo v letních měsících a minim na začátku a na konci vegetační sezony. Maximální koncentrace chlorofylu–a v roce 2020 byla na konci srpna $300 \mu\text{g. l}^{-1}$ a v roce 2021 na začátku srpna $410 \mu\text{g. l}^{-1}$.



Obr. č. 5.1.3 Rožmberk – trend ve vývoji průměrné koncentrace celkového fosforu a dusíku v mg. l^{-1} za roky 2007–2021 (data Povodí Vltavy, státní podnik)

Obr. č. 5.1.3. – grafy zobrazují vývoj v průměrných koncentracích celkového fosforu a dusíku za jednotlivé roky. Zvýšená koncentrace celkového fosforu v suchých letech 2015–2019, byla pravděpodobně způsobena procesem uvolňování fosforu uloženého v sedimentech vlivem rovnovážných reakcí. Tento proces se výrazně uplatnil právě v suchých letech, kdy se se silně prodlouženou teoretickou dobou zdržení vody v rybníce projeví mnohem výrazněji vnitřní děje oproti vlivu vody přitékající Lužnicí (Potužák a Duras, 2015). Teoretická doba zdržení se v tomto suchém období pohybovala v řádech dnů až v maximech cca 75 dní. Maximální průměrná koncentrace celkového fosforu v roce 2018 byla $0,47 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, z čehož 17,5 % bylo tvořeno fosforem rozpuštěným. Trend v koncentraci celkového dusíku měl obdobný charakter, ale vzestup koncentrace byl zaznamenán až počínaje rokem 2016. Maximum v roce 2018 s průměrnou koncentrací $4,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ celkového dusíku.



Graf č. 5.2.4. Rožmberk – trend ve vývoji průměrné koncentrace BSK₅, NL₁₀₅ a chlorofylu–a v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ za roky 2007–2021 (data Povodí Vltavy, státní podnik)

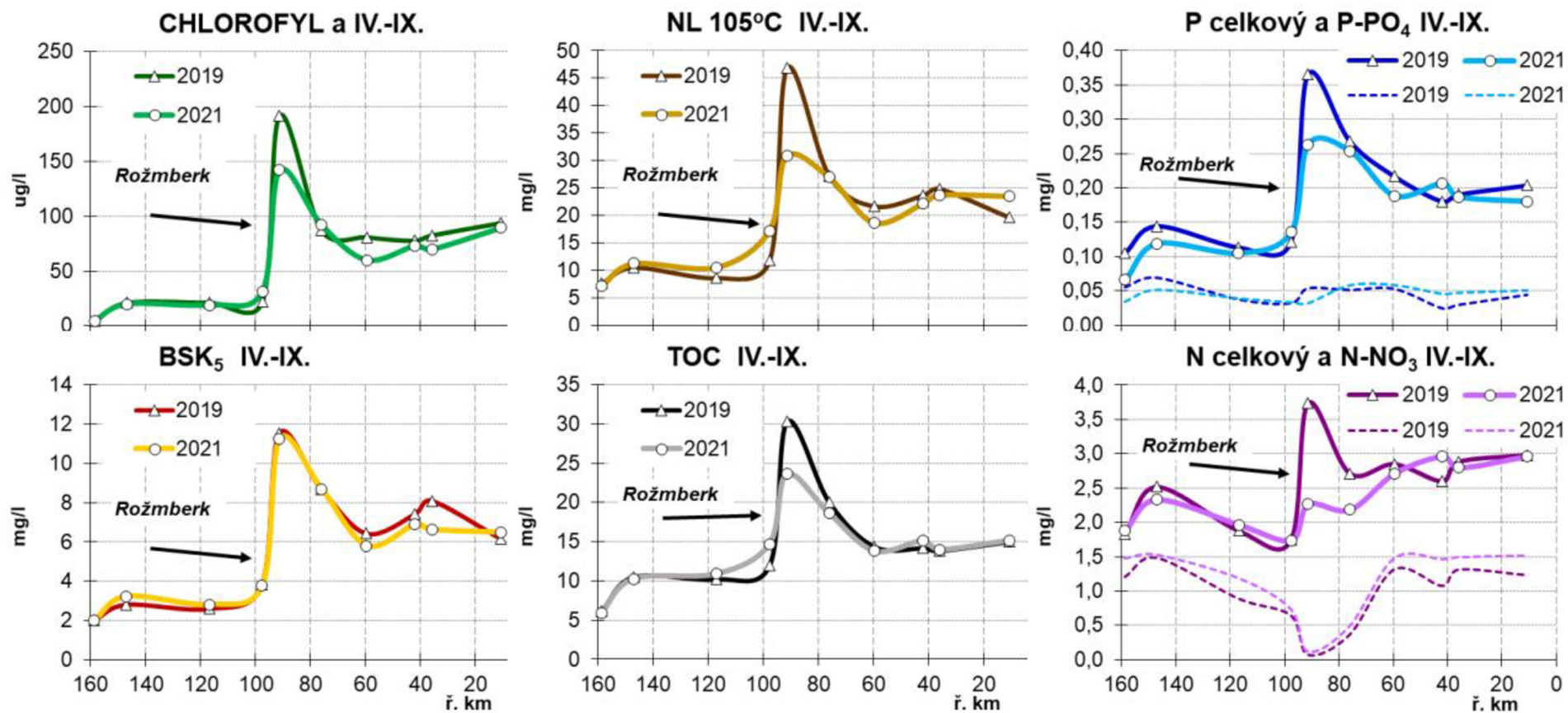
Obr. č. 5.2.4 – grafy znázorňují vývoj v koncentraci BSK₅, NL₁₀₅ a chlorofylu-a v jednotlivých letech. Koncentrace těchto parametrů jsou proměnlivé v závislosti na podmínkách daného roku s maximem v roce 2018, kdy koncentrace BSK₅ byla 21,2 mg.l⁻¹; NL₁₀₅ 69,3 mg.l⁻¹; chlorofyl-a 349,3 mg.l⁻¹. Koncentrace chlorofylu-a reprezentující množství biomasy v rybníce úzce souvisí s koncentrací nerozpuštěných látek a celkového fosforu, protože rozpuštěné sloučeniny P se vázaly na abiotické částice a byly zabudovány do biomasy fytoplanktonu.

5.2. Lužnice a vliv rybníka Rožmberk

Na obr. č. 5.2.1 jsou zobrazeny vybrané chemické parametry vody v podélném profilu řeky Lužnice se značným koncentračním skokem po průtoku řeky Lužnice rybníkem Rožmberkem. Z grafu je tedy zřejmé, že rybník Rožmberk je významným článkem ovlivňující kvalitu vody řeky Lužnice.

Vysoké koncentrace celkového fosforu jsou pravděpodobně zapříčiněné vnitřním zatížením rybníka způsobeným historickou zátěží a rovněž podhodnocením vlivu Prostřední stoky odvádějící odlehčené odpadní vody z ČOV Třeboň (Duras a Potužák, 2012). Byly zjištěny značně vysoké koncentrace fosforu při srážkových úhrnech (už od 2 mm) z odlehčovací komory odtékající do Spolského potoka napájející Prostřední stoku (Duras, 2021). V roce 2019 jsou koncentrace fosforu ve srovnání s rokem 2020 vyšší, z důvodu velmi suchého roku, kdy se do popředí dostávaly procesy v rybníce oproti vlivu řeky Lužnice. Koncentrace celkového fosforu v porovnání s PO₄-P je trvale relativně vysoká. To vypovídá o efektivním zabudování PO₄-P do buněk fytoplanktonu a sorpční kapacitě abiotických částic ve vodě. Úzký vztah mezi celkovým fosforem a nerozpuštěnými látkami, tak i BSK₅ dokládá, že odsun fosforu z rybníka Rožmberk je svázán s množstvím nerozpuštěných látek (Potužák a Duras, 2012).

Sloučeniny dusíku navázané v sedimentu po mineralizaci organických látek přestupovaly do vodního sloupce, kde byly zabudovávány do biomasy fytoplanktonu (Potužák a Duras, 2015). Dusičnanový dusík se pravděpodobně nestal předmětem denitrifikačních procesů, ale byl využit biomasou fytoplanktonu. Zřejmě došlo i k fixaci vzdušného dusíku sinicemi, avšak tuto hypotézu nelze doložit adekvátními daty.



Obr. č. 5.2.1 Rožmberk – vybrané parametry v podélném profilu řeky Lužnice za období duben až září na příkladu dvou rozdílných let: velmi suchého roku 2019 a co do vodnosti normálního roku 2021 (data Povodí Vltavy, státní podnik)

5.3. Živinná bilance rybníka Rožmberk

Množství fosforu ve vodě rybníka Rožmberk v průběhu vegetační sezóny (IV.–IX.) bylo od 652,3 kg do 2 846,4 kg v roce 2021 a v roce 2020 od 770,9 kg do 3 380,1 kg. Obsah P se tedy v průběhu každé vegetační sezóny pohyboval v širokém rozmezí, a to v závislosti na variabilitě jeho koncentrace ve vodě. Hodnoty látkové bilance za rok 2020 jsou uvedeny v podkapitole 5.3.1. a za rok 2021 v podkapitole 5.3.2. v příslušných tabulkách. Hodnoty koncentrace sloučenin fosforu, které byly použity pro účely výpočtu bilance jsou uvedeny v příloze č. 8.3. a č. 8.4.

5.3.1 Živinná bilance rybníka Rožmberk za rok 2020

Tab. č. 5.3.1.1. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2020 při jednohorkovém hospodářském cyklu s teoretickou dobou zdržení vody během bilancovaného období 37,8 dne

	P_{celk} (kg)	P_{rozp} (kg)	P-PO₄ (kg)	N_{celk} (t)	TOC (t)	DOC (t)
<u>Odtok</u>						
Adolfka	1 360,3	281	132,2	19	168,2	113,9
Lužnice	17 108,6	2 705,4	1 392	192,2	1 660,9	1 019,2
Celkem	18 468,8	2 986,5	1 524,2	211,2	1 829,1	1 133,8
<u>Přítok</u>						
Lužnice (Stará řeka)	4 175,2	1 828,8	1 336,8	77,4	530,1	452,5
Prostřední stoka	2 908,6	1 161	835,1	40,4	337,7	248,1
rybník Vítek	8,6	1,2	0,5	0,2	1,7	1
Dolní u Smítky	29,3	12,3	8,2	0,7	5,7	5
Na Lipce	24,4	3,7	1,3	0,4	3,6	2
4. rybník R.A.B.	57,9	16,4	10,4	0,5	4,8	2,6
ČOV Třeboň	547,5	420,7	393,4			
Celkem	7 751,6	3 444,2	2 585,8	119,5	883,7	711,2
<u>Retence bilance přítok odtok (t)</u>						
Skutečná (t)	-10,72	0,46	1,06	-91,7	-945,4	-422,6
Potenciální (t)	2,86					
<u>Akvakultura ryby+krmivo (kg)</u>		<u>Bilance akvakultura</u>				
kapr 5 g. kg ⁻¹ P; obilí 3,15 g. kg ⁻¹ P	637+706	-69,8 kg				
kapr 7 g.kg ⁻¹ P, obilí 3,15 g. kg ⁻¹ P	891+706	185 kg				

Tab. 5.3.1.2. Rožmberk – hodnoty parametrů odtoku při výlovu rybníka v roce 2020

	P_{celk} (t)	P_{rozp} (t)	N_{celk} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
<u>Odtok</u>					
<u>Celkem</u>	3,36 t	0,084	16,62	1 008,58	703,23

Objem Rožmberka za bilancované období (1.12.2019–30.9.2020) bez vypouštění a napouštění byl 5,79 mil. m³. Teoretická doba zdržení byla vypočítána jako objem Rožmberka za bilancované období dělený průměrným denním úhrnem přitéklé vody, tj. 153 tis. m³ vody. Teoretická doba zdržení vody byla 37,8 dní a potenciální retence fosforu 37 % (Hejzlar a kol., 2006).

Během bilančního monitoringu v roce 2020 bylo zjištěné, že do rybníka Rožmberk přiteklo 79 195 tis. m³ vody a odteklo 52 466 tis. m³, což je o 51 % více vody, než přiteklo. Bylo zde několik nepodchycených zdrojů vody, a to přítok ze Zlaté stoky během výlovu a v roce 2020 byl rovněž loven rybník Káňov (odhadem 1,5 mil. m³ vody). Pravděpodobně je i možné, že došlo k systematické chybě v měření. Na základě tohoto faktu bylo provedeno vyrovnání hydrologické bilance přítoku, vzhledem k tomu, že látkový tok z rybníka by byl nadhodnocen a retence tudíž podhodnocena. Množství přitéklé vody bylo přepočteno tak, aby odpovídalo hodnotám odtoku vynásobením koeficientem 1,51 (odtok/přítok). Přepočet látkové bilance fosforu po vyrovnání hydrologické bilance zvýšením objemu přítoku, kdyby přiteklo stejné množství vody jako odteklo je uveden v tab. č. 5.3.1.3.

