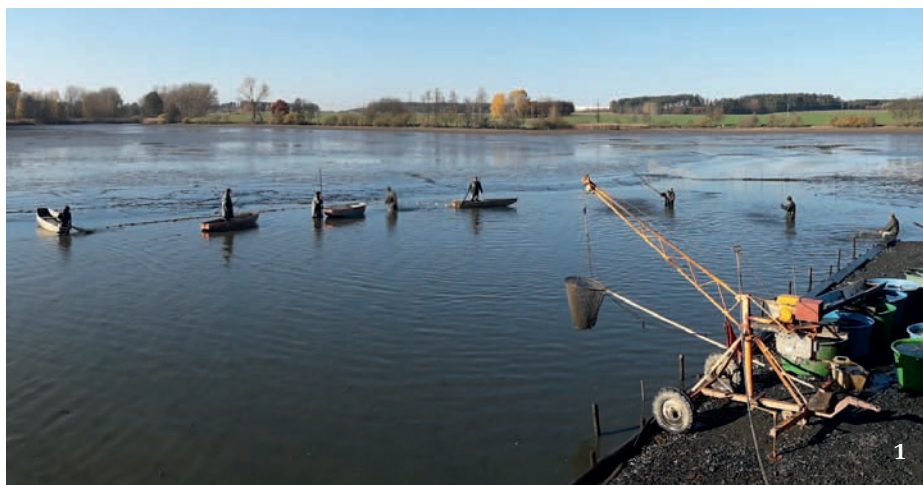


Co možná nevíte o (ne)obyčejném rybničním bahně

Bahno známe všichni, včetně malých dětí. Rybniční bahno je sice už trochu jiné téma, ale většina z nás se s ním jistě také setkala a nejspíš přitom nikoho nenapadlo, že by na něm mohlo být něco zajímavého nebo důležitého. Bahno je v menším množství významnou přirozenou součástí rybníků a vodních nádrží, ale když je ho moc, máme problém se zameškováním. Je důležité pro koloběh živin v rybníce, ale i pro živinový režim v celém povodí. Podívejme se tedy na rybniční bahno důkladněji.



Bahno jsme si zvykli označovat jako sediment. Ale je to nepřesné, protože sedimentem, tedy usazeninou, může být i šterk a písek, dále rostlinný materiál (jehličí, listy apod.). Měli bychom proto hovořit o jemném nebo jemnozrnném sedimentu a pro většinu typů bahna dokonce o organicky bohatém jemnozrnném sedimentu. Termín bahno se nám ale zdá jednodušší, budeme ho tedy pro usnadnění v následujícím textu používat (obr. 1 a 2).

Kde se bahno v rybníce pořád bere a k čemu je dobré?

Naprostá většina bahna přiteče do rybníků z povodí, především se zvýšenými průtoky po srážkách, kdy je ve velkém splavován materiál z orné půdy (vodní eroze). Čím je povodí necitlivěji zemědělsky využíváno, tím rychleji se rybník zaplňuje erozním materiálem. Nezládaná eroze poškozuje nejen pole, ale i rybníky a vodní nádrže obecně. Bahno vzniká také tím, že vlny vyplavují jemné částičky ze břehů a mělkého dna a přenášejí je do hlubších partií. Proto mívají rybníky, u nichž je hladina vystavena větru, nejmělkčí části písčité.

Ryby a plankton jsou ze zanášení rybníků obviňovány neprávem, protože množství bahna ovlivňují jen nevýznamně. Mají však důležitý vliv na jeho složení, především na organickou složku. Plankton odu-

mír, sedimentuje a spolu s výkaly ryb obohacuje bahno organickými látkami. Čím je rybník úživnější, tedy bohatší planktonem (zahrnujícím sinice, řasy, buchanky, perločky aj.) a rybami, tím větší je přísun organických látek do bahna. Zároveň ale kapři dokážou při hledání bezobratlých na dně, zejména larev pakomárů (čeledi Chironomidae, obr. 4), v bahně intenzivně rýt. Tím zlepšují přístup kyslíku pod povrch a podporují činnost dekompozitorů (hlavně bakterií, ale i „prvoků“, hub a dalších), kteří zase organické látky rozkládají (mineralizace sedimentů), přičemž často vracejí živiny do vodního sloupce k využití fytoplanktonem. Už teď vidíme, že procesy na rozhraní bahno/voda jsou velmi dynamické – a to nejvíce v létě, kdy je v teplé vodě aktivita všech organismů nejvyšší.

