



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

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



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

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

Možnosti zlepšování kvality vody na odtoku z rybníků

Ján Regenda a Pavel Hartman



ISBN 978-80-7514-195-8





Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

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

Možnosti zlepšování kvality vody na odtoku z rybníků

Ján Regenda a Pavel Hartman

Vodňany



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Vydání publikace bylo uskutečněno za finanční podpory:

Výsledky byly získány za finanční podpory Ministerstva zemědělství České republiky – projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum: Druhovká a technologická diverzifikace produkčního rybářství v ČR s cílem podpořit jeho efektivitu a konkurenceschopnost QK22020144 – 55 %

Publikace využívá rovněž výsledky z:

Inovativního projektu OP Rybářství č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/15_001/0000028 – 25 %

Projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/16_084/0010345 Instalace uzavřených okruhů na sádkách ryb, zadržení vody v krajině a minimalizace produkce škodlivin a opětovné využití živin v rybničním hospodářství (OP PIK) – 15 %

MŠMT projektu CENAKVA projektu CENAKVA (LM2023038) – 5 %



č. 202

ISBN 978-80-7514-195-8

1.	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	7
1.1.	Kvalita vody v rybních	7
1.2.	Kvalita vody při vypouštění a výlovech rybníků	10
1.3.	Možnosti zlepšování kvality vody na odtoku z rybníku	14
1.4.	Rybníční sediment	17
2.	CÍL	24
3.	MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE	25
4.	POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY	25
4.1.	Materiál a metodický postup	25
4.1.1.	Odběry vzorků vody a sedimentu	25
4.1.2.	Měření základních fyzikálně-chemických vlastností vody a laboratorní analýza vzorků vody a sedimentu	26
4.1.3.	Budování a odstraňování hrázek	28
4.1.4.	Výpočty objemu hrázek, průtok vody a bilance živin	32
4.1.5.	Charakteristika rybníků	34
4.2.	Výsledky	35
4.2.1.	Změny základních fyzikálně-chemických vlastností vody – terénní měření	35
4.2.2.	Změny vybraných fyzikálně-chemických analýz vody – laboratorní analýzy	40
4.2.3.	Živinové bilance	48
4.2.4.	Praktické zkušenosti, závěry a technické limity technologie	50
4.2.5.	Kvalita rybníčního sedimentu v prostoru loviště rybníků	54
4.2.6.	Ekonomické aspekty budování dočasných hrázek	56
5.	EKONOMICKÝ PŘÍNOS	57
6.	UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI	58
7.	SEZNAM LITERATURY	58
8.	PŘÍLOHY	63

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Rybníky patří mezi nejčastější typ stojatých vod na území ČR. Z technického hlediska se jedná o převážně historické malé vodní nádrže, které jsou dnes vesměs organicky začleněny do krajiny. Jejich výměra dosahuje na 52 tis. ha a počet přesahuje 24 tis. rybníků. O jejich důležitosti a mimoprodukčních funkcích svědčí i zařazení rybníků mezi „významné krajinné prvky“ – § 3, odst. 1, písm. b) z pohledu zákona o ochraně přírody a krajiny (č. 114/1992, Sb.). Vedle vesměs přirozených krajinných fenoménů, jakými jsou lesy, rašeliníště, vodní toky, jezera a údolní nivy, jsou tak rybníky jedinými představiteli lidských staveb. Nicméně jejich produkční funkce – chov ryb je jasně ukotvena v zákonu o rybářství č. 99/2004 Sb. (§ 2, písm. c). Rybníky tak v naší krajině nahrazují jezera, kterých je na území ČR ve srovnání s řadou jiných zemí velmi málo (Pechar, 2015).

Produktivita českých rybníků se v průběhu 20. st. zvýšila minimálně pětinasobně (Hartman a kol., 2016). Kvalita vody v rybnících se proměnila rovněž s ohledem na intenzifikaci rybníční produkce, jakož i celkově zemědělské krajiny. Pechar (2015) definuje tři etapy intenzifikace českých rybníků: první představuje období 30. let 20. století, kdy se začalo systematicky vápnit a hnojit superfosfátem, druhou etapu definuje 50. až 60. lety minulého století, kdy se ve státním rybářství kromě vápnění zavádělo rovněž hnojení pomocí průmyslových hnojiv. Za třetí etapu intenzifikace českého rybníkářství považuje autor 70. až 90. léta 20. st., kdy se s ohledem na eutrofizaci vod ustoupilo od plošné aplikace minerálních hnojiv a přešlo se na statková, organická hnojiva. Ve 21. století však došlo k postupnému snížení aplikace hnojiv do rybníků. Důvodem je větší celospolečenský důraz na kvalitu povrchových vod, jakož i snížení stavu hospodářských zvířat, což vede k faktickému nedostatku statkových hnojiv.

1.1. Kvalita vody v rybních

Kvalita povrchových vod v rybnících je v posledních letech pod drobnohledem odborné i laické veřejnosti. Očekávání, která veřejnost má od rybníků coby významných krajinných prvků ve smyslu § 3, odst. 1, písm. a) zákona o ochraně přírody a krajiny (č. 114/1992 Sb.), jsou velká a málo slučitelná se stavem naší krajiny a způsobem, s jakým nakládáme se živinami. Kvalita vody v rybnících totiž odráží kromě způsobu jejich obhospodařování také stav jejich povodí. Největší změny v kvalitě vody se udály ve druhé polovině 20. st., což názorně ilustruje práce Pechara (2015). Množství živin vstupujících v hnojivech do vody klesá a průměrná produkce ryb dosahuje lehce přes 500 kg.ha⁻¹. Kvalita vody

v rybnících se postupně zlepšuje, ale stále nedosahuje očekávaných hodnot. Do rybníků se totiž mj. dostávají rovněž živiny z čistíren odpadních vod, ať už v důsledku nedokonalé účinnosti, přetížení nebo přes odlehčení (Chmelický a Regenda 2018; Chmelický a kol., 2019; Duras a Marcel, 2022). Přes 56 % imisí fosforu do VD Orlík pochází z odpadních vod, zatímco z rybníků v jeho povodí to je 24 % (Čejka a kol., 2021). V některých případech mohou být zdrojem živin i výše položené rybníky, které se propláchnou při intenzivních srážkách (Potužák a kol., 2018). V posledních letech však na řadě rybníků negativně ovlivňuje kvalitu vody nepřímo také nekontrolovaný rozvoj „plevelných ryb“, které vyvíjením nadměrný vyžírací tlak na zdroje přirozené potravy (Obr. 1.1.) (Kajgrová a kol., 2022; Vrba a kol., 2023). To vede k zvýšené intenzitě vyhledávání benthické potravy kapry a zvyšování dávek krmiva ze strany chovatelů, které je hůře využito. Požadavky na kvalitu povrchových vod v obecné rovině definuje nařízení vlády č. 401/2015 Sb. (Tab. 1.1.).



Obr. 1.1. „Plevelné ryby“ negativně ovlivňují růst ryb a sekundárně také kvalitu vody v rybnících díky nadměrnému vyžíracímu tlaku (Foto J. Regenda).

Tab. 1.1. Vybrané ukazatele přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3 (Tab. 1a), emisní standardy v živočišné výrobě podle přílohy č. 2 a emisní standardy odpadních vody vypouštěných z komunálních čistíren odpadních vod podle přílohy č. 1 (Tab. 1a) nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Ukazatel	Jednotka	Přípustné znečištění povrchových vod roční průměr	Emisní standardy									
			Chov prasat "p"	Chov drůbeže "p"	ČOV <500		ČOV 500-2 000		ČOV 2 001-10 000		EO	
					EO	"p"	EO	"p"	EO	"p"	"m"	"prům."
Reakce vody – pH		5-9										
Nasycení kyslíkem – O ₂	mg.l ⁻¹	>9										
Biochemická spotřeba kyslíku – BSK ₅	mg.l ⁻¹	3,8	100	50	40	80	30	60	25	50		
Chemická spotřeba kyslíku – CHSK _{cr}	mg.l ⁻¹	26	500	200	150	220	125	180	120	170		
Celkový organický uhlík – TOC	mg.l ⁻¹	10										
Celkový fosfor – TP	mg.l ⁻¹	0,15		10					8	3		
Celkový dusík – TN	mg.l ⁻¹	6	250/500*	40/80*								
Amoniakální dusík – N-NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	0,23	60/400*	20/36*			40	20	30	15		
Nerozpuštěné látky – NL ₁₀₅	mg.l ⁻¹	20	140	80	50	80	40	70	30	60		

Poznámka: *zimní hodnoty <12 °C, p – přípustná hodnota – není aritmetickým průměrem za kalendářní rok a může být překročena v povolené míře udělené vodoprávním úřadem; m – maximální koncentrace, které jsou nepřekročitelné; prům. – aritmetické průměry koncentrací za kalendářní rok, které nesmí být překročeny, jejich počet odpovídá ročnímu počtu vzorků stanovenému vodoprávním úřadem.

1.2. Kvalita vody při vypouštění a výloveh rybníků

Výlovy rybníků jsou vyvrcholením produkčního cyklu ryb, který probíhá typicky na konci, případně začátku vegetačního období (tradiční jarní a podzimní výlovy). Způsob a provedení výlovu má vliv jak na kvalitu odtékající vody, tak i na víření sedimentu. Výlov rybníka je možné rozdělit na jednotlivé technologické operace (Adámek a kol., 2015). První fáze je tzv. strojení, která probíhá několik dní před vlastním výlovem. Při něm dochází k pozvolnému vypouštění rybníční vody. Záměrem je zkoncentrování rybí obsádky, do nejhlubší části rybníka – loviště. Podle Hartmana (2012) na 1 tunu hmotnosti lovených ryb uvažujeme v lovišti s prostorem 6–15 m³ vody. Vlastní výlov rybníka začíná stavěním „nádobí“, resp. „rozdáváním“ sítí (pokud není nádobí a podložní síť umístěna den předem). Následuje již sháňka (plašení) ryb a jejich lov za pomoci záťahových nebo podložních sítí. Dále se pokračuje tzv. jádřením sítí, které ještě více zkoncentruje ryby do prostoru vymezeného sítí. Záťah stejnou nebo i dalšími druhy sítí se může během dne opakovat s ohledem na velikost rybníka. Po záťahu sítí a jejím zjádření nastává vydávání ryb se sítí a jejich třídění neboli brakování. V lovišti a jeho okolí dochází k určitému zklidnění situace. Po ukončení lovení ryb sítěmi se přistupuje k ručnímu dolovení rybníka „na kesery“. Na závěr výlovu je v lovišti již jen malý objem vody a dochází k jejímu postupnému vypouštění. Ryby se loví a sbírají kesery (saky) do lodí nebo vaniček. Tato fáze výlovu je charakteristická intenzivním vířením vody (roste zákal vody) z důvodu pohybu lidí v lovišti. Po ukončení výlovu obvykle dochází k samovolnému povrchovému odtoku vody z loviště. To je doprovázeno velkou erozivností sedimentu uloženého v lovišti (Regenda a kol., 2018). Jak se mění kvalita vody v jednotlivých fázích výlovu, ukazuje Tab. 1.2.