Tab. č. 5.3.1.3. Rožmberk – látková bilance fosforu po vyrovnání hydrologické bilance zvýšením objemu přítoku za rok 2020 (za předpokladu, že by přiteklo stejné množství vody jako oteklo)

	voda tis. m ³	P _{celk} (kg)	P _{rozp} (kg)	P-PO ₄ (kg)
Odtok				
<u>Celkem</u>	79 196	18 468,8	2 986,5	1 524,2
Přítok				
<u>Celkem</u>	52 466	7 751,6	3 444,2	2 585,8
Přítok fosforu při přepočtu na průtok koef. 1,51		11 938	5 304	3 982
Retence bilance přítok–odtok (kg)				
Skutečná (kg)		-6 531	2 317	2 458
Retence v %		-55	44	62
Potenciální (kg)		4 417,1		

Na základě výsledků lze konstatovat, že rybník v roce 2020 vykazoval negativní retenci, kdy oteklo o 55 % více fosforu (-6,5 t P), než se dostalo do rybníka s přítoky. Akvakultura na celkové bilanci tvořila ~1,2 %. Během výlovu oteklo značné množství fosforu, a to 3,36 t, z čehož pouhé 2,5 % bylo tvořeno fosforem rozpuštěným, což poukazuje na fakt, že velká část fosforu byla navázaná na nerozpuštěné látky. Celkem z rybníka oteklo včetně výlovu ~22 tun fosforu. Rozdíl mezi zjištěnou a potenciální retencí byl ~11 t fosforu. Rozpuštěný fosfor vykazoval pozitivní retenci, a to 44 % (zadržel 2,3 t), což bylo pravděpodobně způsobeno asimilací fytoplanktonem a navázáním na nerozpuštěné částice.

V roce 2020 bylo provedeno odbahnění loviště, kdy bylo odstraněno 3 600 m³ sedimentu. Odhadem bylo odstraněno se sedimentem 1,2 t fosforu, za předpokladu, že s každým 1 tis. m³ se odstraní 327,8 kg fosforu (výpočet viz. kap. 5.4.).

5.3.2. Živinná bilance rybníka Rožmberk za rok 2021

Tab. č. 5.3.2.1. Rožmberk – hodnoty látkové bilance za rok 2021 při jednohorkovém hospodářském cyklu s teoretickou dobou zdržení vody během bilancovaného období 22,3 dne

	P_{celk} (kg)	P_{rozp} (kg)	P-PO₄ (kg)	N_{celk} (t)	TOC (t)	DOC (t)
<u>Odtok</u>						
Adolfka	2 042,5	506,9	270,8	33,3	279,1	174,1
Lužnice	19 777	5 451,7	2 861	294,8	2 357,4	1 690,6
Celkem	21 819,5	5 958,6	3 131,8	328	2 636,5	1 864,7
<u>Přítok</u>						
Lužnice (Stará řeka)	6 856,5	2 795,2	2 054,6	156,7	940,3	801,3
Prostřední stoka	4 224,5	1 792,7	1 067,3	69,3	694,1	567,2
rybník Vítek	30,3	5,7	1,9	0,5	5,4	3,9
Dolní u Smítky	26,8	11,5	4,9	0,6	7,1	6
Na Lipce	20,7	5,2	1,5	0,4	3,3	2,4
4. rybník R.A.B.	47,2	16	6,9	0,5	3,5	2,7
ČOV Třeboň	285,2	191	142,7			
Celkem	11 491,2	4 817,2	3 279,9	228,1	1 653,7	1 383,5
<u>Retence bilance přítok odtok (t)</u>						
Skutečná (t)	-10,33	-1,14	0,15	-99,9	-982,8	-481,2
Potenciální (t)	3,67					
<u>Akvakultura ryby+krmivo (kg)</u>						
<u>Bilance akvakultura</u>						
kapr 5 g. kg ⁻¹ P; obilí 3,15 g. kg ⁻¹ P	637+706	-69,8 kg				
kapr 7 g.kg ⁻¹ P, obilí 3,15 g. kg ⁻¹ P	891+706	185 kg				

Tab. č. 5.3.2.2. Rožmberk – hodnoty parametrů odtoku při výlovu rybníka v roce 2021

	P_{celk} (t)	P_{rozp} (t)	N_{celk} (t)	NL₁₀₅ (t)	NL₅₅₀ (t)
<u>Odtok</u>					
Celkem	7,4	0,020	36,7	2 858,5	2 138,7

Objem vody Rožmberka za bilancované období bez vypouštění a napouštění (17.11.2020–25.9.2021) byl 5,79 mil. m³. Teoretická doba zdržení vody 22,3 dnů (objem vody Rožmberka dělený průměrným denním průtokem, tj. 259,5 tis. m³) a potenciální retence P odpovídala 32 %.

Během bilančního monitoringu odteklo z rybníka ~126 500 tis. m³ vody a přiteklo ~98 403 tis. m³, z čehož vyplývá, že odteklo o 29 % více než přiteklo. Za předpokladu využití těchto hodnot průtoků by byl látkový odtok z rybníka nadhodnocen a retence podhodnocena. Z tohoto důvodu bylo provedeno vyrovnání hydrologické bilance zvýšením objemu přítoku za použití koeficientu 1,29 (odtok/přítok), podobně jako to bylo provedeno pro rok 2020. Propočet po vyrovnání hydrologické bilance zvýšením objemu přítoku, tj. kdyby přiteklo stejné množství vody jako odteklo, je uveden v tab. č. 5.3.2.3.

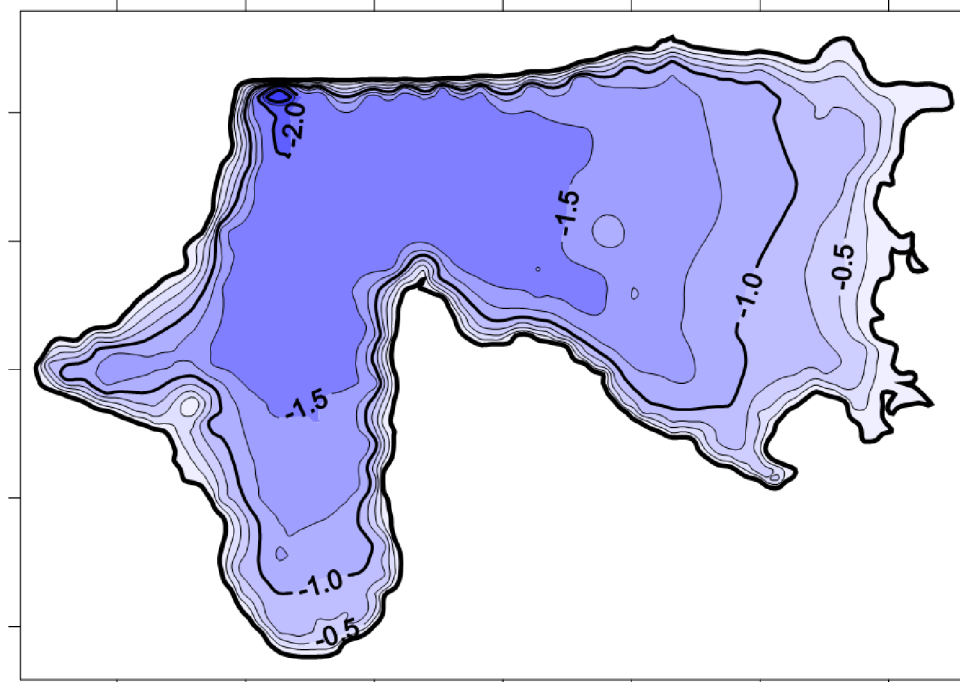
Tab. č. 5.3.2.3. Rožmberk – látková bilance fosforu po vyrovnání hydrologické bilance zvýšením objemu přítoku za rok 2021 (za předpokladu, že by přiteklo stejné množství vody jako odteklo)

	voda tis. m ³	P _{celk} (kg)	P _{rozp} (kg)	P-PO ₄ (kg)
Odtok				
<u>Celkem</u>	126 521	21 819	5 959	3 123
Přítok				
<u>Celkem</u>	98 403	11 491,2	3 279,9	3 137
Přítok fosforu při přepočtu na průtok koef. 1,29		14 775	6 194	4 217
Retence bilance přítok–odtok (kg)				
Skutečná (kg)		-7 045	235	1 085
Retence v %		-48	4	26
Potenciální (kg)		4 727,9		

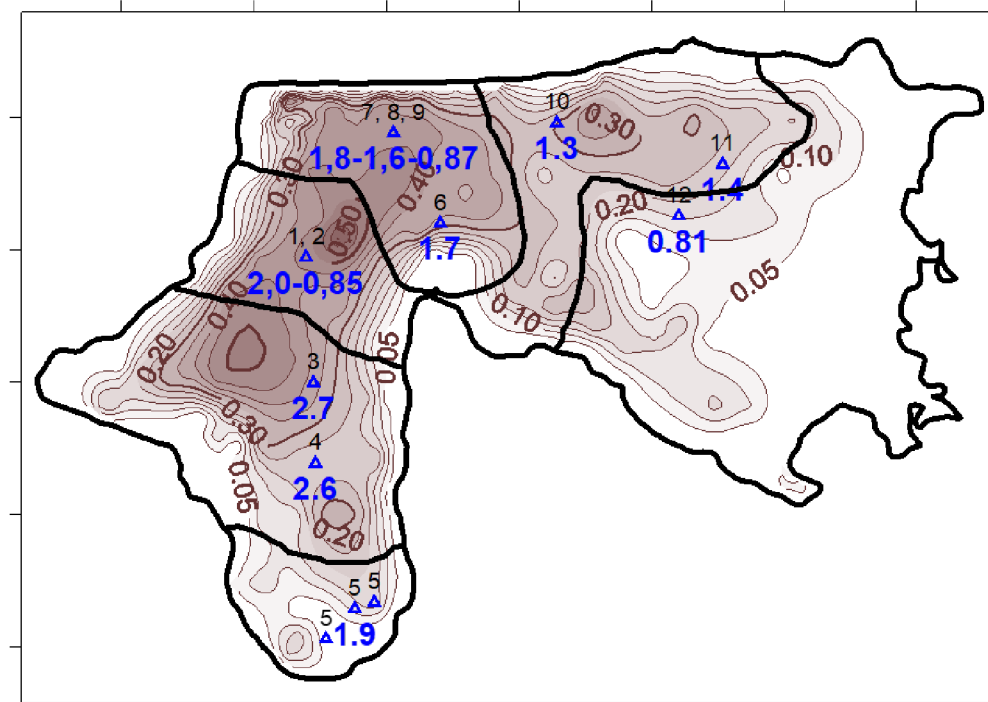
Na základě výsledků, získaných bilančním monitoringem v roce 2021, vykazoval rybník Rožmberk negativní bilanci, kdy z rybníka odteklo o 48 % více fosforu, než přiteklo, tj. ~7 t. Rozdíl mezi reálnou a potenciální retencí činil téměř 12 t fosforu. Rozpuštěná forma fosforu byla z velké části navázaná na biomasu fytoplanktonu, a tudíž vyšla pozitivní retence. Během výlovu odteklo 7,4 t fosforu, z toho 0,27 % bylo v rozpuštěné formě. Celkem z rybníka Rožmberk odteklo včetně výlovu 21,8 t fosforu.

V roce 2021 bylo provedeno odbahnění loviště rybníka Rožmberk, kdy bylo odstraněno 3 600 m³ sedimentu, který obsahoval ~1,2 t fosforu (výpočet viz. kap. 5.4.)

5.4. Průzkum sedimentů



Obr. 5.4.1. Rybník Rožmberk – batymetrická mapa rybníka podle výsledků terénního měření v září a říjnu 2021. Údaje v metrech.



Obr. 5.4.2. Rybník Rožmberk – mocnosti sedimentu a obsah fosforu. Hnědá čísla udávají průměrnou mocnost sedimentu v metrech. Modrá čísla obsah fosforu g na kg sušiny. Černá čísla označují místo odběru a číselné označení vzorku sedimentu (celkem 12 vzorků sedimentu). Černé čáry vyznačují rozdělení plochy dna na oblasti se sedimentem podobných vlastností pro účely propočtu obsahu P.

Na obr. č 5.4.1. je vyobrazena batymetrická mapa s průměrnými hloubkami vody v rybníce. Průměrná hloubka rybníka je cca 1,2 m s maximem u výpustného zařízení (~4 m), kde je pravidelně odsáváno sacím bagrem. Na obr. č. 5.4.2. jsou na mapě zobrazeny mocnosti sedimentu a obsah fosforu. Celkem se v rybníce Rožmberk nachází podle výpočtů naměřených dat ~697 000 m³ sedimentu, který obsahuje ~264,2 t fosforu. Množství fosforu obsaženého v sedimentu byl vypočítán následovně: plocha dna byla rozdělena na homogenní oblasti, co se týče charakteru sedimentu (Obr. 5.4.2.) tak, aby ke každé oblasti bylo možné přiřadit výsledky analýzy odebraných vzorků viz. tab. 5.4.1. (pro jednu nebo dvě vrstvy).

Tab. č. 5.4.1. Rožmberk – výsledky analýzy sedimentu odebrané v rámci průzkumu sedimentů na podzim 2021

Číslo vzorku	Odebíraná vrstva (cm)	Sušina (%)	ZŽ (% suš.)	P-celk. (mg. kg ⁻¹ sušiny)	Skelet 2-4 mm (%)	Skelet >4 mm (%)
1	0–35	14,9	24	2000	<0,1	<0,1
2	šedý jíl	39,2	17	850		
3	0–35	16,3	26	2700	<0,1	<0,1
4	0–20	18,7	27	2600	<0,1	<0,1
5	0–15	25	22	1900	<0,1	<0,1
6	33	17,2	23	1700	1,1	<0,1
7	0–20	12,3	25	1800	<0,1	<0,1
8	20–40	17,1	22	1600	<0,1	<0,1
9	40–60	29,8	18	870		
10	0–30	18,1	19	1300	<0,1	<0,1
11	0–20	21,1	15	1400	<0,1	<0,1
12	0–16	41,5	5,1	810	0,5	<0,1

pozn. čísla vzorků jsou provázána s obr. č. 5.4.2.