Bahno má zásadní úlohu při koloběhu látek ve vodě, v metabolismu rybničního ekosystému. Uplatňuje se především tenká svrchní vrstva bahna. Neaktivnější je horní zhruba 1 mm, kde se rychle zpracovává vše, co se čerstvě usadilo z vodního sloupce – zbytky planktonu bohaté organickými látkami a živinami. Zde se rozhoduje, co se hned vrátí do vodního sloupce a co se uloží a „nechá na později“. Jak říká kolega Richard Faina: „Jeden milimetr bahna obsahuje víc živin než celý vodní sloupec.“ Velmi aktivní je další vrstva silná

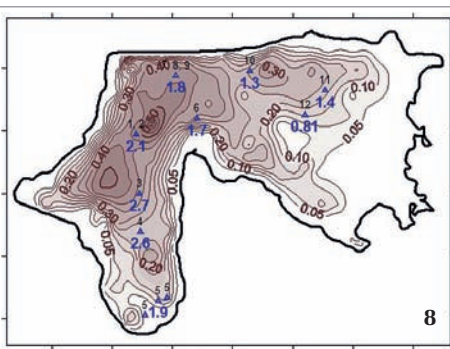
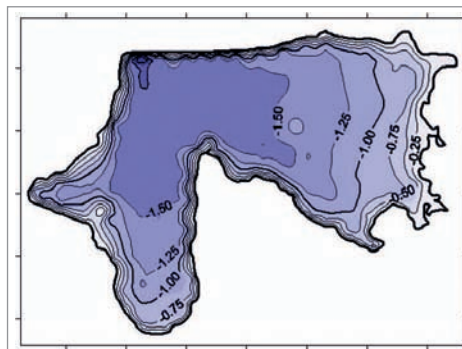
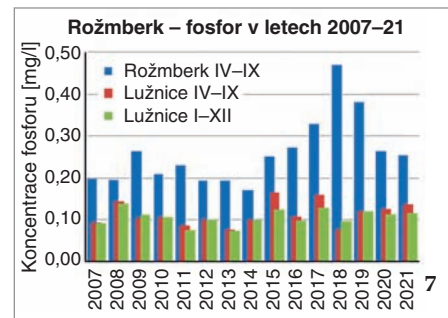
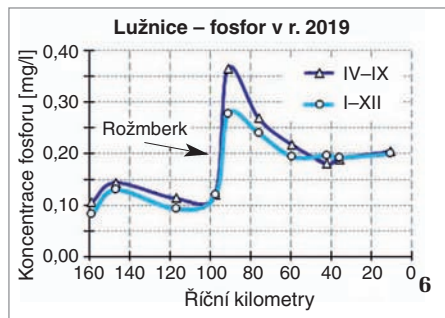
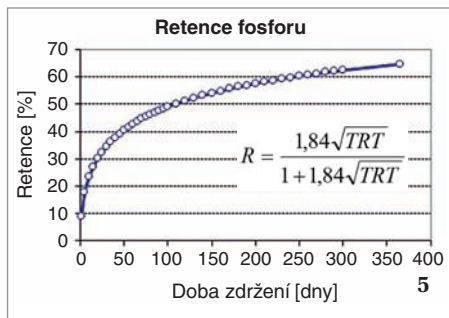
1 a 2 Výlov nám kromě ryb ukáže také bahno na dně – a velké množství bahna se dá rovněž do pohybu.

3 Vzorek bahna odebraný tzv. píchanou sondou. Je vidět velmi aktivní zvodnělá povrchová vrstva s chodbičkami larev pakomárů (vlevo), pod ní ulehlá střední vrstva a úplně dole (vpravo) zcela nereaktivní šedý jíl.