Tab. 1.2. Příklady koncentrací vybraných parametrů vypouštěné vody (mg.l⁻¹) v jednotlivých fázích výlovu (průměr ± SD) (Regenda a kol., 2019).

Aktivita v rybníce	NL ₁₀₅	TP	TN
Rybník před vypouštěním	58,83±22,94	0,41±0,12	2,82±0,61
Vypouštění	126,64±70,32	0,59±0,30	3,52±1,69
Večer před výlovem	248,82±158,48	0,86±0,41	5,47±2,83
Ráno před výlovem	298,58±338,12	1,02±0,88	6,07±3,62
Stavění kádí	841,11±786,91	2,24±2,12	10,91±8,42
Plašení	1 871,67±1457,78	4,82±3,57	31,72±32,30
Zátah/zvedání podložky	1 936,00±1287,03	5,09±3,08	20,57±15,32
Jádření/přetažení sítě	4 500,00±800,00	9,20±3,80	59,00±31,00
Vydávání sítě	827,78±624,9	2,35±1,62	11,41±7,62
Plašení ryb II.	2 920,00±1617,90	7,40±6,83	25,40±12,75
Zátah/zvedání podložky II.	3 410,00±3046,36	7,97±7,68	46,42±45,00
Vydávání sítě II.	2 444,00±3584,14	4,81±6,63	11,44±7,22
Dolovek na kesery	7 579,17±5145,77	18,74±13,99	73,42±52,24
Po výlovu – povrchový odtok	26 900,00±19837,75	65,73±51,44	313,09±263,80

Kvalitu vody při výlovu ovlivňuje několik faktorů. Patří sem zejména: historie rybníka, stav jeho povodí, kvalita přítoků a sedimentu, jakož i způsob hospodaření. Na vlastnosti vytékající vody z rybníka má značný vliv rovněž počasí, druh obsádky a její biomasa (Regenda a kol., 2019). Dále ji může ovlivnit vhodná manipulace na výpustném zařízení a způsob výlovu (Mikšíková a kol., 2012). Kvalitou vody vypouštěné z rybníků se zabývala řada studií z České republiky (Kalenda a kol., 1982; Mikšíková a kol., 2012; Poštulková a kol., 2012; Adámek a kol., 2015; Freidinger, 2016; Regenda a kol., 2019), tak i ze zahraničí (Boyd, 1978; Schwartz a Boyd, 1994; Banas a kol., 2002; 2008). Voda odtékající z rybníka představuje riziko eutrofizace pro níže umístěné vodoteče (Potužák a Duras, 2015). Více než 90 % celkového fosforu odcházejícího z rybníku je pevně navázáno na nerozpuštěné látky a z pohledu eutrofizace proto nepředstavuje riziko. Nicméně po případném usazení takového sedimentu níže v povodí např. v hlubší, anaerobní zóně nádrží, může docházet k uvolňování fosforu v reaktivní formě. Podle výše uvedených autorů jsou hodnoty odtoku živin v první fázi vypouštění rybníků nízké. Odpovídají téměř celoročním hodnotám měřeným u výpusti. Ke zhoršení kvality vody dochází až těsně před samotným výlovem, kdy nastává odnos sedimentu z loviště v průběhu relativně krátké periody. Tento proces je umocňován vyšším vířením

sedimentů působením rybářů a pohybem ryb v lovišti (Regenda a kol., 2019). Odnos nerozpuštěných látek je ovlivněn také chováním rybí obsádky v lovišti, jelikož některé druhy mohou kalit vodu více než jiné (Kalenda a kol., 1982). Kvalita vypouštěné rybníční vody je tedy proměnlivá a její kolísání závisí z velké části na probíhajících činnostech v lovišti (Adámek a kol., 2015).

Proces výlovu rybníka způsobuje více či méně závažné odnosy nerozpuštěných látek, které jsou bohaté na různé sloučeniny a živiny, zejména pak fosfor (Kalenda a kol., 1982; Butz, 1988; Banas a kol., 2002; Vallođ a Sarrazin, 2010). Pokud dojde k pohybu sedimentu v důsledku snížení vodní hladiny a zmenšení prostoru pro rybí obsádku, tak s postupným vypouštěním vody, se úměrně zvyšují hodnoty celkového fosforu a nerozpuštěných látek. Tyto zvýšené hodnoty jsou patrné již od okamžiku silného zakalení vody způsobeného pohybem ryb při malém objemu vody v rybníce (Mikšíková, 2011). Mikšíková a kol. (2012) sledovali vypouštění a výlov dvou rybníků: Sirákovický (10 ha, loviště v rybníku) a Jezuitský (14 ha, loviště pod hrází). Produkce ryb v nich byla na úrovni 500–600 kg.ha⁻¹ a probíhala obvyklým polointenzivním způsobem. To, jak se proměňovala kvalita vody na obou sledovaných rybnících, ukazuje Tab. 1.3. Za poněkud překvapivé můžeme považovat zjištění, že horší kvalita vody byla zjištěna u Jezuitského rybníka s lovištěm pod hrází. Tento způsob lovení je totiž považovaný za šetrnější jak pro ryby, tak i z pohledu kvality vody. Při výpočtu odnosu NL₁₀₅ a TP za celý průběh vypouštění a výlovu rybníků bylo zjištěno, že při vypouštění odešlo 15,6 % (Sirákovický) a 12,4 % (Jezuitský) NL₁₀₅, resp. 27,0 a 17,6 % TP. V průběhu samotného výlovu rybníků odešlo 42,3 % (Sirákovický) a 85,5 % (Jezuitský) NL₁₀₅, resp. 37,5 a 80,6 % TP. Po ukončení výlovu odešlo ze Sirákovického rybníku otevřenou výpustí až 42,1 % NL₁₀₅ a 35,5 % TP, zatímco u Jezuitského rybníku jen 2,1 % NL₁₀₅ a 1,8 % TP (výpust byla záhy uzavřená). Celkově z obou sledovaných rybníků odteklo s vodou jen 0,2 až 0,5 % objemu uloženého sedimentu, což je zanedbatelné množství. Mikšíková a kol. (2012) rovněž potvrdila závislost mezi množstvím nerozpuštěných látek a celkovým obsahem fosforu.

Tab. 1.3. Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníků Sirákovický a Jezuitský v mg.l⁻¹ (Mikšíková a kol., 2012).

Období vzorkování	Sirákovický		Jezuitský	
	NL ₁₀₅	TP	NL ₁₀₅	TP
Vypouštění	31–88	0,115–0,252	21–290	0,081–0,494
Den před výlovem	222–464	0,074–0,446	620–9 320	0,350–7,220
Ráno před výlovem	250	0,376	2 770–23 600	3,17–21,0
Výlov	3 160–11 000	5,0–17,4	9 940–139 000	11,4–127
Po výlovu	<2	0,246	<2	0,246

Při sledování vypouštění a výlovu dvou menších rybníků Volský (1,60 ha) a Podveský (1,45 ha) zjistili Kalenda a kol. (1982) celkový odnos sedimentu ve formě sušiny z 1 ha na úrovni 919–1 080 kg.ha⁻¹. V přepočtu na 1 ha vodní plochy činila ztráta sedimentu výlovem 1,0 (Volský) a 1,6 mm.ha⁻¹ (Podveský). Naproti tomu v průběhu vegetačního období v rybníku Podvesný přibilo 27 až 52 mm.ha⁻¹ sedimentu. Ztráty sedimentu při výlovu jsou tedy podle této studie minimální. Odnos nerozpuštěných látek je podle autorů rovněž ovlivněn chováním rybí obsádky. Obsádka kapra kalila vodu při výlovu víc než obsádka línů. Při sledování kvality vypouštěné vody bylo zjištěno, že v čase dochází k výraznému zvyšování hodnot NH₄⁺, PO₄³⁻ a TP, zatímco se hodnoty dusitanových a dusičnanových iontů zásadně nezvyšovaly (Tab. 1.4.).

Tab. 1.4. Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníků Volský a Podveský v mg.l⁻¹ (Kalenda a kol., 1982).

Období vzorkování	NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		PO ₄ ³⁻		TP	
	Volský	Podveský	Volský	Podveský	Volský	Podveský	Volský	Podveský	Volský	Podveský
Vypouštění	0,49	0,70	0,031	0,006	0,14	0,983	0,13	0,12	0,078	0,102
Noc před výlovem	0,63	0,68	0,039	0,030	1,00	1,40	0,21	0,14	0,112	0,112
Ráno před výlovem	0,75	1,45	0,035	0,026	1,20	1,40	0,20	0,43	0,089	0,192
Výlov	1,45	2,00	0,041	0,160	1,90	1,40	0,27	0,66	0,166	0,383

Změny kvality vody při výlovu dvou rybníků na Vysočině (Medlov – 28,5 ha) a jižní Moravě (Jaroslavický dolní – 188,7 ha) sledovali rovněž Poštulková a kol. (2012). Z jejich výsledků vyplývá, že více živin odcházelo z rybníka Medlov než Jaroslavického dolního (Tab. 1.5.). Z rybníků za celé sledování odteklo víc než 2,0 a 4,4 tuny celkového dusíku, resp. 72,1 a 23,4 kg TN.ha⁻¹. U celkového fosforu to bylo řádově méně, a to 0,27 a 0,41 tuny, resp. 5,9 a 2,15 kg TP.ha⁻¹.

Tab. 1.5. Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníků Medlov a Jaroslavický dolní (Poštulková a kol., 2012).

Období vzorkování	Medlov				Jaroslavický dolní		
		TOC	TN	TP	TOC	TN	TP
Vypouštění	mg.l ⁻¹	14,5–23,2	1,5–2,0	0,22	14,5–45,4	1,5–3,2	0,26
Výlov	mg.l ⁻¹	18–53	1,7–7,7	0,98	20,4–44,8	3,3–5,5	0,76
Průměr za sledování	mg.l⁻¹	28,23	3,16	0,26	20,39	2,40	0,22
Odtok celkem	t	18,350	2,054	0,269	37,517	4,415	0,405
Odtok celkem	kg.ha ⁻¹	643,86	72,07	5,93	198,82	23,40	2,15

Identické trendy v proměnách kvality vody vytékající z rybníků uvádějí rovněž zahraniční autoři. Ti sledovali rybníky s chovem sumečka tečkovaného (*Ictalurus punctatus*) v USA (Boyd, 1978; Schwartz a Boyd, 1994), resp. extenzivní rybníky s obsádkou kapra a doplňkových ryb ve Francii (Banas a kol., 2002, 2008).