Porovnáme-li oblast Rožmberka, kde přitéká řeka Lužnice, se zátokou napájenou Prostřední stokou, kam byly i v minulosti zaústěny odpadní vody z velkochovu prasat (R.A.B.) a kam i ústí odpadní vody z ČOV Třeboň, je vidět, že vyšší mocnosti sedimentu, se nachází v zátoce Prostřední stoky. Tento sediment je zároveň velmi bohatý fosforem. V oblasti přilehlé k ústí Lužnice převažoval písčité sediment ještě v hloubkách 1 m pod hladinou, protože jeho jemná a snadno resuspendovatelná frakce byla transportována proudem přitékající vody dále ke hrázi. Prostor oblasti loviště nebyl tak zanesený sedimentem, jak by se očekávalo, vzhledem k nedávno (několik týdnů) provedenému odsátí sedimentu sacím bagrem před realizací průzkumu na podzim 2021. V příloze č. 8.1. a 8.2. jsou fotografie vzorků sedimentů odebraných píchanou sondou a jádrovým gravitačním odběrákem.

6. Diskuse

Jakost vody v Rožmberku odpovídá vysoce eutrofnímu až hypertrofnímu rybníku (OECD, 1982), kde koncentrace sloučenin fosforu jsou zřetelně vyšší než ve vodě přítoků, zejména hlavního přítoku, tedy Lužnice. V rybníce je generováno velké množství organických látek a velká biomasa fytoplanktonu, což představuje významný vliv na ekosystém Lužnice pod rybníkem. Vzhledem k faktu, že Lužnice je jedním z hlavních přítoků Vltavy, tak se nejedná pouze o zhoršování kvality vody v Lužnici, ale i ovlivnění kvality vody ve VN Orlík.

Trend vývoje jakosti vody neodpovídá očekávání, že po ukončení masivního vstupu znečištění z velkovýkrmný prasat R.A.B a ČOV Třeboň se bude jakost vody v rybníce zlepšovat. Podle dosavadních výsledků se zdá, že v suchých letech je jakost vody v Rožmberku horší (vyšší koncentrace P, chlorofylu-a, organických látek). V suchých letech se obecně v rybnících více uplatňují vnitřní procesy oproti vlivu přítoků. Chování rybníka Rožmberk během suchých let je jasnou známkou vnitřního zatížení fosforem, který se uvolňuje ze sedimentů a podporuje rozvoj fytoplanktonu (Borovec a kol., 2012).

Ve vodě rybníka Rožmberk se během vegetační sezóny 2020 nacházelo ~771 až 3 380 kg fosforu, v roce 2021 ~652 až 2 846 kg fosforu, což znamená poměrně velkou zásobu fosforu. Tato zásoba ovšem představuje, zejména při vysoké průtočnosti Rožmberka, značné eutrofizační riziko pro povodí níže, tedy pro vodní nádrž Orlík (Sweco a Aquatis, 2021). Právě pro VN Orlík byla stanovena žádoucí koncentrace fosforu na všech jeho přítocích, a to 0,06 mg. l⁻¹ P (Duras a Potužák, 2013). Při zvýšeném průtoku vody se může během několika málo dnů veškerá voda s nahromaděným P dát do pohybu. Vzhledem k vodní nádrži Orlík je riziko o to větší, že se jedná o teplou vodu s bohatým inokulem sinic a tato voda se zařadí do horních vrstev vody v nádrži, kterou tak obohatí fosforem a podpoří zde rozvoj sinicových vodních květů (Potužák a kol., 2017).

Na základě výsledků z přechozích let 2010–2014, kdy byl proveden propočítávková bilance (Potužák a Duras, 2015; data Povodí Vltavy), se situace na rybníce příliš nezměnila. Rybník v roce 2020 a 2021 stále vykazoval negativní retenci fosforu. Rybník se pravděpodobně stále vyrovnává s vnitřními zásobami fosforu, kdy byl několik dekád zásobován, jak velkovýkrmnou prasat R.A.B, tak i OV z ČOV Třeboň (Potužák a

Duras.,2015). Při výpočtu látkových bilancí je důležité, jaký přístup k výpočtu bude zvolen (Knösche a kol., 2000; Hejzlar a kol., 2006)

Dle dat státního podniku Povodí Vltavy, tak i studie Potužáka a Durase (2015); Potužáka a kol. (2013;2014) byl proveden propočet látkové v letech 2010–2014. V rámci dvouhorkových hospodaření v letech 2009–2010 a 2011–2012 rybník vykazoval negativní retenci, kdy uvolnil ~1,77–1,86 t oproti přítoku mimo rok 2011, kdy rybník nebyl loven a vykazoval pozitivní retenci, a to 0,8 t fosforu. Vstup fosforu mezi rokem 2010 a 2012 klesl o 85 % z důvodu zastavení provozu velkovýkrmny a renovace ČOV Třeboň. Rok 2013 a 2014 byl hospodařen na jedno horko, oba tyto roky byly v negativní retenci, a to -2,26 a -4,5 t fosforu. Dle Potužáka a Durase (2015) byly zvýšené hodnoty způsobené omezením vstupu fosforu přítoky, čímž poklesl obsah fosforu ve vodě a následným vlivem rovnovážných reakcí na úrovni sediment/voda uvolňováním fosforu ze sedimentu. Hodnoty bilance fosforu při jednohorkovém hospodaření v roce 2014 s průměrnou HRT 30 dní byly oproti dvouhorkovým cyklům, s HRT 16–24 dní na dvojnásobných hodnotách z důvodu prodloužení doby zdržení vody a uplatnění vnitřních procesů v rybníce.

Oproti tomu v roce 2020 a 2021 rybník Rožmberk uvolnil 7,2–7,3 t (-50 až -66 %) fosforu oproti přítoku s teoretickou dobou zdržení 38 a 22 dnů. Rok 2020 byl hydrologicky podprůměrný oproti roku 2021 co se týče vodnosti normálního roku. Z dostupných dat nelze jednoznačně rozhodnout/určit příčinu, z jakého důvodu jsou koncentrace fosforu oproti předchozím rokům o čtvrtinu až třetinu vyšší. V roce 2020 s prodlouženou dobou zdržení vody se do popředí dostávaly děje, odehrávající se v rybníce, zejména přestup fosforu ze sedimentu do vodního sloupce, oproti vlivu řeky Lužnice, jakožto hlavnímu zdroji fosforu pro rybník Rožmberk.

Při porovnání skutečné retence s potenciální je rozdíl markantní, kdy z rybníka oteklo téměř o 11,5–12 tun fosforu více, než měl rybník potenciálně zadržet. Pokud bychom z celkové bilance odečetli emise P při výlovech (3,36 t a 7,4 t P), rybník by i tak vykazoval negativní retenci. Ani v předchozích letech (2010–2014) by odečet emise P při výlovech nedostal retenci do pozitivních hodnot. Formy rozpuštěného fosforu a P-PO₄ vykazovaly pozitivní retenci, z čehož vyplývá, že byly asimilovávány biomasou fytoplanktonu a adsorbovány na nerozpuštěné částice, což uvádí ve svých pracích i Potužák s Durasem (2015), Potužák a kol. (2013;2014). Dle Durase a kol. (2015a) se

kvalita vody a tím i obsah fosforu v Rožmberku liší i prostorově, kde se kvalita vody u hráze vyrovnává a rovněž závisí na počasí a vodnosti přítoku.

Během bilančního monitoringu v letech 2020–2021 z rybníka Rožmberk oteklo o 29–51 % vody více než přiteklo. Na základě tohoto faktu, bylo nutné provést korekci hydrologické bilance, tj. stejné množství vody oteklo jako přiteklo. Za předpokladu, že by bilance byla počítána s přítoky bez korekce hydrologické bilance, nastala by situace, kdy by látkový odtok byl nadhodnocen a retence tudíž podhodnocena. Možností, které by mohly zvýšit odtok oproti přítoku je několik. Vstup vody ze Zlaté stoky během výlovů, k němuž ale dochází jen v průběhu cca 5 dní, po které výlov trvá, a tak by neměla být výrazněji ovlivněna celoroční vodní bilance. Vstup z rybníka Káňov během vegetační sezóny je pravděpodobně nulový i během vodných let, protože nadbytek vody normálně z rybníka Káňov odtéká do Zlaté stoky a nikoli do Rožmberka. Po výlovu Rožmberka tudý proteče každý druhý rok ještě objem celého rybníka Káňov (zhruba 1,5 mil. m³). To je sice relativně hodně, ale v letech 2020 a 2021 oteklo z Rožmberka vždy zhruba o 28–29 mil. m³ více, a tak velký přebytek nevysvětlí ani vstup odpadní vody z ČOV Třeboň. V hydrologicky normálním roce 2020 byl rozdíl odtoku proti přítoku mírně větší, ačkoli by se předpokládalo, že se v letním období z hladiny rybníka více odpařilo, než na hladinu spadlo. Z ČOV Třeboň a drobných přítoků bylo přiteklé vody také minimum ve srovnání s poměrně vodným rokem 2021 (rozdíl 9,2 %).

Na základě těchto informací lze usoudit, že vody na odtoku je daleko více, než kolik by diskutovaná navýšení mohla představovat, takže je pravděpodobná nějaká systematická chyba v měření, a to buď na přítocích nebo na odtocích. Na Prostřední stoce bylo měření s aktuální konzumpční křivkou. Na Lužnici u Staré Hlíny byla konzumpční křivka spočítána na základě měření průtoku Flow Trackerem v letech 2019–2020 a podle údajů měření výšky hladiny poskytnuté MěÚ Třeboň s tím, že měření bylo stabilní a nebyly zaznamenány žádné závady. Propočítání na obou profilech bylo provedeno podle dat pořizovaných a online přenášených v desetiminutových intervalech. Na odtoku Lužnice Adolfkou bylo prováděno měření průtoku v intervalu 14 dnů, což mohlo představovat prostor pro nepodchycené vodní stavy. Odtok hlavní výpustí Lužnice je sledován limnigrafem s vysokou hustotou odečtu výsledků (desetiminutové intervaly). Jedná se ovšem o měrný profil, který nebyl vlastními měřeními průtoků kontrolován.

Bylo by vhodné, aby státním podnikem Povodí Vltavy bylo provedeno prověření konzumpční křivky pro limnigraf na odtoku Lužnice hlavní výpustí a obecně prověření vodní bilance rybníka Rožmberk. Dále by bylo vhodné se věnovat příčině rozdílu vyššího množství fosforu zjištěného výpočtem látkové bilance v rámci této diplomové práce oproti předchozím rokům, ve kterých byl rovněž proveden výpočet látkové bilance (2010–2014).

Situace na Rožmberku může být porovnávána pouze s jedním rybníkem, na němž byl proveden propočet látkové bilance, a to s rybníkem Horusický. Rybník Horusický byl podroben bilančnímu monitoringu během dvouhorkového hospodářského cyklu 2016–2017. Rybní Horusický, stejně jako Rožmberk je v hypertrofním stavu. Rybník vykazoval negativní retenci fosforu, bez započítání výlovu a akvakultury, kdy oteklo oproti přítoku ~2,2 t P (-77 %). Bilance rybářského hospodaření s RKK 1,5 by byla vyrovnaná jako u Rožmberka, za předpokladu že by rybník nebyl hnojen. Rovněž zde bylo prováděno odsátí loviště sacím bagrem, kdy se odstranilo ~4 123 m³ sedimentu obsahující ~1,22 t fosforu odpovídající cca množství fosforu vloženého s hnojením (Duras a kol., 2018).

V rámci bilančních hodnocení rybníka Rožmberk bylo důležité hodnotit celý produkční cyklus včetně započítání výlovů. Během výlovu se kvalita vody odtékající z rybníka značně zhoršuje, což uvádí řada autorů (Mišíková a kol., 2012; Banas a kol., 2008; Mondeková, 2020). Výlov byl a je významným článkem při výpočtu bilance v důsledku množství fosforu, které odtéká z rybníka (Potužák a Duras, 2018). Monitoring na odtoku z rybníka při výlovu je velmi obtížný a může být při své vysoké proměnlivosti zatížen velkou chybou (Mondeková, 2020).

Odsávání bahna před výlovem se nezdá, že by mělo zásadní vliv na únik sedimentu a fosforu během výlovu. Pro spolehlivé zhodnocení je potřeba se tomuto tématu věnovat více do hloubky. Vzhledem k limnigrafu nacházející se na řece Lužnice pod hrázi Rožmberka by bylo možné realizovat podrobnější vzorkování namísto aktuálně využívaného 24 h. směsného vzorku. V roce 2021 byly zaznamenány extrémně vysoké koncentrace P (65 mg. l⁻¹), které daleko převyšují i obsah P v ČOV bez technologie srážení P. Nelze vyloučit, že vzorek byl zatížen nějakou chybou (pravděpodobně zahlcení nasávací části automatického vzorkovače bahnem), takže následně pak došlo k nadhodnocení odnosu látek.