4 Larva pakomára *Chironomus* z druhové skupiny *plumosus*

od 1 do 10 cm, která bývá zvodnělá, tedy neulehlá a snadno se zvrhne pohybem vody a aktivitou ryb. Hluběji už je masa bahna spíše pasivním úložištěm látek (obr. 3).

Rybníky jsou místem intenzivní přeměny (transformace) látek a procesy v bahně na tom mají důležitý podíl. Syntéza a rozklad organických látek už byly zmíněny. Dusík je dílem ukládán v sedimentu jako součást organických sloučenin, denitrifikace (redukce dusičnanů na plynný dusík – anaerobní respirace nitrátu) velmi účinně odstraňuje z vody dusičnany. Fosfor, klíčová živina vodních ekosystémů, se ukládá v bahně. Zatím se málo ví, že obrovská mikrobiální aktivita, kterou zesilují kapři přerývající bahno a vytvářející tak prostředí obdobné tomu, jaké známe z aktivačních nádrží čistíren odpadních vod, dokáže rozložit i velmi odolné cizorodé organické



látky, např. zbytky léčiv a domácí chemické prostředky, lépe než standardní čistírny (Duras a Potužák 2016). Biodegradace těchto látek je tedy důležitou ekosystémovou službou, kterou nám bahno poskytuje.

Bahno si pamatuje

Povodí rybníka určuje základní charakter bahna. Rybníky přijímají nejen erozní materiál z polí, ale zároveň lépe či hůře vyčištěné odpadní vody z měst a obcí, z chovů dobytka, z průmyslu. Vstupují do nich tedy organické látky, živiny (dusík z polí a fosfor z měst a obcí) a také třeba ropné látky, těžké kovy nebo obtížně rozložitelné organické látky. Z nich nás aktuálně nejvíce znepokojují zdravotně rizikové polyaromatické uhlovodíky (PAU), které se do vod dostávají např. z čerstvých živých povrchů (z asfaltu) a vymýváním ze vzduchu či oplachem střech a podobných povrchů v sídlech (ze spalovacích procesů).

Transformace látek, jak byla popsána v rámci koloběhu uvnitř rybníka, se projevuje i na úrovni celých povodí. My si blíže všimneme živinového režimu, zejména pohybu sloučenin fosforu, prvku zvyšujícího úživnost našich vod. Mimo jiné podporuje rozvoj sinicových vodních květů,

jež dramaticky zhoršují kvalitu rekreačních i vodárensky využívaných stojatých vod. Fosfor zároveň nutně potřebujeme k udržení zemědělské produkce, přičemž jeho zásoby na světě zdaleka nejsou nekonečné – během zhruba 200 let zdroje této suroviny z velké části dojdou a náhrada neexistuje. Fosfor tedy představuje vážné téma.

Rybníky mají stejně jako všechny vodní nádrže schopnost zadržovat sloučeniny fosforu právě v bahně. Účinnost tohoto zadržování (retence) je záležitost řady procesů, ale podařilo se ji odhadnout na základě jednoduchého vztahu v závislosti na době zdržení vody (Hejzlar a kol. 2006). Zjednodušeně řečeno: čím pomaleji se voda v rybníce obměňuje, tím více fosforu se může zadržet (obr. 5). Ve většině případů má rybník potenciál zadržet 30–60 % všeho fosforu vstupujícího do něj z povodí – a to není vůbec málo. Pokud se ale např. kvůli produkci ryb cíleně hnojí nebo se rybní obsádka krmí více než 2 kg obilovin na 1 kg produkce kapra, případně pokud usazeniny nesou silné živinové zatížení z minulosti, rybník žádný fosfor nezadrží, ale může naopak sloužit jako zdroj tohoto prvku pro povodí níže (Potužák a kol. 2016). K tomu se ještě vrátíme.



5 Graf závislosti retence fosforu na teoretické době zdržení vody v rybníce nebo jiné vodní nádrži

6 a 7 Vztah rybníka Rožmberk a řeky Lužnice. V podélném profilu Lužnice je nápadné, jak po průtoku rybníkem obsah fosforu dramaticky roste (obr. 6).