1.3. Možnosti zlepšování kvality vody na odtoku z rybníku

Možnosti, jak zlepšovat kvalitu odtékající vody z rybníků při jejich vypouštění a výlovu, nejsou v současnosti běžně rozšířeny. Nepřímo je zlepšována kvalita vody odtěžením sedimentu z prostoru loviště, a to suchou cestou po jeho výlovu nebo mokrou cestou s využitím sacího bagru, obvykle 2–3 měsíce před výlovem. Bahno z loviště se umísťuje v bezprostředním okolí rybníka s ohledem na minimalizaci přepravních nákladů a vysoké zvodnění sedimentu. Díky tomu uniká při následném výlovu z loviště menší množství bahna. Při využití sacího bagru je sediment přemísťován jen v rámci daného rybníka do prostoru litorálu. Tím se sice obnoví kapacita loviště před výlovem, ale sediment se do něj opět v průběhu dalšího produkčního cyklu postupně vrátí, takže je potřeba loviště opět odsát. Takovéto nakládání se sedimentem není příliš efektivní. Na některých rybních, kde jsou k tomu prostorové podmínky (např. Horusický, Rožmberk), zřizují rybáři sedimentační laguny (Obr. 1.2.). Ty dokáží velmi efektivně a levně zachytit zvodněný sediment a dostat ho tak trvale mimo rybníční ekosystém.

V posledních letech byla v ČR testována metoda zachytávání a recyklace rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru, integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí (Baxa a kol., 2017). Tento přístup představuje inovaci standardního procesu, při kterém je z prostoru loviště odsáván sacím bagrem sediment. Ten je však přepravován místo laguny nebo litorálu rybníka do speciální směšovací kolony. V ní dojde k dávkování mletého vápence z důvodu úpravy pH sedimentu. Cestou se do potrubí přidává rovněž naředěný tekutý flokulant (polymer C 498 HMW), který má za úkol efektivnější odvodňování sedimentu ve vacích. Takto zvodněný sediment putuje do vaků vyrobených ze speciální geotextilie. Kapacita čerpání sedimentu je 2,5 až 4 m³ za minutu a dávka flokulantu se pohybuje kolem 3 kg na tunu sušiny sedimentu. Proces zachytávání sedimentu ve vacích byl velmi rychlý a efektivní. Ve vzorcích vody vytékající z vaků bylo zjištěno snížení koncentrace TP a TOC až o 99 %. Velmi podobně se choval i TN (93 %), P_{rozp.} (89 %) a vápník (83 %) (Potužák a kol., 2016). Tato technologie je vhodná především pro zachytávání sedimentu na lokalitách, které jsou prostorově omezené. Její nevýhodou jsou vyšší náklady na geotextilní vaky,



Obr. 1.2. První ze dvou sedimentačních lagun na rybníku Rožmberk k zachytávání bahna odsávaného z loviště pomocí sacího bagru. Stav laguny v dubnu po povápnění sedimentu těženého v srpnu/září předchozího roku (Foto J. Regenda).

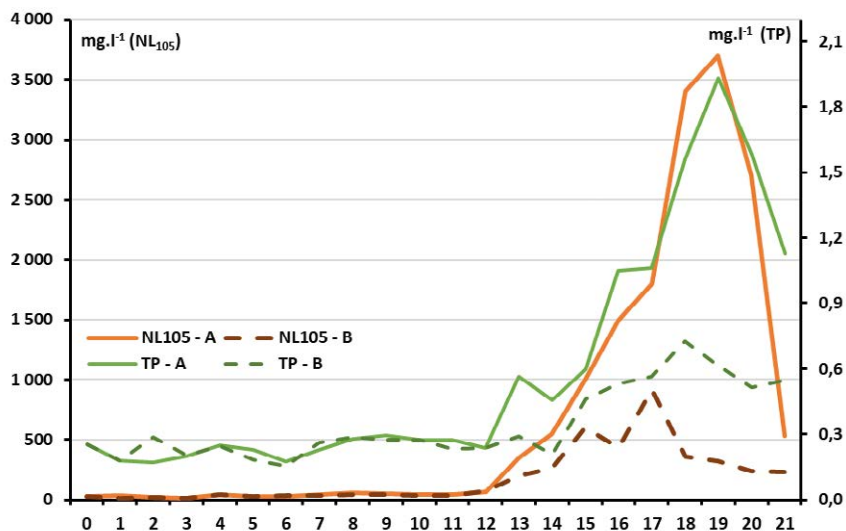
kteří jsou jednorázové. Po mírném zaschnutí sedimentu je nutné je rozříznout a sediment odvést např. na pole. Součástí experimentu bylo i následné uložení sedimentu na blízké pozemky a provedení polního pokusu s pěstováním obilí.

V minulosti se na některých rybních využívalo vybřežení na travní porosty pod rybníkem. Tím docházelo k zúrodňování luk, neboť se na nich zadržovaly živiny a sediment který nekontrolovaně odcházel z rybníka a nezanášel tak stoky (Tálský, osobní sdělení). Stejný princip byl využit ke zlepšení kvality vody v Brdech při výlověch na Padrťských rybnících v 80. letech 20. st. (Faina, osobní sdělení). Voda vytékající z rybníků byla pomocí hradítka vybřežena a nasměrována do mokřadních porostů v podhráží. Po několika desítkách metrů se tato voda vracela zpět do koryta stoky bez zjevné přítomnosti nerozpuštěných látek. Tento systém „čištění“ vody funguje na lokalitě dodnes a je velmi účinný (Potužák, nepublikováno).

V Rakousku je v současnosti vyžadováno u nově budovaných rybníků zřízení sedimentační laguny v prostoru pod rybníkem. Tyto laguny připomínají vývařiště, které známe u našich historických rybníků, ale jsou mnohem větší (Obr. 1.3.). Jejich objem je navržen tak, aby zabezpečoval dobu zdržení vody cca 30 minut v průběhu výlovu (Bauer, osobní sdělení). Účinnost této metody



Obr. 1.3. Sedimentační laguna pod rybníkem v Rakousku v průběhu jeho vypouštění (Foto J. Regenda).



Obr. 1.4. Výsledky zlepšování kvality vody (TP a NL_{105} v $mg.l^{-1}$) průchodem přes sedimentační lagunu pod rybníkem v Rakousku (profil A – voda z rybníka, profil B – voda pod lagunou).

Poznámka: vzorek 0 – rybník před vypouštěním, vzorky 1 až 11 vypouštění, vzorky 13 až 20 výlov, 21 – po výlovu.

na jednom z rybníků pro TP a NL₁₀₅ ukazuje Obr. 1.4. U historických rybníků je však problematické zřizování těchto lagun z důvodu majetkoprávních.

První pokusy zachytit sediment unikající při výloveh pomoci dočasných bariér z balíků slámy provedl Regenda a kol. (2017). Účinnost zadržení TP a NL₁₀₅ byla poměrně dobrá a v závislosti na čase vzorkování dosahovala vyšších desítek procent (rozdíl mezi koncentracemi na profilu A – pod rybníkem a profilu B – pod bariérami ze slámy).

V posledních letech je po celém světě silně vnímána potřeba mnohem efektivnějšího nakládání s živinami, které do chovu ryb vstupují a vystupují, resp. při výloveh rybníků unikají bez užitku. V tropech, kde se v rybnících chovají různé druhy tilapií a sumců, se proto rozpracovávají takové metody chovu ryb, které efektivněji zužitkují maximum jednou dodaných živin. Voda vypuštěná z rybníků se tedy využívá k pěstování rýže. Případně po výlovu rybníka se jeho dno následně použije k produkci zemědělských plodin pro humánní spotřebu anebo jen mokřadních rostlin (retence P a N). Eventuálně se zvažuje cílené využití rybníčních sedimentů v rostlinné výrobě jako hnojiva (Kwei Lin a Yang Yi, 2003; Kwei Lin a kol., 2008; Muendo a kol., 2014).

S ohledem na vysoké koncentrace nerozpuštěných látek při samotném výlovu rybníků doporučují Schwartz a Boyd (1994) klidné vypouštění většiny vody z rybníků, protože koncentrace potenciálně znečišťujících látek jsou před vlastním výlovem nízké. Za nejlepší způsob, jak minimalizovat potenciální znečištění vody sedimenty rybníků, zejména během výlovu, považují co nejrychlejší slovení ryby z rybníka a během výlovu nevypouštět vodu. Případně v průběhu výlovu vypouštět znečištěnou vodu do usazovací nádrže nebo retenčního rybníka.

1.4. Rybníční sediment

Zazemňování vodních toků i ploch patří mezi přirozené jevy v důsledku erozivních procesů probíhajících v jejich povodí. Člověk svou hospodářskou aktivitou v povodí tyto jinak přirozené procesy často zesiluje (urychluje), a to velkoplošně. Zazemňování rybníků tedy probíhalo přirozeně od prvopočátků rybníkářství. Nicméně velká fragmentace zemědělské krajiny a relativně a nízká intenzita zemědělské výroby do poloviny 20. století nepředstavovala zásadní problém v zazemňování. Pravidelné letnění rybníků spojené s osetím rybníčního dna, případně jen zimování rybníků s vyvezením loviště na pole udržovalo množství sedimentu v rybníční kotlině na přijatelné úrovni (Mokrý, 1935). Dostatek pracovní síly, času a personální provázání zemědělství a rybníkářství umožňovalo lokální recyklaci živin na úrovni mikropovodí.

Kolektivizace zemědělství a následné rozorání mezí v 50. letech 20. st., jakož i celková intenzifikace zemědělské produkce vedla k zvýšení zanášení rybníků sedimenty. Státní rybářství reagovalo na nově vznikající problém programem na vyhrnování zanesených rybníků. Ten se později v 80. letech minulého století přetvořil v program na plošné odbahňování rybníků. Kromě vyčlenění finančních prostředků, kdy vzniknul fond na odbahňování rybníků, byly taky vybudovány kapacity těžkých zemních strojů soustředěné do několika středisek (Třeboň, Hluboká n. Vltavou, Praha, Městec Králové a Velké Meziříčí) (Šilhavý, 2015).