Při výloveh v letech 2010–2014 odtéklo celkem 1,3–4,5 t fosforu z toho 0,0081–0,178 t fosforu rozpuštěného. Nejvyšší množství fosforu odtéklo v roce 2010, kdy byl rybník hospodařen na tzv. dvě horka. Výlov tvořil 10–15 % celkového odtoku fosforu. Ve srovnání s roky 2020–2021, kdy odtéklo 3,36 t a 7,4 t fosforu, z toho 0,084 a 0,020 t fosforu rozpuštěného. Z velké části byl fosfor navázaný na nerozpuštěné částice, z čehož vyplynulo, že eutrofizačně potenciálního fosforu bylo zanedbatelné množství. Tyto částice (resuspendovaný sediment), ale představují riziko ne hned při odtoku vody do Lužnice, ale především po jejich další sedimentaci v nějaké vodní nádrži nebo v klidné vodě nadjezí, kdy může docházet k rychlému uvolnění navázaného fosforu při změnách hodnoty pH, oxidoredukčních poměrů nebo při mikrobiální mineralizaci (Kopáček a kol., 2021).

Podíl rybářského hospodaření na celkové bilanci za roky 2010–2014 nepřesahoval hranici 5 % (Potužák a Duras, 2018). Vzhledem k značné průtočnosti rybníka Rožmberk a tím i neschopnosti rozvoje hrubého dafniového zooplanktonu není ideální pro chov kapra (Potužák a Duras, 2012). V letech 2020–2021 byla situace s rybářským hospodařením podobná, kdy mělo na celkovou bilanci zanedbatelný vliv (~1,2 %). Za předpokladu, že RKK nepřesáhne hodnotu 2 (na 1 kg přírůstek je potřeba 2 kg krmiva), tak fosfor vložený do rybníka v krmivu je zpět vyloven v biomase ryb, pokud neuvažujeme hnojení (Potužák a Duras, 2018). Relativní krmný koeficient se na rybníce Rožmberk pohyboval od roku 2010–2021 od 1,5–2,7 (Rybářství Třeboň a.s.).

Každoročně je do rybníka Rožmberk vloženo ~0,5–1 t P v krmivu, což je při vztažení na plochu (424 ha) ve srovnání s jinými rybníky i s přísunem přítoky nízká dávka. Hnojení rybníka nebylo prováděno. Bilance rybářského hospodaření byla v zásadě vyrovnaná, jak v předchozích bilancovaných letech, tak i v roce 2020 a 2021. Dle Hlaváče a kol., (2012) je fosfor obsažený v obilninách při vyváženém krmném koeficientu v polointenzivním chovu ryb přeměněn v biomase ryb téměř beze zbytku. Podstatným problémem je, kolik fosforu kapr obsahuje, kde se hodnoty pohybují od 5 g. kg⁻¹ P (Duras a kol., 2015), 7 g. kg⁻¹ (Junga a kol., 2015) či dokonce 8,4 g. kg⁻¹ (Hlaváč a kol., 2012). Hodnoty fosforu v krmivu, tj. v obilí se uvádí pro žito 3,3 g. kg⁻¹ (Šimánek, 2015) a pro pšenici 3 g. kg⁻¹ (Jirásek a kol., 2015). Rozdíl těchto hodnot, zejména zvolený obsah P v biomase kapra, při výpočtech je znatelný, protože snadno se pak dosáhne či nedosáhne vyrovnané bilance fosforu. V případě rybníka Rožmberk ale nemá příliš smysl

se touto otázkou zabývat, protože podíl vstupů z rybářského hospodaření je velmi nízký a celkovou živinovou bilanci významněji neovlivňuje.

V rámci průzkumu sedimentu na podzim 2021 bylo zjištěno, že v rybníce Rožmberk bylo obsaženo ~670 000 m³ sedimentu, který obsahoval asi 264 t fosforu. To je obrovská zásoba podílející se na vnitřních dějích v rybníce, jako je právě uvolňování do vodního sloupce vlivem rovnovážných reakcí (Borovec a kol.,2012). Při snížení obsahu fosforu, vyplavením zvýšenými průtoky, došlo v sezóně 2020 i 2021 k rychlému doplnění fosforu přestupem ze sedimentu – zvýšené koncentrace P v grafech sezónního průběhu (Obr. 5.1.1.). Vzhledem k tomu, že každý rok odejde několik tun P z rybníka, je zde teoretická zásoba na minimálně 30 let. Množství fosforu obsažené v sedimentu je nejenom značná hrozba pro VN Orlík, ale rovněž i příležitost pro znovuvyužití, tj. recyklaci živin. Recyklace rybníčních sedimentů na zemědělskou půdu za využití geotextilních vaků byla realizována na rybníce Horusický. Autoři dospěli k názoru, že hnojení rybníčními sedimenty namísto využití průmyslových hnojiv je investicí do budoucna. Rovněž se ukázalo, že tento recyklovaný sediment je významnějším zdrojem živin oproti orné půdě (Baxa a kol.,2017). Otázkou sedimentu a fosforu je potřeba se zabývat nejen z pohledu welfare ryb či kvality vody, ale také vzhledem k jeho obecnému nedostatku na Zemi, kdy byl fosfor zařazen EU mezi 20 surovin u kterých hrozí jejich nedostatek (Critical materials, European Commission, 2020).

V roce 2020 i 2021 bylo odsáto 3 600 m³ sedimentu v oblasti loviště Rožmberka, čímž bylo odstraněno ~1,2 tun fosforu za rok. Tento vytěžený sediment byl následně určen k odvodnění do lagun s následným využitím pro zemědělskou půdu, po provedení potřebných analýz a rozborů. Dle Potužáka a Durase (2018) je při odbahňování loviště rybníka sacím bagrem nutné zahrnout i tento výstup do celkové bilance. Tento výstup fosforu v podobě odtěžení sedimentu je jisté plus a mělo by se podporovat a rozvíjet, ale z pohledu celé bilance rybníka Rožmberk je to zanedbatelné množství fosforu. Za předpokladu, že aktuálně se na rybníce Rožmberk pohybujeme okolo 670 000 m³ sedimentu (podzim 2021) s frekvencí odsávání 3 600 m³ za rok, tak by veškeré odstranění sedimentu trvalo 186 let. Dále monitoringem rybníka nemohou být podchyceny epizodické události, které přinášejí velké dávky erozního materiálu, takže objem bahna je zřejmě ve velkém stále doplňován z povodí. Výsledky průzkumu sedimentů jsou významným přínosem z pohledu vývoje kvality vody v Rožmberku. Na základě získaných dat, je zřejmé, že rybník Rožmberk se bez těžby neobejde.

7. Závěr

- Kvalita vody v rybníce Rožmberk odpovídá eutrofnímu až hypertrofnímu stavu.
- Očekávalo se zlepšení stavu kvality vody, po eliminaci zdrojů znečištění, avšak tato situace nenastala. Naopak došlo ke zvýšení množství fosforu ve vodě, zejména v suchých letech, způsobené vypořádáním se rybníka s vlastní starou ekologickou zátěží.
- Živinová bilance rybníka Rožmberk v roce 2020 a 2021 odpovídala hodnotám negativní retence, kdy z rybníka odteklo více fosforu, než přiteklo.
- Ve srovnání s roky předchozími (2010–2014), kdy rybník také vykazoval negativní retenci, mimo rok 2011, jsou hodnoty celkového bilancovaného množství fosforu o čtvrtinu až třetinu vyšší.
- V rybníce Rožmberk bylo zjištěno velké množství sedimentu se značnou zásobou fosforu. Rožmberk se bez těžby sedimentu neobejde.
- Na základě výsledků je zřejmé, že rybník Rožmberk je významným článkem ovlivňující kvalitu vody v řece Lužnici a je potenciálním zdrojem fosforu pro VN Orlík.
- Bylo by vhodné provést tato opatření: prověření limnigrafu na řece Lužnici pod hrází Rožmberka, zlepšení monitoringu výlovů, do monitorovat epizodické vstupy odlehčení z Třeboně, rozšířit odsávání sedimentu vybudováním dalších odvodňovacích lagun na území katastru rybníka.
- Možným řešením je i částečné odtěžení sedimentu na sucho bagrem, a to zejména fosforem nejbohatší části v zátocě Prostřední stoky. Za předpokladu neprovedení tohoto odbahnění se situace v Rožmberku nijak zvlášť nezlepší a rybník Rožmberk nebude fungovat, jak má, tedy zadržovat přes 30 % všeho P, který se do něj dostane z povodí.

8. Přehled použité literatury

Banas D., Masson G., Leglize L., Usseglio-Polatera, P., Boyd, C. E., 2008. Assessment of sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France, *Enviro. Pollution* (152) 679–685.

Baxa, M., Baxová Chmelová, I., Benedová, Z., Duras, J., Hrubec, R., Kröpfelová, L., Novotný, O., Pokorný, J., Potužák, J., Svoboda, T., Šulcová, J., 2017. Technologický postup recyklace živin z rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru, integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí. Certifikovaná metodika, Třeboň: ENKI, o.p.s.

Bíró P., 1995. Management of pond ecosystems and trophic webs. *Aquaculture* 129 (1–4): 373–386.

Borovec, J., Jan, J., Hejzlar, J., Krása, J., Rosendorf, P., 2012. Eutrofizační potenciál erozních částic v nádržích. Konference vodní nádrže, 26–27. září, 2012, Brno: Povodí Moravy, 135 s. (57–61 s.)

Bru&Kils, Stavba čtvrtstoletí. Stavba čtvrtstoletí [online]. Dostupné z: <https://www.stavbactvrtstoleti.cz/detail-stavby/14>

Cassia Development & Consulting, s.r.o., 2013. Třeboň lokalita vhodná pro život. Zadavatel: Město Třeboň, 84 s. Tato studie byla zpracována v rámci projektu Města v rozletu, podpořeného z Programu Evropská územní spolupráce Rakousko–Česká republika 2007–2013, financovaného z ERRDF.

Cooke, G.D., Welch, E.B., Peterson, S.A., Newroth, P.R., 1993. Restoration and management of lakes and reservoirs, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Correll, D. L., 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of environmental quality*, 27(2), 261–266.

ČSN 75 6262. Odlehčovací komory. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019, 60 s. Třídící znak 75 6262.

Critical raw materials. European Commission, 2020 [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en.

Duras, J. 2021. Lovci tornád po česku. *Limnologické noviny* 2021(2): 2–12.

Duras, J., Potužák, J., 2013. Rybníky–účinný nástroj pro recyklaci živin v krajině. Sborník referátů, konference chov ryb a kvalita vody II., České Budějovice, 21.–22. února 2013 s. 98, ISBN: 978–80–87699–02–7.

Duras, J., Potužák, J., Marcel, M., 2015. Rybníky – producenti, či příjemci znečištění? In: Urbánek, M., (Edit), 3. ročník odborné konference: 19.–20. února 2015, České Budějovice, Česká republika. České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky. ISBN: 978–80–87699–04–1.

Duras, J., Potužák, J., Marcel, M., Pechar, L., 2015a. Rybníky a jakost vody. Vodní hospodářství 07/2015, s. 56.

Duras, J., Potužák, J., Kropfelová, L., Šulcová, J., Benedová, Z., Baxa, M., 2018. Horusický rybník a jeho látková bilance. Konference Rybníky 14–15.6. 2018.

Dykyjová, D., 2000. Třeboňsko–příroda a člověk v krajině pětileté růže. Nakladatel Carpio. ISBN 80–901945–8–3, 111 s.

Fiala, D., Rosendorf, P., 2010. Plošné zdroje fosforu v povodí VN Orlík a její eutrofizace. Vodní hospodářství 7/2010.

Glibert, P. M., Seitzinger, S., Heil, C. A., Burkholder, J. M., Parrow, M. W., Codispoti, L. A., & Kelly, V., 2005. Eutrophication. Oceanography, 18(2), 198.

Harper, D., 1992. Eutrophication of Freshwaters, doi:10.1007/978–94–011–3082–0

Hecky, R.E., Kilham, P., 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: a review of recent evidence on the effects of enrichment. Limnology and Oceanography 33, 796± 822.

Hejzlar J., Duras J., Komárková J., Turek J., Žaloudík J., 2007. Vodárenská nádrž Mostišť: Vyhodnocení monitoringu nádrže a povodí 2006. Biologické centrum AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav. České Budějovice.

Hejzlar, J., Šámalová, K., Boers, K., Kronvang, B., 2006. Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. Water Air Soil Pollut Focus 6, s. 487–494.

Hejzlar, J., Znachor, P., Sobolíková, Z., Rohlík, V., 2015. Vysoká eutrofizační účinnost fosforu původem z odpadních vod v nádrži Lipno. Konference vodní nádrže, 6.–7. říjen, 2015. Brno: Povodí Moravy, 182 s. (81–97 s.)

Hlaváč, D., Hartman, P., Adámek, Z., Másílko, J., Bláha, M., Pechar, L., Baxa, M., 2013. Vliv příkrmování kapra obilnými krmivými na kvalitu vody a bilanci živin. Sborník referátů Chov ryb a kvalita vody II., České Budějovice 21.-22.2.2013, ISBN: 978-80-87699-02-7.

Horáková, M., A., Grünwald, Lischke, P., 1986. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. Praha: SNTL.

Howarth, R.W., Sharpley, A., Walker, D., 2002. Sources of nutrient pollution to coastal waters in the United States: Implications for achieving coastal water quality goals. *Estuaries* 25:656–676.

Hule, M., 2012. Z dějin našeho rybníkářství. In: Urbánek, M. (Ed.), *Naše rybníkářství České Budějovice: Rybníkářské sdružení České republiky*, 2012. ISBN 978–80–260–2657–0.