V grafu dlouhodobého vývoje průměrných hodnot (7) za vegetační sezony je vidět, že jde o setrvalý stav, který se nezlepšil ani po r. 2011, kdy se snížil vstup znečištění z odpadních vod. Situace se nakonec ještě zhoršila v suchých letech, protože o sobě daly vědět staré zásoby fosforu v bahně. Římskými číslicemi je označena průměrná hodnota za vegetační sezony (IV–IX) a za rok (I–XII).

8 Rožmberk – batymetrická mapa ilustrující hloubkové poměry (vlevo, údaje v metrech) a mapa s vyznačením mocnosti bahna (vpravo, hodnoty v metrech), modré číslice udávají obsah fosforu (v g/kg sušiny).

9 Vysoce úživný (hypertrofní) stav rybníka Rožmberk zajišťují fosforem bohaté usazeniny.

10 až 13 Horusický rybník. Sací bagr v oblasti loviště (obr. 10), v pozadí potrubí přivádějící suspenzi bahna a vody do odvodňovacích geotextilních vaků (11). Po měsíci byl sediment v rypné konzistenci (12) a bylo možné ho snadno převézt na pole. Kontrast bahna bohatého organickými látkami oproti humusem chudé půdě je zřetelný (13). Foto z archivu ENKI, o. p. s. (obr. 12 a 13)

14 Koryto malého potoka zaplněné řídkým anaerobním bahnem – degradace cenných stanovišť (habitátů) pro vodní organismy, včetně raků

Bahno je paměť ekosystému, protože se v něm ukládá vše, co do rybníka přiteklo nebo co se v něm stalo. Současné husté obsádky kapra sice promíchávají jednotlivé vrstvy, takže datovat tu kterou událost, jak je běžné při práci s hlubokými jezerními sedimenty, není možné, ale jako celek paměť funguje dobře. Bahno si pamatuje i to, co bychom my rádi zapomněli – a vše nám připomene, když se to nejméně hodí.

Třeba když se snažíme zlepšit kvalitu vody v rybníce, ale bahno je doslova „našlapané“ živinami, nebo když chceme bahno využít v zemědělství (viz dále), ale obsahuje těžké kovy či PAU, což je případ většiny rybníků pod městy a obcemi.

● **Paměť rybníčního bahna a Rožmberk** Jako příklad uvedeného problému může posloužit Rožmberk (449 ha) – velmi průtočný rybník na Lužnici pod Třeboní. Voda se v něm obmění za běžných podmínek jednou za zhruba 20–30 dnů. To odpovídá retenci fosforu kolem 30 %. Rožmberk se



10



11



12



13

musel dlouhá léta vyrovnávat s obrovskými vstupy znečištění z blízkého velkochovu prasat a z města Třeboň. Velkochov řešil nefunkční čištění a nadměrné množství surových odpadních vod nelegálním vypouštěním do rybníka. Město spoléhalo na výjimky. Nepřekvapí, že ještě kolem r. 2008, kdy jsme odhadovali první látkové bilance fosforu, vycházelo, že z Rožmberka odeče každoročně o 10–15 t fosforu více, než přiteklo přirozenými přítoky. Přitom už 1 kg P, který vypustíme do vody, umožní hojný růst sinic ve zhruba 50 tisících m³ vody (50 milionech litrů!). Na přelomu let 2010/2011 velkochov ukončil činnost a Třeboň spustila novou, účinnou čistírnu odpadních vod. Z Rožmberka ale pořád odtéká voda podstatně horší kvality, než do něj Lužnicí přitéká (obr. 6 a 7). Pokud se zaměříme na obsah fosforu, v letech 2020 a 2021 z Rožmberka odteklo oproti přítoku navíc 6,5 a 7,0 t fosforu, zatímco rybník měl zachytit podle doby obměny vody v daném roce 4,4 a 4,7 t – to je rozdíl kolem 11 t tohoto prvku ročně (Mondeková 2022). Taková dávka už významně ovlivňuje i vodní nádrž Orlická, ležící v povodí výrazně níže, která zejména ve své horní polovině trpí hromadným rozvojem sinicových vodních květů. Když budeme chtít kvalitu vody v Orlické zlepšit, bude třeba vyřešit i Rožmberk. Poučení: Pokud ušetříme na čištění odpadních vod, budeme muset vydat peníze jinde, v tomto případě na odtěžení bahna – a že ho tam je podle našich měření 697 tisíc m³ (obr. 8).