To, jak se dostává sediment do rybníků, resp. jak v nich vzniká, podrobně popisuje Čášek (2016). Podle něj jsou nejvýznamnějšími původci zazemňování nádrží: erozní procesy v povodí, erozní procesy břehů a dna vodních toků, ukládání plavenin, sapropel, rozklad opadu listů z břehových porostů, výkaly ryb a vodních živočichů (řazeno dle významu sestupně). Postupné zanášení vodních nádrží vede k oslabování funkcí, pro které byla nádrž (rybník) původně postavena. Odbahnění zanešené nádrže je organizačně náročné a ekonomicky nákladné. Proto Čášek (2016) navrhuje investovat mnohem větší úsilí na prevenci zanášení než na řešení jejich následků, jak je tomu nyní.

Přehled různých technických možností pro odbahňování rybníků a praktické zkušenosti s nimi přináší Kranecki (2016). Na rybnících v okolí Prahy testoval různé metody odbahňování rybníků. Použití sacích bagrů pro plošné odbahnění rybníků Kranecki (2016) doporučuje jen ve zcela výjimečných případech. Musí se jednat o nádrže, které se nedají (nemohou) vypustit, jsou prostě překážek na dně (např. stromy a větve) a není zde podmínka docílení rovného a dobře vyspádaného dna. Jako problematické se rovněž ukázalo nakládání se zvodněným sedimentem. Tedy jeho odvodnění a transport. Zkoušeny byly rovněž alternativní metody odbahňování založené na principu mikrobiálního rozkladu organické hmoty. Tento proces měl být podpořen aplikací speciálních kmenů mikroorganismů společně s provzdušňováním sedimentu pomocí vzduchovacích hadic. Tím se měla nosnost sedimentu v průběhu vegetačního období v nádrži snižovat. Nicméně skutečný úbytek sedimentu byl minimální a tato technologie jako celek se neosvědčila. Za nejefektivnější považuje Kranecki (2016) odbahňování rybníků suchou cestou s výlovem a vysušením dna na podzim. To je šetrné i z pohledu zájmů ochrany přírody.

Přehled možností a omezení při nakládání se sedimenty popisuje Kotrba a Zbirovský (2016). Autoři rozebírají právní povahu sedimentu jako odpadu (zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech) a ukazují možnosti, jak s ním dál naložit. Sediment však není odpadem při splnění podmínky definované v § 2, odst. 1, písm. f), zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. Podle autorů je možné sediment z rybníků využít následujícím způsobem: uložit na zemědělský půdní fond, terénní úpravy a rekultivace – zaspávání (§ 11, odst. 1, písm. v)), uložení v jiném zařízení (§ 9 a 10) nebo jako vedlejší produkt (§ 8), např. kompostování (viz ČSN 46 5735).

Nakládání se sedimentem po vytěžení je ovlivněno především jeho kvalitou. Kvalitu rybníčních sedimentů v ČR hodnotí řada autorů (Gergel a kol., 2002; Kubík, 2011; Šulcová a kol., 2017; Baxa a kol., 2019a,b; Kopp a kol., 2019). Podle jejich výsledků většina rybníčních sedimentů splňuje kvalitativní požadavky dané legislativou (Tab. 1.8. a 1.9.). Nicméně malá část vzorků, v řádu jednotek procent, v některém ze sledovaných parametrů nevyhovuje. Tradičně nadlimitní hodnoty arzenu souvisí obvykle s vysokým horninovým pozadím, které se nachází přirozeně na celé řadě lokalit v ČR. Kadmium často překračuje limit z důvodu historické aplikace méně kvalitních fosforečných hnojiv a čistírenských kalů na ornou půdu. Podobně má antropogenní původ v zemědělství rovněž zinek (Baxa a kol., 2019a). V poslední době se kromě těžkých kovů setkáváme také s kontaminací polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU), a to zejména u návesních rybníků (lokální topeniště, odpadní vody), u rybníků, do kterých jsou zaústěny komunální odpadní vody či odvodňovací kanály z pozemních komunikací (automobilová doprava) (Šulcová a kol., 2022).

Marval a kol. (2019) provedli studii ve které monitorovali povodí Jickovického potoka v režimu: půda – voda – sediment. Z jejich výsledků plyne, že kvalita vody v rybnících je silně ovlivněna bodovými zdroji znečištění (obce, farmy hospodářských zvířat). Většina rybníků však dokázala přísun živin z povodí zastavit a akumulovat je v sedimentu, resp. rybníční produkci. Jen dva rybníky, resp. jeden silně zabahněný byl donorem živin nad rámec povodí. Takovéto typy rybníků proto autoři doporučují k prioritnímu odbahnění. Na většině rybníků byla v jejich sedimentu zjištěna v průměru až o 63% vyšší zásoba živin než v okolních půdách. Výjimkou byl jen jeden rybník, který byl v nedávné době odbahněný, resp. druhý, který byl vybaven obtokovou stokou. Rybníční sediment je potencionálně dobrým hnojivem (Tab. 1.6.). To potvrzují rovněž výsledky živinových analýz, které uvádí Baxa a kol. (2019b) (Tab. 1.7.). Kopp a kol. (2019) ve svém zkoumání 34 rybníků hodnotí obsah živin v rybníčních sedimentech velmi kladně. Podle výše uvedených autorů je nejvíce živin v rybníku vždy přítomno v jeho nejhlušších částech – v prostoru loviště.

Při následném využití musí rybníční sediment splňovat základní kvalitativní parametry definované příslušnou vyhláškou podle způsobu nakládání s ním, kdy jsou pro sedimenty v obecné rovině využívány především dva základní přístupy, tj. aplikaci na zemědělský půdní fond – vyhláška č. 257/2009 Sb., nebo využití k terénním úpravám, rekultivacím, zavážení (zasypávání) – vyhláška č. 273/2021 Sb. (Tab. 1.9.). Z uvedené tabulky je patrné, že rozsah sledovaných parametrů je podobný. Vyhláška č. 273/2021 Sb. však navíc umožňuje při překročení limitů třech parametrů využít i sediment k zasypávání za předpokladu vyhovění podmínek ekotoxikologických testů (viz § 6, odst. 4).

Tab. 1.6. Přehled a srovnání výsledků rozborů rybníčních sedimentů (průměr; min.–max.) na základní živiny podle různých autorů (mg.kg⁻¹ sušiny).

Živina	Forma	Kubík (2011)	Baxa a kol. (2019b)	Kopp a kol. (2019)	Marval a kol. (2019)
Fosfor (P)	celkový		1 113,2 (23–3 020)	935,6 (198–2 850)	
	dostupný	41,4 (1,0–287)	7,21	25,1 (2,2–104,3)	215,8 (83,8–501,5)
Dusík (N)	celkový		4 511,0 (9–12 100)		
	dostupný		72,9 (2,51–427)		
Vápník (Ca)	celkový		11 836,6 (1 040–210 000)	48 900 (7 000–140 000)	
	dostupný	3 761 (4,20–28 500)		21 000 (2 200–48 000)	3 204,6 (2 240–4 015)
Hořčík (Mg)	celkový		4 483,8 (309–12 400)		
	dostupný	328 (7,10–1 640)		1 020 (80–2 800)	962,7 (745–1 295)
Draslík (K)	celkový		3 664,8 (275–12 200)		
	dostupný	213 (8,7–988)		277 (60–560)	432,2 (274–576)
pH (CaCl ₂)		5,88 (2,8–7,8)	6,60 (5,36–8,0)		

V rybářském odvětví je hlavním zdrojem těžného a manipulovaného sedimentu plošné odbahňování rybníků (Obr. 1.5.), které je dotačně podporováno (do 80 %) ze strany MZe pro rybníky o výměře od 2 až do 30 ha (viz program 129 280 „Podpora retence vody v krajině – rybníky a vodní nádrže“, pro chovatele ryb s výměrou nad 15 ha; případně 129 390 „Podpora opatření na drobných vodních tocích a malých vodních nádržích – 2. etapa“ pro obce, LČR, podniky povodí apod.). Minimální průměrná výška sedimentu v nádržích musí být 40 cm. Rybníky menší než 2 ha je možné plošně odbahňovat a rekonstruovat s dotační podporou OP Rybářství (dotace 50 %). Další možností státní podpory odbahňování vodních nádrží (rybníků) je možné najít rovněž v OP Životní prostředí. Tyto nádrže však nebudou moci být racionálně využívány k chovu ryb. Při plošném odbahňování jsou hodnocené směsné vzorky sedimentu odebrané reprezentativně z celé plochy rybníka. Na to je nastavena současná výše uvedená legislativa pro nakládání s rybníčními sedimenty.



Obr. 1.5. Plošné odbahnění rybníka je vždy nákladná a také administrativně náročná akce (Foto J. Regenda).

Samostatnou kapitolu v podpoře odbahněování rybníků představuje odstraňování sedimentu z lovišť. Což je realizováno cca od roku 2000 z národních zdrojů pro rybníky s katastrální výměrou nad 5 ha. Jedná se o dotační titul „15. Podpora mimoprodukčních funkcí rybníků“ v rámci národních dotací do zemědělství vyplácených MZe ČR (viz Zásady, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací – aktualizováno vždy pro daný rok na základě § 1, § 2 a § 2d zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů). Mezi deset podporovaných a zajišťovaných vodohospodářských a celospolečenských funkcí rybníků je zařazena také „Péče o rybníční fond ve veřejném zájmu: 15.5. odstraňování sedimentu z loviště“. Výše dotace je do 1 000 Kč/ha rybníční plochy. Skutečně vyplácená výše dotace je však nižší a pohybuje se dle finančních možností rozpočtu MZe v posledních letech na úrovni 500–700 Kč/ha.