Informativní počty obyvatel v obcích – Ministerstvo vnitra České republiky. Úvodní strana – Ministerstvo vnitra České republiky [online]. Copyright © 2021 Ministerstvo vnitra České republiky, všechna práva vyhrazena [cit. 29.12.2021]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/informativni-pocty-obyvatel-v-obcich.aspx>

Istvánovics, V., 2009. Eutrophication of Lakes and Reservoirs. *Encyclopedia of Inland Waters*, 157–165. doi:10.1016/b978-012370626-3.00141-1.

Jan, J., Borovec, J., Kopáček, J., Hejzlar, J., 2015. Assessment of phosphorus associated with Fe and Al (hydr)oxides in sediments and soils. *Journal of Soils and Sediments*, 15(7), 1620–1629. doi:10.1007/s11368-015-1119-1.

Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-832-0.

Jones, R. A., Lee, G. F., 1986. Eutrophication modeling for water quality management: an update of the Vollenweider–OECD model. *World Health Organization Water Quality Bulletin*, 11(2), 67–74.

Junga, P., Vítěz, T., Vítězová, M., Geršl, M., 2015. *Technika pro zpracování odpadů II.*, Mendelova univerzita, SBN 978-80-7509-208-3.

Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H., 2000. Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. *Fisheries Manag. and Ecology* 7:1522.

Kopáček J., Brzáková M., Hejzlar J., Nedoma J., Porcal P., Vrba J., 2004. Nutrient cycling in a strongly acidified mesotrophic lake. *Limnology and Oceanography* 49: 1202–1213.

Kopáček, J., Hejzlar, J., Rulík, M., 2021. *Voda na zemi*. Nakladatelství Jihočeské univerzity. ISBN 9788073948344, 399 s.

Krásá, J., Janotová, B., Bauer, M., Dostál, T., Rosendorf, P., Hejzlar, J., Borovec, J., 2012. Zdroje splavenin v povodích a jejich eutrofizační potenciál. *Konference vodní nádrže*, 26–27. září, 2012, Brno: Povodí Moravy, 135 s.

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, certifikovaná metodika pro praxi. Vydalo ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2013 ISBN: 978–80–01–05428–4.

Mikšíková, K., Dostál, T., Vrána, K., Rosendorf, P., 2012. Transport sedimentu a fosforu při výlovu malých vodních nádrží. *Vodní hospodářství* (6), s. 203–208.

Mondeková, A., 2020. Zlepšení kvality vody při výlovech rybníků pomocí flokulantů. *Bakalářská práce. Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita*, s. 99.

Mortimer, C.H., 1971. Chemical exchanges between sediments and water in the great lakes—speculations on probable regulatory mechanisms. *Limnology and Oceanography*, 16, 387–404. DOI:10.4319/LO.1971.16.2.0387.

Newbold, J.D., Jerry, W., Elwood, O'Neill, R.V., Van Winkle, W., 1981. Measuring Nutrient Spiralling in Streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 38(7): 860–863. <https://doi.org/10.1139/f81-114>.

Novotný, J., 1927. Jihočeské rybníky. Nákl. vlastním. 93 s.

OECD, Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control, 1982. Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development, 154 s.

Orihel, D.M., Baulch, H.M., Casson, N.J., North, R.L., Parsons, C.T., Seckar, D.C., Venkiteswaran, J.J., 2017. Internal phosphorus loading in Canadian fresh waters: a critical review and data analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74, 2005–2029. DOI:10.1139/CJFAS-2016-0500.

Pechar, L., Potužák, J., 2006. Long-Term Investigation of Ponds for the Ecological Monitoring *Život. Prostr.*, Vol. 40, No. 2, s. 98–100.

Pitter, P., 1990. *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, 2009. P. 01. ISBN 978–80–7080–701–9.

Porcal P., Frejlachová K., Kopáček J., Nedoma J., Šavrdová T., 2017. Photochemical cleaving of allochthonous organic-metal complexes contributes to phosphorus immobilization in surface waters. *Chemosphere* 167: 374–381. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.10.022.

Potužák, J., Duras, J., 2012. Látkové bilance rybníků a k čemu jsou dobré? *Konference chov ryb a kvalita vody konané v Českých Budějovicích 23. února 2012. Sborník referátů, rybářské sdružení České republiky*, s. 100.

Potužák, J., Duras, J., 2012a. Živinnové bilance rybníků a jejich vliv na látkové toky v povodí. XVI. Konferencia Slovenskej limnologickej spoločnosti a České limnologickej společnosti, 25.–29.6.2012, ISBN 978–80–971056–0–0, 235 s. (130–133).

Potužák J., Duras J., 2013. Rybníky jako účinný nástroj pro snižování živinnového zatížení povodí. *Vodárenská biologie 2013*, 6.–7. února 2013, Praha, ČR, Říhová Ambrožová, J. (Edit.): 32–40.

Potužák, J., Duras, J., 2013a. Vliv struktury planktonu na efektivitu rybí produkce v eutrofních a hypertrofních rybnících. *Sborník referátů. Konference chov ryb a kvalita vody II.*, 21-22. února, 2013, České Budějovice, ISBN: 978-80-87699-02-7.

Potužák, J., Duras, J., Marcel, M., Rohlík, V., 2013. Bodové zdroje a problematika jejich hodnocení. *Vodní nádrže 2013: 25.–26. září 2013*, Brno, Česká republika. KOSOUR, Dušan, ed. Brno: Povodí Moravy, s.p., 164 s. (60–63).

Potužák, J., Duras, J., Rohlík, V., 2014. Bodové zdroje a problematika jejich hodnocení. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací*, číslo 4/2014, s. 6–9/105, ISSN 1210–3039.

Potužák, J., Duras, J., 2015. Retence živin v rybnících – význam, hodnocení a možnosti jejího využití. *Vodní hospodářství 07/2015*, s. 46.

Potužák, J., Faina, R., Duras, J., Kolářová, K., Zemanová, J., 2017. Vývoj kvality vody VN Jordán v sezóně 2017. *Povodí Vltavy*, státní podnik, s. 45.

Potužák, J., Duras, J., 2018. Co jsme se naučili z látkových bilancí rybníků. *Sborník příspěvků z konference Rybikon 2018*, 10.– 11.10.2018. ISBN 978-80-7509-572-5.

Povodí Vltavy, státní podnik. Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 – Smíchov.

Ryenolds, C., 1992. Eutrophication and the management of planktonic algae: What Vollenweider couldn't tell us. *Freshwater Biological Association* ISBN 0-900386-52-5.

Reynolds, C., Davies, P., 2001. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a British perspective. *Biological Reviews*, 76(1): 27–64.

Rosendorf, P., Zahrádka, V., Dostál, T., Ansorge, L., Beránek, J., Krása, J., 2013. Metodika hodnocení eutrofizačního potenciálu zdrojů fosforu v povodí vodních nádrží–podklad k výběru efektivních opatření k omezení eutrofizace. *Vodní nádrže: 25.–26. září 2013*, 44–50.

Ruttenberg, K. C., 2003. *The Global Phosphorus Cycle. Treatise on Geochemistry*, 585–643. doi:10.1016/b0–08–043751–6/08153–6.

Rybářství Třeboň, a.s., Rybářská 801, Třeboň, IČO: 608 268 51.

Schauser, I., Lewandowski, J., Hupfer, M., 2003. Decision support for the selection of an appropriate in-lake measure to influence the phosphorus retention in sediments. *Water Research* 37: 801–812.

Schindler, D. W., Hecky, R.E., Findlay, D.L., Stainton, M.P., Parker, B.R., Paterson, M.J., Beaty, K.G., Lyng, M., Kasian, S. E. M., 2008. Eutrophication of Lakes Cannot Be Controlled by Reducing Nitrogen Input: Results of a 37-Year Whole-Ecosystem Experiment. *ResearchGate | Find and share research [online]*. Copyright © 2008 by The National Academy of Sciences of the US[cit.28.10.2021].

Schindler, D.W, 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195, 260±262.

Smith, V. H., Tilman, G. D., Nekola, J. C., 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1–3), 179–196. doi:10.1016/s0269–7491(99)00091–3.

Smith, V.H., 1998. Cultural eutrophication of inland, estuarine, and coastal waters. In: Pace, M.L, Groman, P.M. (Eds.), *Successes, Limitations and Frontiers in Ecosystem Science*. Springer, New York, pp. 7±49.

Sondergaard, M., Jensen, J.P. and Jeppesen, E., 2003. Role of Sediment and Internal Loading of Phosphorus in Shallow Lakes. *Hydrobiologia*, 506, 135–145. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008611.12704.dd>

Sdružení Sweco + Aquatis zastoupené společností Sweco Hydroprojekt a.s, 2021. Studie proveditelnosti opatření ke snížení dotace fosforu do vodního díla Orlík. Jihočeský kraj – Odbor životního prostředí, zemědělství a lesnictví. Číslo zakázky: 11–9146–0100.

Studnička, T., 2013. Matematické modelování odlehčovacích komor na stokových sítích. Brno, 2013. 116 str. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí disertační práce Ing. Petr Prax, Ph.D.

Svačina, P., 2013. Vliv rybníků a rybníčních soustav na složení bentosu horní Lužnice. Diplomová práce (Ing.). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Fakulta rybářství a ochrany vod.

Svoboda, P., Šobr, M., Jansky, B., Vlasák, T., 2015. Influence of the river floodplain on the regime of the upper Lužnice River. *Geografie*. 120. 354–371. 10.37040/geografie2015120030354.

Šálek, J., Míka, Z., Tresová, A., 1989. Rybníky a účelové nádrže. 1. Vydání. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 267 s. ISBN 80-03-00092-0.

Šimánek J., 2015: Bilance fosforu při polointenzivním odchovu kapra, Bakalářská práce. Fakulta rybářství a ochrany vod, JČU, 41 s.

Šmíd, Z., 2008. Lužnice. Putování s řekou. Nakladatelství Paseka. ISBN 978-80-7185-933-8.

Van Moorlehem, C., De Schutter, N., Smolders, E., Merckx, R., 2013. Bioavailability of organic phosphorus to *Pseudokirchneriella subcapitata* as affected by phosphorus starvation: an isotope dilution study. *Water Res.* 2013 Jun 1;47(9):3047-56. doi: 10.1016/j.watres.2013.03.026. Epub 2013 Mar 21. PMID: 23561496.

Vollenweider, R. A., Kerekes, J. J., 1982. Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris.

Vrba J., Komárková J., Vyhnálek V., 1993. Enhanced activity of alkaline phosphatases – phytoplankton response to epilimnetic phosphorus depletion. *Water Sci. Technol.* 28: 15-24.

Všetičková, L., Adámek, Z., Rozkošný, M., Sedláček, P., 2013. Změna kvality vody po průtoku rybníky. Konference chov ryb a kvalita vody II. konané v Českých Budějovicích 21. a 22. února 2013. Sborník referátů. Rybářské sdružení České republiky. Editor Ing. Martin Urbánek, Ph. D, s. 35-42.

Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-42>.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology Lake and Reservoir Ecosystems. Academic Press, San Diego. ISBN 9780127447605, s. 1001.

www.mapy.cz

8. Přílohy

Příloha č. 8.1. Rožmberk – vrstvy sedimentu (rašelina, šedý jíł, aktivní vrstva) při odběru pichací sondou v rámci průzkumu sedimentu na podzim 2021 (zdroj: autor)



Příloha č. 8.2. Rožmberk – gravitační jádrový sběrač vzorků sedimentu, zkráceně corer (zdroj: autor)



Příloha č. 8.3. Rožmberk – odběry vzorků, průtoky a koncentrace P-PO₄, P-celk, P-rozp. v roce 2020

Č. vzorku	Datum odběru	Místo odběru	Průtok	P-PO ₄	P-celkový	P – rozp. Celk.
			dm ³ /s	mg/l	mg/l	mg/l
24	2. 1. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	507,78	<0,010	0,16	0,020
25	2. 1. 2020	r. Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,11	0,017
27	2. 1. 2020	Třeboň pod	1,0	0,069	0,26	0,093
28	2. 1. 2020	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,071	0,015
31	2. 1. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	9,0	0,014	0,10	0,021
32	2. 1. 2020	MV–Třeboň ČOV	32,9	0,12	0,30	0,19
33	2. 1. 2020	Stará Hlína	519	0,033	0,15	0,047
36	2. 1. 2020	r. Rožmberk nad		0,029	0,11	0,044
37	2. 1. 2020	Třeboň pod	199	0,021	0,18	0,035
260	13. 1. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	89,24	0,012	0,20	0,020
263	13. 1. 2020	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,081	0,011
264	13. 1. 2020	odtok z II.biol.r.RAB	3,2	0,028	0,21	0,041
265	13. 1. 2020	odtok ze III.biol.r.RAB	3,0	0,16	0,30	0,18
266	13. 1. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	9,2	<0,010	0,11	0,015
267	13. 1. 2020	MV–Třeboň ČOV	21,4	0,023	0,15	0,056
269	13. 1. 2020	Třeboň pod	192	0,030	0,23	0,033
270	13. 1. 2020	r. Rožmberk nad		0,034	0,12	0,040
273	13. 1. 2020	Stará Hlína	328	0,036	0,14	0,037
726	30. 1. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	856,34	<0,010	0,11	0,016
729	30. 1. 2020	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,063	0,011
730	30. 1. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	9,2	<0,010	0,19	0,024
731	30. 1. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	2,5	0,048	0,13	0,064
732	30. 1. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	9,0	<0,010	0,079	0,012
733	30. 1. 2020	MV–Třeboň ČOV	58,4	0,45	0,66	0,51
735	30. 1. 2020	Třeboň pod	198	0,025	0,14	0,041
736	30. 1. 2020	r. Rožmberk nad		0,036	0,10	0,046
739	30. 1. 2020	Stará Hlína	296	0,042	0,11	0,055
1077	12. 2. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	359,48	0,010	0,14	0,023
1080	12. 2. 2020	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,10	0,013
1081	12. 2. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	1,3	0,037	0,26	0,058
1082	12. 2. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	5,6	0,047	0,17	0,067
1083	12. 2. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	6,0	<0,010	0,16	0,015
1084	12. 2. 2020	MV–Třeboň ČOV	39,9	0,035	0,16	0,091
1086	12. 2. 2020	Třeboň pod	944	0,013	0,068	0,027
1087	12. 2. 2020	r. Rožmberk nad		0,013	0,19	0,028
1090	12. 2. 2020	Stará Hlína	2110	0,023	0,085	0,033
1443	26.2.2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	515,24	<0,010	0,17	0,019
1444	26. 2. 2020	Třeboň pod	10,0	0,021	0,10	0,039