Paměť ekosystému můžeme „resetovat“ odstraněním veškerého bahna. Ale pozor, bahno je s povodím a s hospodařením na rybníce v dynamické rovnováze. Když za vynaložení velkých finančních prostředků odbahníme rybník, ale nezlepšíme stav povodí (eroze, znečištění z odpadních vod), ničeho nedosáhneme. Totéž platí i pro in-

tenzitu hospodaření. Očekávat zlepšení po odstranění bahna, ale pokračovat přítom s intenzivním chovem ryb včetně bohatého krmení, nebo dokonce hnojení, není moudré. Tyto souvislosti vypadají srozumitelně, ale v praxi se např. opakovaně odbahňuje bez jakýchkoli souběžných zásahů proti erozi či vstupu odpadních vod. Za všechny můžeme zmínit pražskou Hostivařskou nádrž na Botiči a tábořský Jordán na Košínském potoce. Jejich odbahnění bylo jistě třeba, ale příznivý efekt stamilionových projektů velmi rychle smazal nadbytek fosforu v přítokajících vodě. Další kroky ke snížení obsahu fosforu v přítocích jsou po odbahnění i závodem s časem, protože se na dně tvoří další bahno, co si bude zítra pamatovat dnešní časy bohaté na živiny.

Bahno – problém, nebo příležitost? Zatím hlavně problém pro všechny

Bahno, když zabírá příliš velký objem rybníka, představuje problém pro rybáře. A to



14

nejen tím, že pro chov ryb zbývá menší prostor, ale i při výlovu, kdy se ryby soustředí do malého objemu vody při hrázi, v lovišti. Pokud je bahna příliš, zanášá rybám žábry a ty hynou, čímž se stávají neprodejnými. Klimatická změna s sebou navíc přinesla prodloužení teplejšího podzimního počasí a často i nedostatek vody, kterou lze rybám do loviště připouštět – to znamená i rychlou spotřebu kyslíku v lovišti s bahnitou vodou a další důvod k hromadnému úhynu ryb.

Odborníci, kteří se snaží zlepšovat kvalitu vody, na bahno také nepříjemně narážejí, a to v několika souvislostech. Prvně tam, kde bahno konzervuje nedobré poměry v rybnících (obr. 7), nebo dokonce i v horních částech přehradních nádrží. Fosfor uvolňovaný z bahna podporuje růst sinic a brání zlepšení kvality vody. To znamená komplikaci zejména u vodárenských přehradních nádrží, kde bychom se rádi dopracovali zlepšení situace. Jenže nádrže na první a obtížně prosazovaná opatření zaměřená na zdroje živin v povodí neregulují – hovoříme o fosforovém dědictví.

Druhá potíž s rybníčním bahnem může být v rámci povodí. Skrze tisíce našich rybníků protéká voda, jejíž kvalita se tímto průchodem buďlepší, nebo zhorší. Pokud bahno obsahuje nějaké staré znečištění, může se do vody uvolňovat a rybníky pak systematicky pracují proti nám. Ale mohly – a měly – by nám naopak pomáhat.

Další nepříjemné setkání s bahnem je při výlovcích rybníků. V poslední fázi výlovu odtéká z loviště hustá suspenze vody a zvráceného bahna. Tato fáze trvá od několika hodin u malých rybníků až po 4–5 dní u našich největších. Jemný materiál dokáže zabahnit koryto menších vodních toků, kde přijdou o stanoviště (obr. 14), a tím o život především larvy hmyzu, jako jsou chrostíci, jepice nebo pošvatky. Negativní