Řada polutantů je však navázána především na nejmenší partikule sedimentu, které jsou z fyzikálních důvodů koncentrovány v nehlubší části rybníka, tedy lovišti (Šulcová a kol., 2017; Marval a kol., 2018). Při hodnocení kvality vzorků sedimentu odebraných jen v lovišti dochází k občasnému překročení některých sledovaných parametrů (viz Tab. 4.3.), neboť nedochází k „naředění“ vzorku

o něco málo většími částicemi nacházejícími se v litorálu, na které se polutanty vážou v menší míře. Při hodnocení sedimentu podle aktuálních legislativních limitů je tedy potřebné rozlišovat, zda se jedná o výsledky z reprezentativního vzorku za celý rybník, nebo o vzorek sedimentu pocházejícího jen z okolí loviště daného rybníka. Dalším aspektem je rovněž množství vytěženého sedimentu. Zatímco při plošném odbahnění rybníka, které se realizuje jednou za mnoho desítek let, je těženo min. $4\,000\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, při vyvážení nebo odsávání loviště, resp. zachytávání sedimentu v podhrází, které se děje obvykle jednou za dva roky, dosahuje jeho objem na daném místě jen desítek až stovek kubíků, bez ohledu na velikost rybníka. Proto byli naši předci schopni pravidelným vyvážením loviště na pole udržovat v rybnících přijatelné množství sedimentu. Přesto, že je rybníkářství v ČR po roce 1948 organizačně odtrženo od zemědělství či lesnictví, a netvoří tak homogenní celek – (velko)statek, je nutné hospodařit s krajinou a jejími zdroji integrovaně. Což se velmi osvědčovalo před rokem 1948. Různá právní a vlastnická struktura aktérů hospodářských v krajině, jakož i jejich ekonomické zájmy a státní dotační podpora tento integrovaný přístup v současnosti spíše komplikuje. Sedimenty nacházející se v rybnících pocházejí nejčastěji z okolních, resp. výše položených pozemků. Je proto výhodné je tam také navracet. Jedná se o kvalitní materiál, který dokáže zúrodnit ornou půdu až na několik následujících let. Velká část živin, zejména P, K, Mg, je v rybníčním bahně totiž poměrně pevně navázaná a uvolňuje se postupně (Tab. 1.6., 1.7. a 4.4.). Lokální využití rybníčních sedimentů se do budoucna může stát nástrojem k recyklaci živin v rámci mikropovodí, resp. může vstupovat do cirkulární ekonomiky ve formě nových výrobků a produktů. Z tohoto pohledu však bude nezbytné minimalizovat přepravní náklady a hledat pro sedimenty využití v blízkém okolí.

Tab. 1.7. Přehled a srovnání výsledků rozborů celkového a dostupného fosforu a dusíku v rybníčním sedimentu vybraných rybníků ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny, podíl v %) (Baxa a kol., 2019b).

Rybník	Fosfor (P)			Dusík (N)		
	Celkový	Dostupný	Podíl	Celkový	Dostupný	Podíl
Rožmberk	2 900	56	1,93	10 000	100	1,00
Horusický	1 700	23	1,35	9 000	160	1,78
Dehtář	2 000	9	0,45	8 400	220	2,62
Buzický	3 200	260	8,13	2 300	22	0,96
Svět	1 000	15	1,50	5 100	50	0,98
Posměch	2 300	300	13,04	4 800	10	0,21
P. Řiřovíz	2 100	10	0,48	1 800	32	1,78
V. Dražský	1 500	76	5,07	4 500	93	2,07

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Tab. 1.8. Přehled a srovnání výsledků rozborů sedimentů na vybrané polutanty podle různých autorů (mg.kg⁻¹ sušiny).

Polutant		Gergel a kol. (2002)	Kubík (2011)	Šulcová a kol. (2017)	Baxa a kol. (2019a)	Baxa a kol. (2019b)
	Roky	1997–2002	1995–2010	2011–2017	2011–2019	2011–2017
Těžké kovy						
Arsen (As)	prům. ± SD	16,69	11,8	11,58	10,3 ± 9,2	10,6 ± 9,3
	min.	0,04	0,95	0,0027	0,003	0,0027
	max.	381,14	228	65,4	65,4	62,4
Kadmium (Cd)	prům. ± SD	0,60	17,4	0,68	0,6±0,9	0,7±0,9
	min.	0,01	0,05	0,001	0,001	0,0005
	max.	11,60	1 660	7,25	7,25	7,25
Chrom (Cr)	prům. ± SD	59,44,	50,6	48,40		
	min.	0,0	4,5	0,001		
	max.	895,5	425	271		
Rtuť (Hg)	prům. ± SD	0,19	0,136	0,29	0,30±0,30	0,3±0,1
	min.	0,03	0,009	0,001	0,001	0,001
	max.	1,92	1,85	1,3	3,9	1,3
Nikl (Ni)	prům. ± SD	30,31	34,1	32,64		
	min.	1,25	1,2	0,0064		
	max.	222,75	452	297		
Olovo (Pb)	prům. ± SD	31,74	57,9	86,95	31,0±24,2	32,0±26,4
	min.	0,11	4,6	0,001	0,001	0,001
	max.	189,05	3 350	5 430	296	296
Měď (Cu)	prům. ± SD	64,81	28,9	42,70	39,7±77,6	40,7±86,2
	min.	2,58	4,0	0,01	0,01	0,01
	max.	845,0	162	1 120	1 120	1 120
Zinek (Zn)	prům. ± SD	138,8	153,8	169,03	151,6±251,5	162,3±279,6
	min.	0,00	16,1	0,0514	0,051	0,0514
	max.	2 133,11	1 630	2 450	2 450	2 450
Kobalt (Co)	prům. ± SD	11,50	12,7	13,63		
	min.	0,0	1,90	0,52		
	max.	91,20	59,0	83,8		
Organické sloučeniny						
uhlovodíky C ₁₀ –C ₄₀	prům. ± SD			120,32	114±175	115,9±183,7
	min.			2	2	2
	max.			1 390	1 390	1 390
BTEx	prům. ± SD			0,19	0,26±0,84	0,3±0,9
	min.			0,04	0,04	0,04
	max.			1,48	8,90	8,90
PAU	prům. ± SD			6,02	5,1±30,5	5,3±33,0
	min.			0,12	0,1	0,12
	max.			421	421	421
PCB	prům. ± SD		0,0139	0,04	0,043±0,089	0,04±0,1
	min.		0,00175	0,01	0,005	0,005
	max.		0,136	1,02	1,020	1,020
DDT	prům. ± SD		0,0067	0,06	0,059±0,026	0,06±0,01
	min.		0,0015	0,01	0,005	0,008
	max.		0,0748	0,10	0,325	0,079

Tab. 1.9. Přehled a porovnání kvalitativních limitů pro rizikové prvky a látky sedimentů podle vyhlášek č. 257/2009 Sb. a č. 273/2021 Sb.

Parametr	Jednotka	Limity vyhláška č. 257/2009 Sb.			Limity vyhláška č. 273/2021 Sb., příloha č. 5		
		Příloha 1 sediment	Příloha 3 – půdy		Tab. 5.1. – odpady		Tab. 5.4. sediment
			běžné	lehké	sloupec I.	sloupec II.	
Obsah skeletu 2–4 mm	%	30	–	–	–	–	–
Obsah skeletu nad 4 mm	%	2	–	–	–	–	–
Arsen (As)	mg.kg ⁻¹ suš.	30	20	15	10	30	30
Baryum (Ba)	mg.kg ⁻¹ suš.	–	–	–	600	600	600
Beryllium (Be)	mg.kg ⁻¹ suš.	5	2	1,5	5	5	5
Kadmium (Cd)	mg.kg ⁻¹ suš.	1	0,5	0,4	1	2,5	2,5
Kobalt (Co)	mg.kg ⁻¹ suš.	30	30	20	–	–	30
Chrómový celkový (Cr _{celk.})	mg.kg ⁻¹ suš.	200	90	55	100	200	200
Měď (Cu)	mg.kg ⁻¹ suš.	100	60	45	100	170	100
Rtuť (Hg)	mg.kg ⁻¹ suš.	0,8	0,3	0,3	0,8	1	0,8
Nikl (Ni)	mg.kg ⁻¹ suš.	80	50	45	65	80	80
Olovo (Pb)	mg.kg ⁻¹ suš.	100	60	55	100	200	100
Vanad (V)	mg.kg ⁻¹ suš.	180	130	120	180	180	180
Zinek (Zn)	mg.kg ⁻¹ suš.	300	120	105	300	600	600
Suma BTEX	mg.kg ⁻¹ suš.	0,4	–	–	–	–	0,4
PAU – Σ12-ti PAU	mg.kg ⁻¹ suš.	6	1,0	1,0	3	6	6
PCB – Σ kongenery	mg.kg ⁻¹ suš.	0,2	0,02	0,02	0,05	0,2	0,2
DDT (včetně met.)	mg.kg ⁻¹ suš.	0,1	–	–	–	–	–
Uhlovodíky C ₁₀ –C ₄₀	mg.kg ⁻¹ suš.	300	–	–	200	300	300
benzo(a)pyren	mg.kg ⁻¹ suš.	–	–	–	0,005	0,015	–
benzen	mg.kg ⁻¹ suš.	–	–	–	0,4	0,7	–
EOX	mg.kg ⁻¹ suš.	–	–	–	1	2	1

2. CÍL

Problematika kvality vody při vypouštění a výlovu rybníků nebyla v posledních letech pod drobnohledem odborné veřejnosti. Každoroční vypouštění a výlovy rybníků představují technologický prvek rybníčního chovu ryb, v rámci kterého odchází z rybníků velké množství sedimentu a živin. Ty zatěžují jednak vodní toky pod daným rybníkem a dále pak celé povodí. V čase se zvyšuje riziko kontaminace unášeného sedimentu, který se postupně hromadí v určitých uzávěrových profilech (např. VN Orlík). Z užitečného hnojiva se tak snadno může stát nebezpečný odpad.

Cílem této práce je představit jednoduchou a levnou technologii instalace dočasných bariér z balíků slámy (sena) ve stoce pod rybníkem. Ta je vhodná

spíše pro menší rybníky, na kterých není ekonomicky či organizačně možné odstraňovat sediment jinou technologií, např. plovoucím sacím bagrem.

Přinášíme tak první ucelené výsledky, jakož i praktické postřehy a limity této nové technologie. Její účinnost je v některých fázích výlovu až překvapující.

3. MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE

Vývoj a testování této technologie probíhalo díky spolupráci Ústavu akvakultury a ochrany vod, Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích společně s následujícími podniky: Blatenská ryba, s.r.o., Krajské školní hospodářství České Budějovice (dále jen KŠH) a Rybářství Nové Hradky, s.r.o.

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY

4.1. Materiál a metodický postup

4.1.1. Odběry vzorků vody a sedimentu

Odběr vzorku vody

Vzorky vody byly odebírány vždy na dvou profilech, pod hrází rybníka (ve vývařišti) – profil „A“ a pod druhou bariérou z balíků slámy – profil „B“ tak, aby bylo možné zajistit reprezentativní vzorek vody. U některých rybníků bylo nutné odebírat vzorek vody pod druhou bariérou poněkud níže pod hrázkou, aby odebraný vzorek obsahoval rovněž vybřeženou část vody po jejím opětovném navrácení do koryta stoky.