1445	26. 2. 2020	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,11	0,013
1446	26.2.2020	odtok z II.biol.r.RAB	9,2	<0,010	0,33	0,028
1447	26. 2. 2020	odtok ze III.biol.r.RAB	5,6	0,010	0,22	0,029
1448	26. 2. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	6,0	<0,010	0,19	0,014
1449	26. 2. 2020	MV–Třeboň ČOV	35,7	0,014	0,24	0,069
1451	26. 2. 2020	r. Rožmberk nad		<0,010	0,16	0,024
1454	26. 2. 2020	Stará Hlína	2140	0,022	0,088	0,035
1516	26. 2. 2020	Třeboň pod	1260	<0,010	0,11	0,021
1845	10. 3. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 456	<0,010	0,11	0,017
1847	10. 3. 2020	Třeboň pod	0,5	0,042	0,094	0,059
1848	10. 3. 2020	r. Na Lipce odtok	11,5	<0,010	0,11	0,012
1849	10. 3. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	6,0	<0,010	0,23	0,041
1850	10. 3. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	12,5	0,018	0,22	0,034
1851	10. 3. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	6,0	<0,010	0,21	0,016
1852	10. 3. 2020	MV–Třeboň ČOV	35,2	0,011	0,17	0,060
1854	10. 3. 2020	Třeboň pod	427	0,011	0,40	0,033
1855	10. 3. 2020	r. Rožmberk nad		0,015	0,19	0,037
1858	10. 3. 2020	Stará Hlína	2520	0,021	0,078	0,030
2169	25. 3. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 404		0,12	0,014
2172	25. 3. 2020	r. Na Lipce odtok	10,0		0,13	0,011
2173	25. 3. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	6,0		0,25	0,052
2174	25. 3. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	5,6		0,33	0,094
2175	25. 3. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	2,3		0,23	0,016
2176	25. 3. 2020	Třeboň pod	151		0,14	0,045
2179	25. 3. 2020	Stará Hlína	1730		0,072	0,039
2541	6. 4. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,13	0,016
2542	6. 4. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	70,738	0,034	0,19	0,045
2543	6. 4. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	255	<0,010	0,14	0,015
2544	6. 4. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	13,6	0,021	0,30	0,049
2545	6. 4. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	5,6	0,088	0,23	0,12
2547	6. 4. 2020	Třeboň pod	94,5	0,016	0,15	0,039
2548	6. 4. 2020	Stará Hlína	nezměřeno	0,038	0,088	0,038
2549	6. 4. 2020	MV–Třeboň ČOV	29,5	0,016	0,14	0,062
2839	20. 4. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,012	0,15	0,028
2841	20. 4. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	77,745	0,065	0,20	0,095
2842	20. 4. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	436	<0,010	0,10	0,022
2843	20. 4. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	4,5	0,073	0,24	0,098
2844	20. 4. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	5,6	0,36	0,46	0,38
2846	20. 4. 2020	MV–Třeboň ČOV	44,1	0,072	0,18	0,12
2847	20. 4. 2020	Třeboň pod	137	0,019	0,18	0,036
2848	20. 4. 2020	Stará Hlína	336	0,032	0,098	0,039
3289	4. 5. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,050	0,20	0,053
3290	4. 5. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	94,93	0,049	0,17	0,071
3291	4. 5. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	295	0,043	0,17	0,074

3293	4. 5. 2020	r. Na Lipce odtok	5,1	<0,010	0,21	0,025
3294	4. 5. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	4,5	0,31	0,53	0,35
3295	4. 5. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	4,3	0,31	0,38	0,34
3296	4. 5. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	6,0	0,010	0,30	0,038
3297	4. 5. 2020	MV–Třeboň ČOV	14,9	0,029	0,092	0,053
3298	4. 5. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,23	0,70	0,30
3299	4. 5. 2020	Třeboň pod	165	0,037	0,13	0,057
3302	4. 5. 2020	Stará Hlína	265	0,035	0,11	0,042
4131	21. 5. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,014	0,19	0,043
4132	21. 5. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	92,083	0,057	0,28	0,084
4133	21. 5. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	268	0,024	0,17	0,058
4135	21. 5. 2020	r. Na Lipce odtok	0,7	0,011	0,19	0,041
4137	21. 5. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	7,0	0,55	0,74	0,59
4138	21. 5. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	3,4	0,016	0,27	0,049
4139	21. 5. 2020	MV–Třeboň ČOV	45,9	0,060	0,21	0,11
4140	21. 5. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,50	0,98	0,58
4141	21. 5. 2020	Třeboň pod	271	0,068	0,20	0,10
4142	21. 5. 2020	r. Rožmberk nad		0,077	0,20	0,10
4145	21. 5. 2020	Stará Hlína	293	0,042	0,14	0,049
4623	2. 6. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	137,118	0,070	0,24	0,10
4624	2. 6. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,029	0,18	0,063
4625	2. 6. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	224	0,041	0,19	0,083
4627	2. 6. 2020	r. Na Lipce odtok	2,9	0,026	0,24	0,065
4629	2. 6. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	2,2	0,49	0,65	0,54
4630	2. 6. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	3,3	0,13	0,40	0,20
4631	2. 6. 2020	MV–Třeboň ČOV	35,0	0,81	0,97	0,89
4632	2. 6. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,070	0,17	0,099
4634	2. 6. 2020	Třeboň pod	360	0,061	0,15	0,089
4635	2. 6. 2020	r. Rožmberk nad		0,080	0,19	0,11
4636	2. 6. 2020	r. Vítek odtok pravý	4,6	<0,010	0,13	0,036
4637	2. 6. 2020	Stará Hlína	384	0,046	0,12	0,050
5594	18. 6. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 568,8	0,024	0,19	0,051
5595	18. 6. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,036	0,20	0,042
5597	18. 6. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	93,0	0,040	0,17	0,061
5599	18. 6. 2020	r. Na Lipce odtok	5,0	0,031	0,23	0,074
5600	18. 6. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	5,0	0,73	1,6	0,76
5601	18. 6. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	6,0	0,63	0,85	0,63
5602	18. 6. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	8,0	0,20	0,52	0,24
5605	18. 6. 2020	MV–Třeboň ČOV	72,6	0,34	0,51	0,36
5609	18. 6. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,25	0,49	0,26
5611	18. 6. 2020	Třeboň pod	988	0,14	0,34	0,16
5612	18. 6. 2020	r. Rožmberk nad		0,12	0,42	0,16
5614	18. 6. 2020	Stará Hlína	1680	0,059	0,17	0,074

6254	2. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	8 293,1	0,032	0,30	0,055
6255	2. 7. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,028	0,26	0,049
6256	2. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	115	0,037	0,20	0,055
6258	2. 7. 2020	r. Na Lipce odtok	2,8	0,016	0,22	0,052
6260	2. 7. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	7,1	0,55	0,68	0,55
6261	2. 7. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	7,8	0,14	0,40	0,18
6262	2. 7. 2020	MV–Třeboň ČOV	35,0	0,25	0,34	0,26
6263	2. 7. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,016	0,13	0,025
6265	2. 7. 2020	Třeboň pod	1580	0,043	0,15	0,060
6266	2. 7. 2020	r. Rožmberk nad		0,040	0,17	0,074
6268	2. 7. 2020	Stará Hlína	3520	0,048	0,13	0,073
6269	2. 7. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	42,0	0,085	0,21	0,12
6997	16. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	4 144	0,019	0,25	0,030
6998	16. 7. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,016	0,22	0,026
7000	16. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	219	0,033	0,24	0,044
7002	16. 7. 2020	r. Na Lipce odtok	2,9	0,013	0,29	0,037
7003	16. 7. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	4,9	0,084	0,65	0,10
7004	16. 7. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	3,1	0,50	0,90	0,52
7005	16. 7. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	10,2	0,12	0,52	0,17
7008	16. 7. 2020	MV–Třeboň ČOV	43,8	0,034	0,13	0,065
7012	16. 7. 2020	Třeboň pod (ČOV)		1,6	2,4	1,9
7014	16. 7. 2020	Třeboň pod	661	0,36	0,62	0,43
7015	16. 7. 2020	r. Rožmberk nad		0,063	0,20	0,085
7017	16. 7. 2020	Stará Hlína	1250	0,056	0,13	0,061
7018	16. 7. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	12,7	0,19	0,36	0,23
7344	30. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 443	0,021	0,37	0,048
7345	30. 7. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,015	0,38	0,045
7346	30. 7. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	174	0,027	0,28	0,054
7348	30. 7. 2020	r. Na Lipce odtok	7,1	0,030	0,25	0,060
7349	30. 7. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	6,3	0,13	0,61	0,18
7350	30. 7. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	4,3	0,17	0,52	0,22
7351	30. 7. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	9,5	0,12	0,54	0,20
7352	30. 7. 2020	MV–Třeboň ČOV	53,4	0,33	0,56	0,45
7353	30. 7. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,15	0,38	0,18
7355	30. 7. 2020	Třeboň pod	567	0,047	0,22	0,079
7356	30. 7. 2020	r. Rožmberk nad		0,050	0,20	0,082
7357	30. 7. 2020	r. Vítek odtok pravý	5,4	<0,010	0,12	0,019
7358	30. 7. 2020	Stará Hlína	1330	0,063	0,15	0,076
7359	30. 7. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	5,5	0,028	0,34	0,068
8156	12. 8. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	7 485,1	0,016	0,20	0,040
8157	12. 8. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,015	0,22	0,069
8158	12. 8. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	548	0,018	0,25	0,044
8160	12. 8. 2020	r. Na Lipce odtok	8,0	0,017	0,26	0,052
8161	12. 8. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	9,3	0,11	0,48	0,14

8162	12. 8. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	5,7	0,054	0,34	0,089
8163	12. 8. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	7,5	0,20	0,63	0,32
8164	12. 8. 2020	MV–Třeboň ČOV	44,2	0,49	0,66	0,57
8165	12. 8. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,077	0,36	0,11
8167	12. 8. 2020	Třeboň pod	330	0,055	0,22	0,084
8168	12. 8. 2020	r. Rožmberk nad		0,051	0,20	0,084
8169	12. 8. 2020	r. Vítek odtok pravý	12,5	0,010	0,070	0,016
8170	12. 8. 2020	Stará Hlína	2050	0,039	0,10	0,061
8171	12. 8. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	15,0	0,016	0,19	0,053
8870	27. 8. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	916,37	0,017	0,40	0,046
8871	27. 8. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,015	0,57	0,038
8873	27. 8. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	282	0,013	0,29	0,038
8875	27. 8. 2020	r. Na Lipce odtok	10,0	<0,010	0,34	0,031
8876	27. 8. 2020	odtok z II.biol.r. RAB	5,9	0,11	0,79	0,14
8878	27. 8. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	11,0	0,093	0,60	0,14
8881	27. 8. 2020	MV–Třeboň ČOV	38,5	0,21	0,39	0,28
8887	27. 8. 2020	Třeboň pod	422	0,024	0,19	0,046
8888	27. 8. 2020	r. Rožmberk nad		0,031	0,19	0,053
8889	27. 8. 2020	r. Vítek odtok pravý	7,6	<0,010	0,20	0,018
8890	27. 8. 2020	Stará Hlína	1420	0,042	0,11	0,060
9456	8. 9. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	3 085	0,037	0,39	0,063
9457	8. 9. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,014	0,39	0,063
9458	8. 9. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	333	0,011	0,31	0,036
9460	8. 9. 2020	r. Na Lipce odtok	2,8	0,010	0,39	0,033
9463	8. 9. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	13,1	0,035	0,45	0,073
9464	8. 9. 2020	MV–Třeboň ČOV	61,4	0,61	0,77	0,68
9465	8. 9. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,42	1,0	0,51
9467	8. 9. 2020	Třeboň pod	419	0,041	0,18	0,061
9468	8. 9. 2020	r. Rožmberk nad		0,039	0,18	0,067
9469	8. 9. 2020	r. Vítek odtok pravý	18,5	<0,010	0,13	0,017
9470	8. 9. 2020	Stará Hlína	1880	0,042	0,12	0,062
10239	23. 9. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	4 642,3	0,023	0,35	0,032
10240	23. 9. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,020	0,34	0,028
10242	23. 9. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	325	0,025	0,22	0,028
10244	23. 9. 2020	r. Na Lipce odtok	2,8	0,011	0,28	0,020
10247	23. 9. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	10,0	0,029	0,34	0,060
10250	23. 9. 2020	MV–Třeboň ČOV	40,2	0,44	0,64	0,44
10254	23. 9. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,052	0,22	0,070
10256	23. 9. 2020	Třeboň pod	547	0,039	0,14	0,050
10257	23. 9. 2020	r. Rožmberk nad		0,042	0,15	0,056
10258	23. 9. 2020	r. Vítek odtok pravý	9,4	0,012	0,13	0,015
10259	23. 9. 2020	Stará Hlína	2570	0,032	0,16	0,032
10943	8. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	9 543	0,023	0,28	0,043