dopady má vypouštění bahna i na populace zvláště chráněných druhů vodních živočichů, např. raků. Zároveň však s sebou jemné částičky bahna nesou velké množství fosforu, zhruba 2–4 g na kg suchého materiálu. Na první pohled se to nemusí zdát mnoho, ale v případě Rožmberka jde každoročně (velmi zhruba) o 2–4 t fosforu (Mondeková 2022). Podle bilančního monitoringu, který jsme provedli na 10 velkých rybnících (na některých více let po sobě), se množství vypouštěného fosforu v poslední fázi výlovu pohybuje v rozmezí 3–9 kg/ha vodní plochy rybníka. U méně úživných rybníků, kde je bahno fosforem chudší a neuniká tak intenzivně, se odnos P může pohybovat kolem 1 kg/ha. Každoročně se tedy dává do pohybu obrovské množství bahna a na něj vázaných látek. Vše tak nějak mimo zájem legislativy i státní správy, jakkoli v principu by nic takového nemělo vůbec připadat v úvahu.

Poměrně častý je scénář, že bahno z jednoho rybníka vstupuje do dalšího. V rybníčních soustavách se může přesouvat níž a níž několik let. Nakonec skončí buď v rybníce, který se neloví, nebo v přehradní nádrži. Tam se hromadí a jednou ho bude třeba za obrovských finančních nákladů odtěžit. Zároveň se z něj i v místě konečného uložení může alespoň částečně uvolňovat navázaný fosfor. Ten pak podporuje rozvoj sinic tam, kde je určitě nechceme, tedy v rekreačně a vodárensky využívaných vodách (ostatně, sinice nechceme nikde).

Příležitost k recyklaci živin

Jak jsme už řekli, v rybníčním bahně se mimo jiné ukládají živiny a organické látky. Jejich množství se přepočítává na 1 kg suchého bahna. Dále uvedené hodnoty se vztahují k jemnému bahně z oblasti loviště. Můžeme zde v 1 kg sušiny najít již zmíněné 2–4 g fosforu, 8–15 g dusíku a 100–130 g organicky vázaného uhlíku (TOC). To vše je poměrně hodné, takže se logicky vnučují úvahy o využití takových zásob (Potužák a kol. 2017).

Zhruba do poloviny minulého století bylo pro sedláky rybníční bahno cennou surovinou. Buď si ho po vypuštění rybníka odváželi na pole, nebo se plodiny, obvykle obilniny, pěstovaly přímo na obnaženém dně v rámci letnění rybníka. V době snadno dostupných umělých hnojiv a rozsáhlých dotací do zemědělství bahno přestalo na prostou většinu zemědělců zajímat a pro rybníkáře ztratilo význam zpeněžitelného artiklu. Stalo se tak nežádoucím odpadem. Blahobyt zpřetrhal tradiční recyklaci látek v kulturní krajině.

V současnosti se nacházíme v zajímavé situaci. Na jedné straně máme stále k dispozici obrovská množství živinami bohatého a potenciálně využitelného bahna. Souběžně sílí snaha o zlepšování ekologického stavu našich vod, která nutně naráží na vliv rybníků, včetně úniků bahna při výlovech – bahno zkrátka nějak řešit musíme. Na straně zemědělců se zároveň zvyšují ceny hnojiv a velká část orné půdy strádá nedostatkem organického podílu, který znamená i zhoršené zasakování srážkové vody a sníženou odolnost krajiny proti suchu i povodním. Že by uzrála doba na docenění rybníků a jejich schopnosti zadržovat živiny v bahně? Doufejme.



15 Odsávání bahna sacím bagrem z oblasti loviště rybníka Rožmberk. Směs je vedena potrubím do lagun, kde se materiál odvodní, aby mohl být využit na zemědělskou půdu. Snímky a orig. J. Durase, není-li uvedeno jinak