Vlastní odběr vzorků vody probíhal pomocí teleskopické tyče s 1 000ml plastovou kádinkou na konci. Jednotlivé dílčí vzorky vody byly slévány po dobu 2–3 minut, resp. až 15 minut do větší plastové nádoby o objemu 20l, ze které byl po promíchání (homogenizaci) odebrán směsný vzorek za danou fázi vypouštění / výlovu rybníka. Vzorky vody byly obvykle umístěny vždy do několika různých vzorkovnic podle požadavku laboratoře s ohledem na prováděný rozsah analýz.

S ohledem na finanční možnosti vzorkování, byly rybníky v Blatné (6 rybníků) vzorkovány jen pětkrát, podle matrice: **1** – noc před výlovem, **2** – ráno před výlovem, **3** – těsně před výlovem, **4** – výlov, **5** – hodinu po výlovu. V případě, že byl v určitý moment rybník zastaven, voda z něj neodtékala, nebyl vzorek vody odebrán.

Rybníky sledované u KŠH České Budějovice (4 rybníky) a Rybářství Nové Hradky, s.r.o. (2 rybníky) měly mnohem hustší matici vzorkování. První vzorek vody se odebíral z rybníku před jeho vypouštěním, další 2 až 4 vzorky během vypouštění (strojení). Od večera před výlovem do rána dne výlovu byly od cca 18:00 do 6:00 byly odebírány vzorky vody v intervalu cca 3 hodiny (pokud rybník tekli). Ráno před výlovem docházelo k odběru vzorků vody od stavění kádí na kádišti, přes plašení ryb, zátaž (zvedání podložní sítě), jádření, vydávání sítě, obdobně i při druhém či třetím zátahu, při dolovku na kesery a po ukončení výlovu (povrchový odtok vody z loviště). Vzorek vody byl odebrán vždy, když došlo k nějaké změně v průběhu výlovu. Samotný vzorek vody nebyl odebírán bezprostředně po tom, co ke změně došlo, ale s určitým zpožděním po ustálení změněné kvality vody ve stoce.

Vždy byl odebírán nejprve vzorek vody na profilu A (pod hrází, ve vývařišti) a teprve s určitým zpožděním v řádů 5–10 minut byl odebrán ve stejné fázi výlovu vzorek na profilu B (pod druhou či třetí dočasnou bariérou z balíků slámy).

Odběr vzorku sedimentu

Odběr vzorku sedimentu pobíhal po ukončení výlovu. V prostoru loviště bylo odebráno několik bodových vzorků sedimentu, z kterých byl po smíchání vytvořen jeden směsný, reprezentativní vzorek. Směsný vzorek v množství cca 3 kg byl umístěn do plastové vzorkovnice a následně předán do laboratoře k analýzám.

Takto odebraný vzorek reprezentoval kvalitu sedimentu v prostoru loviště (toto bahno z rybníka uniká při výlovu) a neodpovídá plně reprezentativnímu vzorku za celý rybník, který se odebírá při přípravě plošného odbahňování nádrže.

4.1.2. Měření základních fyzikálně-chemických vlastností vody a laboratorní analýza vzorků vody a sedimentu

Měření vody v terénu

V průběhu celého sledování bylo prováděno v terénu měření základních fyzikálně-chemických vlastností vody pomocí multiparametrální sondy YSI EXO 2 (Obr. 4.1.). Byly měřeny tyto parametry: **teplota vody** (°C), **vodivost** a **SPC** (specifická konduktivita přepočtená na 25 °C; $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), **TDS** (Total dissolved solids) – celkové rozpuštěné látky ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), **kyslík** ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a %), **pH**, **ORP** – oxidoredukční potenciál (mV) a **turbidita** (NTU).



Obr. 4.1. Měření základních fyzikálně-chemických parametrů vody ve stoce pod rybníkem pomocí sondy YSI EXO 2 (Foto: J. Regenda).

Laboratorní analýza vzorku vody

Všechny vzorky vody a bahna byly laboratorně zpracovány ve vodohospodářské laboratoři Povodí Vltavy v Českých Budějovicích.

Chemická analýza vzorků vody byla zaměřena na stanovení koncentrace organických a nerozpuštěných látek, hlavních živin a vybraných kovů. Množství organických látek bylo stanoveno jako koncentrace **TOC** (celkový organický uhlík). Tento parametr byl společně s **TC** (celkový uhlík), **TIC** (celkový anorganický uhlík) a **TN** (celkový dusík) stanovován na přístroji Analytik Jena multi N/C 2100 dle ČSN EN 1484. U vybraných rybníků bylo množství organických látek zjišťováno také parametrem **BSK₅** (biologická spotřeba kyslíku za 5 dní) a **CHSK_C** (chemická spotřeba kyslíku) dle ČSN EN 1899-1, ČSN EN 1899-2, resp. ČSN ISO 15705. Koncentrace nerozpuštěných látek byla stanovena jako nerozpuštěné látky sušené při 105 °C (**NL₁₀₅**) a nerozpuštěné látky žíhané při 550 °C (**NL₅₅₀**) postupem dle v ČSN EN 872. Alkalita (**KNK_{4,5}** – kyselinová neutralizační kapacita) byla zjišťována dle standardního postupu uvedeného v ČSN EN ISO 9963-1. Koncentrace celkového fosforu (**TP**), železa (**Fe**) a vápníku (**Ca**) byla po předúpravě odebraného vzorku mikrovlnným rozkladem stanovována metodou ICP-MS a ICP-MS/MS na přístroji Agilent 7500ce a Agilent 8800 QQQ dle ČSN EN ISO 17294-2. Vzorky pro stanovení rozpuštěných forem kovů (celkový rozpuštěný fosfor – **P_{rozp.}**, celkové rozpuštěné železo – **Fe_{rozp.}**) byly ihned po odběru přefiltrovány přes 0,45 um filtr (nylon). Následný analytický postup byl obdobný jako v případě stanovení celkových kovů.

Rozsah prováděných analýz byl u některých vzorků omezen z ekonomických důvodů. Nicméně u všech vzorků byly prováděny tyto základní analýzy: **NL₁₀₅**, **NL₅₅₀**, **TOC**, **TN**, **TP** a **P_{rozp.}**

Laboratorní analýza vzorku sedimentu

Po odběru a následném doručení vzorků sedimentu do laboratoře byl vzorek dokonale homogenizován. Následně byla provedena síťová analýza za mokra (dle DIN 66165-1:2016-08 a DIN 66165-2:2016-08). Poté proběhla lyofilizace vzorku s použitím lyofilizátoru Cool Safe 100-9-PRO při -100 °C, tlaku < 1,0 hPa po dobu přibližně 48 hodin. Po lyofilizaci byl vzorek opět homogenizován a síťován za sucha přes síto o velikosti ok 2 mm. Následovalo namletí vzorku oscilačním kulovým mlýnem (Retsch, typ. MM200).

Obsah celkového fosforu (**TP**), vápníku (**Ca**), hořčíku (**Mg**) a draslíku (**K**) byl stanoven metodou ICP-MS nebo ICP-MS/MS (Agilent 7500ce, Agilent 8800 QQQ) dle ČSN EN ISO 17294-2. Před vlastním měřením byl předupravený vzorek mineralizován mikrovlnným rozkladem (Milestone Ethos Sel) po přidání 2 ml HNO₃ p.p a 2 ml H₂O₂ p.a. Koncentrace celkového dusíku (**TN**) byla stanovena metodou dle Kjeldahla, kdy se vzorek mineralizuje na mokré cestě s použitím oxidu titaničitého jako katalyzátoru (ČSN ISO 11261). Stanovení celkového uhlíku (**TC**) a celkového organického uhlíku (**TOC**) probíhalo termickým rozkladem dle ČSN EN 13137 a ČSN ISO 10694 na přístroji Analyzátor Multi N/C 2100S s modulem pro pevné látky HT 1300.

Množství **využitelných živin (P, Ca, Mg, K)** bylo stanoveno ve frakci < 2 mm, kdy se vzorek extrahoval extrakčním roztokem podle Mehlicha 3 (viz Jednotné pracovní postupy Analýza půd I–III (Brno 2010–2011)). V extraktu se analyty stanovovaly metodou F-AAS (Ca a Mg), metodou OES (K) a spektrofotometricky (P). **pH** v suspenzi (pH CaCl₂) bylo stanoveno skleněnou elektrodou v suspenzi pevné matrice a kapaliny v objemovém poměru 1 : 5 dle ČSN ISO 10390. Vzorek pro stanovení ztráty žiháním a zbytku po žihání se vyžíhal v peci při 550 ± 25 °C do konstantní hmotnosti. Z rozdílu hmotnosti před žiháním a po něm se vypočetla ztráta žiháním (např. dle ČSN EN 12879).

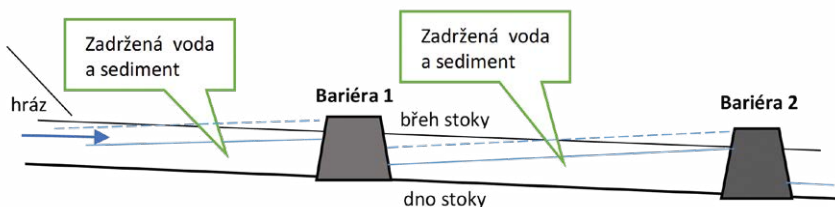
4.1.3. Budování a odstraňování hrázek

Budování hrázek

Dočasné bariéry z balíků slámy (sena) byly budovány ve stokách pod rybníkem v dostatečném odstupu od samotné hráze rybníka, resp. vývařiště tak, aby nedocházelo k omezení odtoku vody z rybníka. Důležitý byl rovněž

přístup mechanizace (nákladní automobil, bagr) do prostoru pod rybníkem při jejich následném odstraňování. Proto bylo nutné vždy pečlivě zvažovat, kde budou hrázky postaveny. Žádoucí je při budování hrázek využít co nejmenšího spádu stoky tak, aby bylo možné maximalizovat akumulaci objemu hrázek.

V průběhu strojení rybníka k výlovu byly v posledních cca 24 hodinách před vlastním výlovem instalovány do odtokové stoky pod rybníkem vždy dvě bariéry z balíků lisované slámy (sena) za účelem zadržení sedimentů (platí pro většinu rybníků). U několika rybníků byly instalovány dočasné bariéry z balíků slámy (sena) ještě před zahájením vypouštění rybníků, resp. nedlouho po něm (JO, ČE I., KO, HM, RA). Bariéry byly postaveny ve vzdálenosti od 20–75 m (1. bariéra), resp. do 30–136 m (2. bariéra) od hráze. Výška bariér korespondovala s hloubkou stoky na daném profilu (max. 3 vrstvy balíků), resp. na některých rybnících (PO, VR, PL) byla budována postranní křídla z jedné vrstvy balíků. Schéma a princip instalace soustavy bariér pod rybníkem znázorňuje v řezu Obr. 4.2., vlastní postup instalace na jednom z rybníků pak ukazuje Obr. 4.3.