10944	8. 10. 2020	R. Rožmberk hráz směsný		0,037	0,19	0,040
10945	8. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	1,0	0,084	0,45	0,12
10946	8. 10. 2020	Třeboň pod	224	0,011	0,16	0,021
10947	8. 10. 2020	r. Na Lipce odtok	0,2	<0,010	0,20	0,019
10949	8. 10. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	nezměřeno	0,071	1,6	0,11
10950	8. 10. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	0,4	0,016	0,30	0,071
10951	8. 10. 2020	MV–Třeboň ČOV	43,0	0,21	0,33	0,24
10952	8. 10. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,017	0,14	0,027
10954	8. 10. 2020	Třeboň pod	492	0,018	0,14	0,035
10955	8. 10. 2020	r. Rožmberk nad		0,021	0,15	0,036
10956	8. 10. 2020	r. Vítek odtok pravý	0,1	<0,010	0,15	0,011
10957	8. 10. 2020	Stará Hlína	489	0,033	0,12	0,037
10958	8. 10. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	0,2	0,073	0,27	0,12
11126	11. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	8 672,3		0,55	0,045
11127	12. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	2 658		0,54	0,049
11128	13. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	1 980,5		0,53	0,040
11129	14. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	3 385,1		2,3	0,035
11130	15. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	3 907,8		0,84	0,084
11132	11. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	8 672,3		0,96	0,041
11133	12. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	2 658		0,42	0,044
11134	13. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	1 980,5		4,0	0,029
11135	14. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	3 385,1		5,4	0,034
11430	19. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	14 579,5	0,038	0,18	0,046
11431	19. 10. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	254	0,040	0,089	0,042
11432	19. 10. 2020	Třeboň pod	167	0,024	0,089	0,025
11433	19. 10. 2020	r. Na Lipce odtok	3,2	0,014	0,17	0,019
11435	19. 10. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	1,5	0,85	3,1	1,0
11436	19. 10. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	6,8	0,034	0,24	0,085
11439	19. 10. 2020	MV–Třeboň ČOV	55,4	0,78	1,0	0,92
11443	19. 10. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,022	0,077	0,022
11445	19. 10. 2020	Třeboň pod	nezměřeno	0,029	0,083	0,033
11446	19. 10. 2020	r. Rožmberk nad		0,033	0,10	0,037
11447	19. 10. 2020	r. Vítek odtok pravý	9,4	0,011	0,095	0,012
11448	19. 10. 2020	Stará Hlína	nezměřeno	0,039	0,080	0,041
11449	19. 10. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	28,5	0,053	0,18	0,080
11894	5. 11. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	12 694,8	0,026	0,22	0,056
11895	5. 11. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	284	0,050	0,15	0,076
11896	5. 11. 2020	Třeboň pod	188	0,020	0,12	0,044
11897	5. 11. 2020	r. Na Lipce odtok	2,8	<0,010	0,18	0,025
11899	5. 11. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	3,0	0,78	1,5	0,83
11900	5. 11. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	7,5	0,026	0,26	0,080
11901	5. 11. 2020	MV–Třeboň ČOV	32,2	1,1	1,2	1,1
11902	5. 11. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,010	0,087	0,026
11904	5. 11. 2020	Třeboň pod	nezměřeno	0,030	0,16	0,056

11905	5.11.2020	r. Rožmberk nad		0,029	0,13	0,053
11906	5.11.2020	r. Vítek odtok pravý	nezměřeno	<0,010	0,16	0,014
11907	5. 11. 2020	Stará Hlína	1060	0,077	0,15	0,092
11908	5. 11. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	nezměřeno	0,020	0,18	0,059
12416	18. 11. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 087,8	0,094	0,17	0,11
12417	18. 11. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	484	0,033	0,073	0,044
12418	18. 11. 2020	Třeboň pod	5,0	0,035	0,074	0,050
12419	18. 11. 2020	r. Na Lipce odtok	0,6	<0,010	0,10	0,023
12421	18. 11. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	3,0	1,1	1,5	1,1
12422	18. 11. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	3,3	0,017	0,15	0,052
12423	18. 11. 2020	MV–Třeboň ČOV	40,5	0,10	0,23	0,13
12424	18. 11. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,028	0,13	0,040
12426	18. 11. 2020	Třeboň pod	856	0,030	0,11	0,046
12427	18. 11. 2020	r. Rožmberk nad		0,025	0,16	0,042
12429	18. 11. 2020	Stará Hlína	nelze stanovit	0,035	0,073	0,044
12430	18. 11. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	10,0	0,029	0,11	0,059
12786	1. 12. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	5 878,2	0,019	0,095	0,036
12787	1. 12. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	427	0,035	0,063	0,041
12791	1. 12. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	1,0	0,52	0,86	0,54
12792	1. 12. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	0,6	0,021	0,18	0,051
12793	1. 12. 2020	MV–Třeboň ČOV	37,8	0,77	1,1	0,78
12794	1. 12. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,054	0,27	0,066
12796	1. 12. 2020	Třeboň pod		0,037	0,13	0,055
12797	1. 12. 2020	r. Rožmberk nad		0,036	0,10	0,052
12799	1. 12. 2020	Stará Hlína	3560	0,037	0,073	0,042
12800	1. 12. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	3,3	0,021	0,097	0,055
13458	14. 12. 2020	r. Rožmberk odtok Lužnice	6 095,1	0,021	0,082	0,028
13459	14. 12. 2020	r. Rožmberk odtok Adolfka	44,9	0,031	0,057	0,038
13463	14. 12. 2020	odtok z III.biol.r. RAB	1,8	0,88	1,3	1,0
13464	14. 12. 2020	Rožmberk přítok–odtok ze 4. rybníka RAB	2,7	0,034	1,2	0,059
13465	14. 12. 2020	MV–Třeboň ČOV	42,1	0,048	0,16	0,094
13466	14. 12. 2020	Třeboň pod (ČOV)		0,043	0,36	0,056
13468	14. 12. 2020	Třeboň pod		0,032	0,092	0,048
13469	14. 12. 2020	r. Rožmberk nad		0,037	0,098	0,053
13471	14. 12. 2020	Stará Hlína	2630	0,036	0,065	0,038
13472	14. 12. 2020	r. Dolní u Smítky odtok	3,3	0,017	0,081	0,047

Příloha č. 8.4. Rožmberk – odběry vzorků, průtoky a koncentrace P-PO₄, P-celk, P-rozp.
v roce 2021

Č.vzorku	Datum odběru	Místo odběru	Průtok	P-PO ₄	P-celkový	P – rozp. celk.
			dm ³ /s	mg/l	mg/l	mg/l
52	6. 1. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 092,3	0,019	0,075	0,031
55	6. 1. 2021	r. Na Lipce odtok	14,8	<0,010	0,061	0,018
56	6. 1. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	9,0	0,042	0,13	0,066
57	6. 1. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	6,0	0,22	0,55	0,24
58	6. 1. 2021	Rožmberk přítok-odtok ze 4.rybníka RAB	9,0	0,024	0,16	0,047
59	6. 1. 2021	MV-Třeboň ČOV	21,8	0,49	0,57	0,51
61	6. 1. 2021	Třeboň pod		0,046	0,14	0,063
63	6. 1. 2021	r. Vítek odtok pravý	17,5	0,012	0,050	0,024
64	6. 1. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	6,0	0,023	0,078	0,051
65	6. 1. 2021	Stará Hlína	2830	0,029	0,077	0,037
442	19. 1. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 407,5	0,024	0,077	0,036
445	19. 1. 2021	r. Na Lipce odtok	20,5	<0,010	0,045	0,017
446	19. 1. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	5,9	0,084	0,27	0,13
447	19. 1. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	12,4	0,38	0,62	0,40
448	19. 1. 2021	Rožmberk přítok-odtok ze 4.rybníka RAB	9,2	0,044	0,21	0,070
449	19. 1. 2021	MV-Třeboň ČOV	34,2	0,010	0,16	0,040
450	19. 1. 2021	Třeboň pod		0,045	0,24	0,063
451	19. 1. 2021	r. Vítek odtok pravý	13,5	0,012	0,044	0,022
452	19. 1. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	3,3	0,032	0,089	0,058
453	19. 1. 2021	Stará Hlína	2480	0,035	0,086	0,044
732	2. 2. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	5 878,2	0,023	0,098	0,067
735	2. 2. 2021	r. Na Lipce odtok	8,5	<0,010	0,035	0,022
736	2. 2. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	17,5	0,031	0,16	0,090
737	2. 2. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	13,4	0,34	0,60	0,41
738	2. 2. 2021	Rožmberk přítok-odtok ze 4.rybníka RAB	7,0	0,027	0,16	0,065
739	2. 2. 2021	MV-Třeboň ČOV	55,2	0,012	0,084	0,050
740	2. 2. 2021	Třeboň pod		0,023	0,089	0,059
741	2. 2. 2021	r. Vítek odtok pravý	26,2	<0,010	0,022	0,008
742	2. 2. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	36,6	0,011	0,069	0,048
743	2. 2. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	0,021	0,074	0,051
1174	16. 2. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	6 119,2	0,011	0,064	0,016
1177	16. 2. 2021	r. Na Lipce odtok	18,4	0,015	0,056	0,020
1178	16. 2. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	13,6	0,035	0,13	0,042
1179	16. 2. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	12,4	0,38	0,76	0,50
1180	16. 2. 2021	Rožmberk přítok-odtok ze 4.rybníka RAB	13,1	0,030	0,28	0,19
1181	16. 2. 2021	MV-Třeboň ČOV	39,1	0,027	0,089	0,074

1182	16. 2. 2021	Třeboň pod		0,031	0,095	0,075
1183	16. 2. 2021	r. Vítek odtok pravý	9,4	0,011	0,034	0,011
1184	16. 2. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	12,8	<0,010	0,057	0,015
1185	16. 2. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	<0,010	0,065	0,015
1533	2. 3. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	6 119,2	0,013	0,10	0,034
1535	2. 3. 2021	Třeboň pod	zákal >30 ZF			
1536	2. 3. 2021	r. Na Lipce odtok	26,2	<0,010	0,081	0,035
1537	2. 3. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	13,6	0,027	0,25	0,055
1538	2. 3. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	12,4	0,27	0,61	0,31
1539	2. 3. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	13,1	0,017	0,16	0,041
1540	2. 3. 2021	MV–Třeboň ČOV	40,5	0,023	0,14	0,057
1541	2. 3. 2021	Třeboň pod		0,034	0,093	0,055
1542	2. 3. 2021	r. Vítek odtok pravý	6,0	<0,010	0,042	0,013
1543	2. 3. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	22,1	0,011	0,052	0,013
1544	2. 3. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	0,020	0,060	0,031
1876	17. 3. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	4 423,6	0,013	0,095	0,040
1879	17. 3. 2021	r. Na Lipce odtok	1,2	0,031	0,26	0,21
1880	17. 3. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	21,7	0,031	0,24	0,068
1881	17. 3. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	5,6	0,38	0,73	0,47
1882	17. 3. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	13,1	0,015	0,15	0,092
1883	17. 3. 2021	MV–Třeboň ČOV	41,0	0,023	0,13	0,071
1884	17. 3. 2021	Třeboň pod		0,021	0,12	0,038
1885	17. 3. 2021	r. Vítek odtok pravý	17,5	<0,010	0,047	0,019
1886	17. 3. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	22,1	0,013	0,045	0,029
1887	17. 3. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	0,012	0,070	0,013
2355	29. 3. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	4 666,6	0,013	0,083	0,040
2357	29. 3. 2021	Třeboň pod	2,0	0,019	0,097	0,044
2359	29. 3. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	1,4	0,022	0,17	0,11
2360	29. 3. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	5,6	0,29	0,74	0,35
2362	29. 3. 2021	MV–Třeboň ČOV	25,9	0,020	0,13	0,052
2363	29. 3. 2021	Třeboň pod		0,015	0,11	0,072
2364	29. 3. 2021	r. Vítek odtok pravý	36,0	<0,010	0,045	0,030
2365	29. 3. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	9,0	<0,010	0,086	0,030
2366	29. 3. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	0,012	0,059	0,015
2749	12. 4. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 436,5	<0,010	0,12	0,12
2750	12. 4. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,11	0,026
2753	12. 4. 2021	Třeboň pod	1,0	0,015	0,079	0,032
2756	12. 4. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	5,6	0,21	0,47	0,25
2758	12. 4. 2021	MV–Třeboň ČOV	24,9	0,016	0,14	0,052
2761	12. 4. 2021	Třeboň pod		0,021	0,12	0,046
2763	12. 4. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	4,2	<0,010	0,069	0,022
2764	12. 4. 2021	Stará Hlína	2870	0,019	0,054	0,028
3443	26. 4. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 823,9	<0,010	0,16	0,022
3444	26. 4. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,16	0,020