● Pokus na Horusickém rybníce u Veselí nad Lužnicí

Horusický rybník (415 ha) jsme vybrali k podrobnému zkoumání živinové bilance a nevyhnuli se ani bahně, kterému jsme se věnovali v komplexním projektu v letech 2014–17 (Baxa a kol. 2017). Zjistili jsme, že v tomto rybníce je zhruba 3,75 milionu m³ bahna, což je právě tolik jako vody. V bahně je vázáno přibližně 1 300 t P, 11 tisíc t N a 185 tisíc t TOC. Sacím bagrem jsme odtěžili z nehlubší části rybníka, z loviště, několik set m³ bahna do geotextilních vaků a odvodněný materiál jsme vyvezli na pole (obr. 10–13). Zajímavé bylo porovnání obsahu hnojivých látek v bahně oproti půdě (v g/kg sušiny, vždy bahno/půda): fosfor 1,9/0,36, dusík 10,0/3,3, vápník 9,7/1,1, hořčík 4,3/0,82, draslík 7,2/1,6 a organicky vázaný uhlík 120/–. Bahno z úživného rybníka je tedy na všechny důležité látky výrazně, až řádově bohatší. Po aplikaci pěticentimetrové vrstvy bahna na pole se do půdy dostalo v přepočtu na 1 ha asi 480 kg P, 2 450 kg N a 28 t TOC. To je opravdu hodně. Musíme se zeptat, zda nebudou pěstované plodiny přehnojené nebo zda se nadávkované živiny rychle neuvolní zpět do vody. Tím se dostáváme k velmi důležitému sdělení. Živiny jsou v bahně poměrně pevně vázány v komplexech s organickými látkami. Proto se k nim kořeny rostlin nedostanou snadno, a to ani k většinou rychle dostupnému dusíku. Začnou se uvolňovat až mikrobiálními procesy, které se rozběhnou naplno teprve při teplotách příznivých i pro růst rostlin. Živiny se tedy během vegetační sezony postupně uvolňují a rostliny je stihnou průběžně využívat. Přes zimu jsou v bahně zapracované v půdě uzamčené. Nehrozí proto, že by se v půdě projevoval přebytek dostupných živin, a nemá se ani co vyluhovat do vodního prostředí. Zní to jako charakteristika zázračného ekologického hnojiva. Ale je to jen „obyčejné“ bahno, stačí si vzpomenout na praktiky našich předků a naučit se ho využívat.

Zatím jen velmi pomalu se přístup k využití úživného rybníčního bahna zlepšuje. Šanci na uplatnění má především v mikropovodích, kde bývají rybníky malé, množství bahna zvládnutelné a pole k pohnojení blízko – tím získává recyklace živin i ekonomickou udržitelnost. Recyklace bahna z rybníků dává smysl, zejména kdybychom zvažili jeho alespoň částečné odstraňování (např. z loviště) při každém výlovu, tedy každý jeden až dva roky.

Když se naučíme pohlížet na bahno jako na cennou surovinu, nejspíš si i lépe uvědomíme, že má smysl bránit kontaminaci tak důležitého materiálu nějakými cizorodými látkami, které obratem mění zařazení bahna do kategorie obtížného odpadu.

● Dobrý příklad na Rožmberku

Na některých rybnících, např. na Rožmberku nebo na Horusickém, se rybáři pustili do odsávání bahna v létě, před podzimním výlovem. Snaží se tak zlepšit podmínky rybám v lovišti. Sací bagr čerpá směs bahna a vody do lagun (obr. 15), kde postupně dojde k odvodnění a bahno je pak možné využít. Dobře se osvědčily dvě nově vytvořené laguny u Rožmberka. V r. 2021 v nich bylo odvodněno 3 600 m³ bahna a odvezeno k využití na ornou půdu i s 1,2 t fosforu. V Rožmberku je zásoba bahna celkově asi 700 tisíc m³ a fosforu 264 t, takže prostoru pro jeho intenzivní využívání je opravdu dostatek. Navíc s příznivým vlivem i na výše zmíněnou nádrž Orlík.

Závěrem

Rybníční bahno je velmi důležité pro koloběh látek, hlavně živin v každém rybníce. Na tomto koloběhu pak záleží, zda bude rybník v rámci hydrologických povodí působit spíše jako pomocník, nebo jako potížeště – tedy jestli bude kvalitu vody zlepšovat, nebo zhoršovat. Před sebou máme úkol naučit se využívat rybníční bahno v systému recyklace živin. To není nic nového, naši předkové to uměli výborně – jenže nám tento úkol komplikují znečišťující látky a ekonomika, která byla obecně nastavena spíše na plýtvání. V neposlední řadě hraje roli i aktuálně platná legislativa, která častějšímu využívání sedimentu příliš nepřeje.

Seznam použité literatury uvádíme na webových stránkách Živý.