Obr. 4.2. Schéma způsobu zpomalení toku vody v bariérách, zadržení vody a sedimentů při vypouštění a výlovu rybníka.

K budování bariér – hrázek ve stokách byly použity malé balíky suchého sena/slámy (0,4 x 0,4 x 0,75 m) z lokálních zdrojů, jejichž hmotnost byla cca 10 kg. Tlak lisu byl při jejich výrobě nastaven na nejnižší možnou sílu tak, aby bylo možné balíky ještě upravit (svázat). Důvodem je vyšší propustnost balíků pro vodu. Balíky byly ukotveny do stok pomocí ocelových prutů (80 a 150 cm, ve tvaru T) propíchnutím, resp. vzdušná strana hrázky byla ještě někdy zapřena ocelovou konstrukcí – klecí (Blatensko). Hrázky byly stavěny obvykle ze dvou řad balíků těsně vedle sebe tak, aby mezery mezi nimi byly vzájemně překryty. Na prvním rybníku, JE, byly bariéry postaveny jen z jedné řady balíků slámy. To se však při výšce tří vrstev balíků ukázalo jako nestabilní řešení. Na druhém rybníku – PO, jsme proto použili dvě řady balíků slámy, kterými již byla zajištěna adekvátní pevnost a stabilita hrázek. Na třetím rybníku – N16, byly použity tři řady balíků. Nicméně očekávané posílení stability hrázek a zamezení jejich podtékání se nepotvrdilo. První bariéru dokonce vzala 2x voda a bylo nutné

postavit ji znovu. Z důvodu úspory času a materiálu byly dále budovány hrázky jen ze dvou řad balíků slámy. Toto řešení se osvědčilo jako dostačující a optimální. Při zakládání spodní vrstvy balíků bylo nutné využít vhodného profilu stoky, případně její koryto drobně upravit (lopatou, krumpáčem) dle velikosti a potřeb umístěných balíků s cílem co nejlepšího napojení balíků sena na profil koryta stoky (viz Obr. 4.3.).

V průběhu řešení projektu a sledování funkčnosti hrázek se ukázalo jako problém podtékání hrázek vodou pod jejich základem. Hrázky byly obecně budovány na měkkém dně stoky. Zvýšený tlak vzduté vody je následně poměrně rychle podemlel, a voda tak bariéru podtékala. Díky tomu obvykle nedocházelo k přelití vrcholu hrázek. Voda unikala ze vzdutí spodem a po stranách, případně mezerami mezi balíky. Tato skutečnost snižovala objem vzduté vody, a tím i čas jejího zdržení, tedy efektivitu sedimentace. To se projevovalo na horších výsledcích sedimentace a následného nižšího zlepšování kvality vody, zejména ve fázi „hodina po výlovu“, resp. vždy, kdy teklo stokou z různých důvodů málo vody. Omezení tohoto problému bylo řešeno po konzultaci s kolegy z ČVUT v Praze. Navrženo bylo vystlání prostoru před bariérou geotextilní látkou, která bude průnik vody u návodní paty hrázky tlumit a prostorově rozptylovat. S ohledem na náš požadavek, na biodegradabilitu všech použitých materiálů z důvodu kompostování, byla vybrána a použita jutová tkanina: přírodní juta 365 g/m² o šířce 160 cm (www.romak.cz). Touto látkou byla ve dvou pruzích vzájemně překrytých vystlána návodní strana hráze, jakož i dno před hrázkou do vzdálenosti 2–3 m. Jutová tkanina byla fixována do hrázky a břehů stoky pomocí železných trnů. U návodní paty hráze a na začátku byla zatížena jutovými pytli naplněnými do ¼ sedimenty odebranými ve výtopě rybníka. Tato technika omezující podtékání byla úspěšně použita na všech rybnících komě: JE, PO, N16 a VR.

Odstraňování hrázek

Po výlovu rybníku byly ponechány hrázky na místě do doby, než je bylo možné odstranit. Z provozních důvodů, jakož i s ohledem na únosnost terénu bylo přistoupeno k odstranění hrázek u rybníků lovených na podzim a jaře až v létě (Obr. 4.4.). Díky déletrvajícímu suchu byly stoky pod rybníkem dobře přístupné pro těžkou kolovou mechanizaci. Při čištění stok pod rybníkem byla využita tato technika: bagr TATRA 815 UDS, nákladní vozy TATRA 148 (2x) a PRAGA V3S, miny-rypadlo TAKEUCHI, krácející kolové rypadlo SCHAEFF 41. Technika byla volena s ohledem na místní podmínky jednotlivých rybníků. Odtěžený materiál byl kompostován ve výtopě daného rybníka s ohledem na možnost recyklace živin. Nicméně je materiál možné bez problémů rovněž kompostovat a využít na nedalekých zemědělských pozemcích.



Obr. 4.3. Ukázka postupu výstavby dočasné bariéry z balíků slámy ve stoce pod rybníkem: A – vyčištění profilu stoky, B – terénní úpravy koryta stoky při založení spodní řady, C – zakládání spodní řady balíků, D – dokončení první řady, E – ukládání druhé řady balíků a jejich fixace pomocí trnů, F – instalace jutové tkaniny k omezení podtékání bariéry, G a H – pohled na hotovou bariéru (Foto: J. Regenda).



Obr. 4.4. Ukázka zanesené a odstraněné bariéry na rybníku N16 (Foto: J. Regenda).

4.1.4. Výpočty objemu hrázek, průtok vody a bilance živin

Měření průtoku vody

Průtok vody bariérami na Blatensku byl sledován od doby instalace bariér do ukončení výlovu ryb, resp. vypuštění vody z loviště. V průběhu našeho sledování (výlovu) byl přítok vody do loviště zanedbatelný. S ohledem na velkou dynamiku průtoku vody při strojení rybníků a technické možnosti byl objem protečené vody bariérami (m^3) vypočítán z měření rozdílů plochy vody v lovišti mezi jednotlivými fázemi vypouštění či výlovu a výškou poklesu vodní hladiny podle vzorce:

$$V = \frac{S_z + S_k}{2} \times h$$

V – objem odtečené vody (m^3)
 S_z – plocha vody v lovišti na začátku sledování (m^2)
 S_k – plocha vody v lovišti na konci sledování (m^2)
 h – výška poklesu vodní hladiny mezi S_z a S_k (m)

Za každou sledovanou fázi výlovu byl následně spočítán průměrný průtok vody ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) za čas podle vzorce:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q – průměrný průtok vody ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
 V – objem odtečené vody (m^3)
 t – čas (min.)

S ohledem na potřebu přistrojení rybníka na požadovaný čas docházelo podle potřeby strojiče a probíhajícího výlovu ke změnám průtoku vody.

Teoretická doba zdržení vody v bariérách byla vypočtena z celkového teoretického objemu obou bariér a průměrného průtoku vody za danou fázi výlovu podle vzorce:

$$T = \frac{V_b}{Q}$$

T – teoretická doba zdržení (min)

V_b – teoretický objem akumulované vody nad bariérami (m³)

Q – průměrný průtok vody (m³.min⁻¹)

Skutečná doba zdržení vody však byla určována aktuální výškou vody v bariérách, resp. aktuálním objemem akumulované vody. Ten byl negativně ovlivňován netěsností bariér a velikostí průtoku vody. Při nízkých průtocích vody docházelo u většiny rybníků k výraznějšímu poklesu reálného objemu akumulované vody a zkracování doby zdržení ve srovnání s teoretickými hodnotami.

Na strakonických (PR, JO, ČE I., KO) a novohradských rybnících (HM, RA) probíhalo měření průtoku vody pomocí jiné technologie.

Měření objemu hrázek a sedimentu

Po vybudování hrázek byl v terénu pořízen orientační náčrt lokality a pomocí pásma změřeny jednotlivé vzdálenosti a rozměry klíčových prvků pro výpočet objemu vzduté vody (délka vzdutí, šířka a hloubka stoky). Z těchto podkladů byl následně vypočítán teoretický objem akumulované vody (V_b) nad první a druhou bariérou v m³. Skutečný objem akumulované vody se však v čase mohl lišit. Při špičkovém vypouštění vody docházelo ke zvyšování vodní hladiny, a tím i objemu zadržené vody. Naopak při přístavení rybníka, resp. v závěru výlovu (loviště bez vody), docházelo k poklesu průtoku vody stokou. Následně v důsledku určité netěsnosti bariér u dna přicházel pokles výšky vodní hladiny, a tím i objem akumulované vody.

Objem zachyceného sedimentu byl vypočten na základě měření mocnosti sedimentu uloženého ve stoce a plochy stoky. Nad každou bariérou bylo provedeno několik vpichů, resp. vyhloubeny sondy, pomocí kterých bylo možno stanovit výšku čerstvého sedimentu v celém podélném profilu vzdutí. Měření objemu sedimentu probíhalo před jeho odstraněním.

Výpočet bilance živin

Množství protékajících živin na Blatensku bylo stanoveno výpočtem zvlášť za profil A (pod rybníkem) a profil B (pod 2. bariérou). Vlastní množství zachycené / uvolněné živiny v kg bylo vypočteno z objemu proteklé vody a koncentrace

konkrétní živiny v dané fázi strojení, resp. výlovu rybníka. Z rozdílu obou hodnot byla vypočtena retence živiny v kg, která byla následně vztažena k jeho množství na profilu A v %. Bilance jednotlivých živin byly počítány za jednotlivé fáze výlovu samostatně. Tyto dílčí hodnoty byly následně sečteny za sledované časové období.

$$\text{Žž (zadržené živiny)} = \Sigma A (V \times \text{g látek/m}^3) - \Sigma B (V \times \text{g látek/m}^3)$$

V – objem proteklé vody v m³ za určitou fázi výlovu

Σ – součet zadržených živin za jednotlivé fáze výlovu

4.1.5. Charakteristika rybníků

Vzorkování vypouštění a výlovu rybníků probíhalo mezi lety 2016 až 2022 ve třech rybníčních oblastech: Blatensko (6 rybníků), Strakonicko (4 rybníky) a Novohradsko (2 rybníky). Stručná charakteristika rybníků je uvedena v Tab. 4.1.