3446	26. 4. 2021	Třeboň pod	1,0	0,015	0,057	0,026
3448	26. 4. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	9,3	<0,010	0,080	0,022
3449	26. 4. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	12,4	0,13	0,41	0,15
3451	26. 4. 2021	MV–Třeboň ČOV	28,1	0,018	0,12	0,053
3452	26. 4. 2021	Třeboň pod		0,018	0,11	0,037
3453	26. 4. 2021	r. Vítek odtok pravý	1,4	0,010	0,046	0,024
3454	26. 4. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	1,4	<0,010	0,16	0,020
3455	26. 4. 2021	Stará Hlína	2010	0,017	0,071	0,023
3961	10. 5. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 025,8	0,028	0,22	0,049
3962	10. 5. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,15	0,021
3970	10. 5. 2021	MV–Třeboň ČOV	36,4	0,038	0,12	0,070
3975	10. 5. 2021	Třeboň pod		0,036	0,13	0,064
3977	10. 5. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	5,9	<0,010	0,064	0,028
3978	10. 5. 2021	Stará Hlína	1660	0,019	0,079	0,035
4907	27. 5. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 775	0,011	0,15	0,024
4908	27. 5. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,011	0,17	0,027
4915	27. 5. 2021	MV–Třeboň ČOV	43,4	0,089	0,23	0,12
4916	27. 5. 2021	Třeboň pod		0,030	0,11	0,052
4918	27. 5. 2021	r. Dolní u Smitky odtok	7,6	0,018	0,13	0,062
4919	27. 5. 2021	Stará Hlína	1380	0,035	0,10	0,046
5341	7. 6. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	928,46	<0,010	0,16	0,019
5342	7. 6. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,010	0,14	0,020
5351	7. 6. 2021	MV–Třeboň ČOV	37,8	0,039	0,12	0,074
5356	7. 6. 2021	Třeboň pod		0,040	0,12	0,060
5357	7. 6. 2021	r. Vítek odtok pravý	1,4	<0,010	0,065	0,022
5359	7. 6. 2021	Stará Hlína	1300	0,033	0,11	0,040
5979	21. 6. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	80,31	0,040	0,44	0,062
5980	21. 6. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		<0,010	0,34	0,026
5987	21. 6. 2021	MV–Třeboň ČOV	40,5	0,081	0,21	0,14
5988	21. 6. 2021	Třeboň pod		0,056	0,17	0,080
5991	21. 6. 2021	Stará Hlína	1310	0,031	0,21	0,045
6637	7. 7. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 112,6	0,055	0,43	0,084
6638	7. 7. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,021	0,31	0,049
6646	7. 7. 2021	MV–Třeboň ČOV	44,7	0,28	0,48	0,35
6651	7. 7. 2021	Třeboň pod		0,021	0,18	0,037
6652	7. 7. 2021	r. Vítek odtok pravý	11,8	<0,010	0,14	0,018
6654	7. 7. 2021	Stará Hlína	1060	0,036	0,13	0,050
7284	21. 7. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 521,2	0,074	0,46	0,11
7285	21. 7. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,069	0,46	0,091
7288	21. 7. 2021	r. Na Lipce odtok	0,5	0,016	0,30	0,057
7291	21. 7. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	0,5	0,23	0,57	0,28
7292	21. 7. 2021	MV–Třeboň ČOV	55,0	0,14	0,23	0,18
7293	21. 7. 2021	Třeboň pod		0,024	0,13	0,042
7294	21. 7. 2021	r. Vítek odtok pravý	22,0	<0,010	0,16	0,025

7295	21. 7. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	11,0	0,022	0,16	0,065
7296	22. 7. 2021	Stará Hlína	1500	0,045	0,19	0,063
7737	3. 8. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 911	0,049	0,41	0,074
7738	3. 8. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,036	0,48	0,065
7742	3. 8. 2021	r. Na Lipce odtok	8,7	0,023	0,36	0,069
7743	3. 8. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	7,9	0,17	0,74	0,23
7744	3. 8. 2021	odtok ze III.biol.r.RAB	3,0	0,38	0,80	0,48
7745	3. 8. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	2,5	0,097	0,71	0,20
7746	3. 8. 2021	MV–Třeboň ČOV	27,9	3,8	5,5	5,2
7751	3. 8. 2021	Třeboň pod		0,12	0,29	0,17
7752	3. 8. 2021	r. Vítek odtok pravý	19,5	<0,010	0,090	0,021
7753	3. 8. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	8,0	0,017	0,15	0,053
7754	3. 8. 2021	Stará Hlína	1400	0,053	0,16	0,062
8489	17. 8. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 547,6	0,020	0,30	0,041
8490	17. 8. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,018	0,21	0,033
8493	17. 8. 2021	r. Na Lipce odtok	6,5	0,017	0,29	0,044
8494	17. 8. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	6,0	0,27	1,0	0,35
8497	17. 8. 2021	MV–Třeboň ČOV	45,2	0,085	0,17	0,12
8498	17. 8. 2021	Třeboň pod		0,030	0,16	0,052
8499	17. 8. 2021	r. Vítek odtok pravý	17,5	<0,010	0,23	0,017
8500	17. 8. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	3,3	0,011	0,15	0,033
8501	17. 8. 2021	Stará Hlína	1450	0,044	0,13	0,061
9003	1. 9. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	4 212	0,014	0,26	0,035
9004	1. 9. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,012	0,19	0,033
9008	1. 9. 2021	r. Na Lipce odtok	11,5	<0,010	0,17	0,031
9009	1. 9. 2021	odtok z II.biol.r.RAB	1,4	0,066	0,48	0,092
9012	1. 9. 2021	MV–Třeboň ČOV	46,7	0,17	0,27	0,20
9017	1. 9. 2021	Třeboň pod		0,030	0,13	0,054
9018	1. 9. 2021	r. Vítek odtok pravý	21,7	<0,010	0,14	0,020
9019	1. 9. 2021	r. Dolní u Smítky odtok	12,9	<0,010	0,13	0,030
9020	1. 9. 2021	Stará Hlína	1500	0,044	0,10	0,065
9438	16. 9. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	820,7	0,017	0,28	0,040
9439	16. 9. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,017	0,34	0,043
9442	16. 9. 2021	r. Na Lipce odtok	11,5	0,012	0,26	0,042
9445	16. 9. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	1,4	0,090	0,68	0,14
9446	16. 9. 2021	MV–Třeboň ČOV	48,1	0,039	0,17	0,087
9447	16. 9. 2021	Třeboň pod		0,027	0,18	0,057
9448	16. 9. 2021	r. Vítek odtok pravý	13,6	<0,010	0,14	0,014
9450	16. 9. 2021	Stará Hlína	2010	0,014	0,24	0,026
10474	30. 9. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	5 006,8	0,015	0,20	0,031
10475	30. 9. 2021	r.Rožmberk hráz směsný		0,013	0,22	0,032
10478	30. 9. 2021	r. Na Lipce odtok	13,1	<0,010	0,15	0,029
10481	30. 9. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	11,1	0,11	0,39	0,14
10482	30. 9. 2021	MV–Třeboň ČOV	40,1	0,26	0,37	0,27

10483	30. 9. 2021	Třeboň pod		0,023	0,12	0,048
10486	30. 9. 2021	Stará Hlína	430	0,038	0,19	0,049
10732	11. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	8,6723	0,036	0,56	0,047
10734	11. 10. 2021	Třeboň pod	382	0,015	0,099	0,023
10735	11. 10. 2021	r. Na Lipce odtok	4,0	<0,010	0,14	0,026
10738	11. 10. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	3,0	0,039	0,28	0,071
10739	11. 10. 2021	MV–Třeboň ČOV	39,0	0,37	0,55	0,40
10744	11. 10. 2021	Třeboň pod		0,036	0,10	0,048
10747	11. 10. 2021	Stará Hlína	1410	0,014	0,17	0,020
10898	12. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	2 658		0,49	0,040
10899	13. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	1 980,5		0,62	0,036
10900	14. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	3 385,1		17	0,019
10901	15. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice b.	3 907,5		0,60	0,38
10902	11. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	8 672,3		0,66	0,040
10903	12. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	2 658		0,86	0,031
10904	13. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	1 980,5		23	0,021
10905	14. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice s.	3 385,1		65	0,018
11716	25. 10. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 707,5	0,016	0,15	0,035
11717	25. 10. 2021	r. Rožmberk hráz směsný		0,019	0,13	0,035
11719	25. 10. 2021	Třeboň pod	11,2	0,021	0,11	0,035
11720	25. 10. 2021	r. Na Lipce odtok	3,5	<0,010	0,11	0,022
11723	25. 10. 2021	Rožmberk přítok–odtok ze 4.rybníka RAB	1,4	0,017	0,18	0,053
11724	25. 10. 2021	MV–Třeboň ČOV	72,3	0,033	0,21	0,058
11725	25. 10. 2021	Třeboň pod		<0,010	0,11	0,018
11728	25. 10. 2021	Stará Hlína	1570	0,036	0,15	0,051
12148	11. 11. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 952,7	<0,010	0,095	0,023
12155	11. 11. 2021	MV–Třeboň ČOV	37,0	0,047	0,28	0,090
12156	11. 11. 2021	Třeboň pod		0,014	0,11	0,035
12159	11. 11. 2021	Stará Hlína	680	0,022	0,079	0,032
12545	25. 11. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	2 494,8	0,010	0,12	0,027
12552	25. 11. 2021	MV–Třeboň ČOV	27,9	0,22	0,48	0,29
12553	25. 11. 2021	Třeboň pod		0,031	0,11	0,051
12556	25. 11. 2021	Stará Hlína	660	0,027	0,083	0,037
13032	9. 12. 2021	r. Rožmberk odtok Lužnice	1 653,5	0,010	0,11	0,028
13035	9. 12. 2021	r. Na Lipce odtok	14,8	0,036	0,12	0,082
13039	9. 12. 2021	MV–Třeboň ČOV	35,3	0,11	0,31	0,16
13040	9. 12. 2021	Třeboň pod		0,030	0,12	0,054
13043	9. 12. 2021	Stará Hlína	nezměřeno	0,019	0,099	0,039

9. Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje živinové bilanci rybníka Rožmberk za roky 2020–2021 a jeho vlivu na řeku Lužnice. Vzhledem k silně eutrofnímu stavu rybníka způsobený řadou znečišťujících vlivů, jako nedostatečně vyčištěné odpadní vody z ČOV Třeboň či vyústění odpadních vod z velkovýkrmny prasat R.A.B, byl rybník Rožmberk vyhodnocen jako hlavní zdroj fosforu pro VN Orlík. Řeka Lužnice protékající Rožmberkem transportuje živinově bohatou vodu dál, až do VN Orlík. Dále je tato práce věnována průzkumu sedimentů a fosforu v něm obsažený, jako vnitřní zdroj fosforu v rybníce.

Cílem této práce je vyhodnotit živinovou bilanci za zmíněné roky a porovnat s předchozími roky bilančního monitoringu k aktuální situaci na Rožmberku. Poslední propočet látkové bilance byl v roce 2014, a proto je důležité zjistit, jaká je situace na rybníce aktuálně. Data pro účely této práce byla získaná pravidelným, bilančním monitoringem státního podniku Povodí Vltavy v rámci 14denních intervalů.

Na základě výsledků získaných touto prací, kdy rybník vykazoval negativní retenci, tj. víc fosforu odteklo, než se do rybníka dostalo s přítoky, lze konstatovat, že rybník Rožmberk je významným hráčem ovlivňující kvalitu vody v povodí Lužnice. V rybníce se uplatňují vnitřní procesy, kdy se rybník vypořádává se starou ekologickou zátěží, vzhledem k značnému množství fosforu uloženého v sedimentu. Rybník Rožmberk ukazuje, že látkové bilance jsou nepostradatelné ke zjištění skutečných poměrů v rybnících. K navrhujícím opatřením zlepšování kvality vod v rybnících se bez těchto informací neobejdeme.

Klíčová slova: Rožmberk, rybník, fosfor, eutrofizace, živinová bilance, monitoring, sediment

10. Abstract

This diploma thesis deals with the nutrient balance of the Rožmberk pond for the years 2020–2021 and its impact on the river Lužnice. Due to the strongly eutrophic state of the pond caused by several polluting influences, such as insufficiently treated wastewater from the Třeboň WWTP or the outlet of wastewater from the R.A.B large pig farm, the Rožmberk pond was evaluated as the main source of phosphorus for the Orlík. The river Lužnice, flowing through Rožmberk, transports nutrient-rich water further to Orlík. Furthermore, this work is devoted to the study of sediments and phosphorus contained in it, as an internal source of phosphorus in the pond.

The aim of this diploma thesis is to evaluate the nutrient balance for the mentioned years and compare with previous years of balance monitoring to the current situation in Rožmberk. The last calculation of the substance balance was in 2014, and therefore it is important to find out what the current situation on the pond is. Data for the purposes of this work were obtained by regular, balance monitoring of the state enterprise Vltava River Basin within 14-day intervals.

Based on the results obtained by this work, when the pond showed negative retention, i.e., more phosphorus flowed out than it reached the pond with tributaries, it can be stated that the Rožmberk pond is a significant player influencing water quality in the Lužnice river basin. Internal processes are applied in the pond, when the pond copes with the old ecological burden, due to the significant amount of phosphorus stored in the sediment. Rožmberk pond shows that material balances are indispensable for determining the actual conditions in ponds. We cannot do without this information about the proposed measures to improve the quality of water in ponds.

Keywords: Rožmberk, pond, phosphorus, eutrophication, nutrient balance, monitoring, sediment.