Sledování probíhalo na všech typech rybníků, tedy plůdkových výtažníků, násadových výtažníků, hlavních rybníků, a to jak při podzimních, tak i jarních výloveh. Poměrně rozdílná byla rovněž biomasa ryb v rybnících v době výlovu a rovněž teplota vody.

Tab. 4.1. Charakteristika sledovaných rybníků a jejich obsádka v době výlovu.

Rybník	Výměra (ha)	Objem vody (m ³)	Objem hrázek (m ³)	Typ obsádky (kg.ks ⁻¹)	Biomasa ryb při výlovu (kg.ha ⁻¹)	Teplota vody (°C)
Blatensko						
JE	3,93	50 355	29,8	K ₁ – 0,05	84,0*	9,0
PO	1,80	15 000	34,0	K ₂ – 0,80	667,0	3,0
N16	5,00	50 000	43,3	K ₂ – 0,74	1 360,0	0,6
VR	0,80	7 000	15,4	K ₃ – 0,30	844,0*	12,1
PL	7,70	54 198	28,4	K ₂ – 0,32	636,0*	4,0
N17	5,00	50 000	70,0	K ₃ – 1,00	1 340,0	2,4
Strakonicko						
PR	8,17	60 000	120,0	K ₃ – 2,30	1 266,8*	13,5
JO	4,91	45 000	91,5	K ₂ – 0,20	611,0*	8,6
ČE I.	22,13	205 000	182,0	K ₄ – 2,00	1 265,3*	3,5
KO	3,92	32 600	113,0	K ₄ – 2,20	1 964,3	4,5
Novohradsko						
HM	4,31	35 773	67,3	K ₂ – 0,13	719,5	9,6
RA	8,14	83 028	77,5	K ₂ – 0,69	605,7	12,6

Poznámka:*hojný výskyt plevelných ryb, zejména střevličky východní.

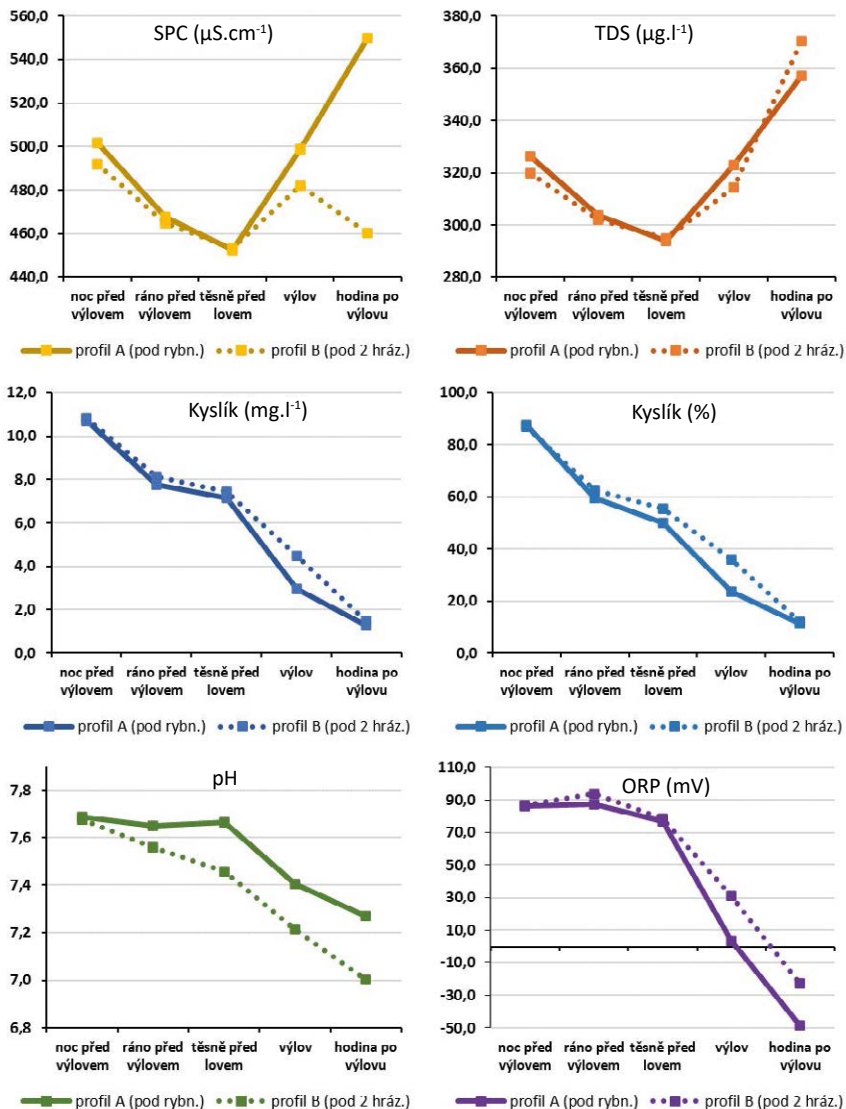
4.2. Výsledky

4.2.1. Změny základních fyzikálně-chemických vlastností vody – terénní měření

Blatensko

Teplota vody (°C) se při výlovu Blatenských rybníků pohybovala v rozsahu -0,1 °C (N16) až 11,6 °C (VR). V průběhu noci docházelo obvykle k poklesu teploty vody, zatímco ráno těsně před výlovem a dál docházelo ke zvyšování teploty vody. Průchodem bariérami docházelo jen k velmi malým změnám teploty vody a jejich příčinou byla odlišná teplota vzduchu daná případně změnou počasí. Někdy docházelo k mírnému ochlazení vody, jindy zase k ohřevu vody. Extrémní teploty vody představovaly určité komplikace jak pro samotný výlov, tak i pro zachytávání sedimentu. Především nízké teploty vody způsobené mrazem (až -12 °C) na rybníku N16 vedly k výskytu ledové tříště ve vodě. Ta jednak zmenšovala vzdušný objem (tekuté) vody, a tím i snižovala dobu jejího teoretického zdržení, případně mechanicky zvedala již zachycený sediment. To vedlo ke zhoršení některých laboratorně sledovaných parametrů vody a negativně ovlivnilo vypočtenou bilanci živin.

Vodivost vody vyjádřená pro lepší srovnání jako SPC (specifická konduktivita přepočtena na teplotu 25 °C) vykazovala podobný trend jako teplota vody (Obr. 4.5.). Od noci před výlovem (1) docházelo k poklesu o cca 10 % do fáze těsně před výlovem (3). Poté nastalo zvýšení SPC až o 18 % (hodina po výlovu – 5). Rozdíly mezi profilem A a B byly u vzorků 1 až 3 minimální. Nicméně na profilu A došlo ke zvýšení SPC mezi vzorky 1 a 5 v průměru o cca 9,5 %, zatímco na profilu B došlo k poklesu SPC o cca 6,5 %. Největší rozdíl mezi profilem A a B byl zaznamenán u vzorku 5 (hodina po výlovu), a to až o 16,3 %.



Obr. 4.5. Dynamika změny vybraných základních fyzikálně-chemických parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy, umístěné ve stoce pod rybníkem (Blatensko).

Vysvětlivky: vzorek 1 – noc před výlovem, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodinu po výlovu.

Celkové rozpuštěné pevné látky (TDS – mg.l^{-1}) vykazovaly podobný trend poklesu a opětovného vzestupu mezi vzorky 1–3–5 na profilu A (Obr. 4.5.). Zjištěné rozdíly mezi profily A a B byly minimální a pohybovaly se do 4 %.

Koncentrace kyslíku ve vodě vypouštěné z rybníku při jeho strojení a výlovu v čase klesala (z 1 na 5) na profilu A o cca 88 %, resp. na profilu B o 86 % (Obr. 4.5.). V obecné rovině můžeme ale konstatovat, že průchodem vody bariérami docházelo v průměru ke zvyšování množství kyslíku ve vodě o jednotky procent, resp. ve fázi výlovu (4) až o více než 50 % (z 2,97 na 4,47 mg.l^{-1}).

Hodnota pH v průběhu sledování vykazovala pokles mezi vzorky 1 a 5 o 5,4 % na profilu A, resp. o 8,8 % na profilu B (Obr. 4.5.). V obecné rovině můžeme konstatovat, že průchodem vody dvojicí bariér došlo k mírnému snížení hodnoty pH na úrovni do 5 %.

Poměrně dramatický vývoj byl zaznamenán u ORP (Obr. 4.5.), kdy mezi vzorky 1 a 5 docházelo k poklesu o 126 % (profil B), resp. 156 % (profil A). Průchodem vody bariérami docházelo, zejména v závěru sledování ke zvýšení ORP o 25 až 27 mV u vzorků vody 5 a 4 (rozdíl mezi profilem A a B).

Strakonicko a Novohradsko

Teplota vody ($^{\circ}\text{C}$) se při výlovech na Strakonicku a Novohradsku pohybovala od 3,1–4,0 $^{\circ}\text{C}$ (ČE I.) do 13,0 $^{\circ}\text{C}$ (PR). V průběhu vypouštění docházelo k postupným změnám teploty vody s ohledem na vývoj počasí z průměrných 1,8 $^{\circ}\text{C}$ (rybník) na 8,9 $^{\circ}\text{C}$ (ráno před výlovem). Průměrná teplota vody při výlovech se postupně zvyšovala z 8,5 $^{\circ}\text{C}$ na 10,35 $^{\circ}\text{C}$. Průchodem bariérami docházelo jen k velmi malým změnám teploty vody (± 1 –5 %) a jejich příčinou byla odlišná teplota vzduchu daná případnou změnou počasí.

Vodivost vody vyjádřená jako SPC (na 25 $^{\circ}\text{C}$) vykazovala v čase rostoucí trend (Obr. 4.6.). Zvýšení hodnot (5 – stavění kádí), resp. jejich pokles (8 – jádření) v grafu je dán nižším počtem hodnot – vzorky jen na dvou ze šesti rybníků. Ve srovnání s kvalitou vody v rybníku došlo na konci výlovu (14 – dolovek na kesery) ke zvýšení SPC v průměru o 45,8 %. Nicméně rozdíly mezi profily A a B jsou při výlovu minimální. Snížení SPC o cca 11,5 % z 354 na 314 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ bylo zjištěno jen při vypouštění rybníků (2) a o přibližně 10 % z 511 na 496 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ na konci výlovu (14).

Zákal vody měřený jako turbidita vykazoval zvyšující se trend (Obr. 4.6.). Průměrný zákal vody v rybnících před výlovem dosahoval 45 NTU, přičemž při vypouštění se zvýšil na 63 NTU. Nicméně v noci před výlovem se turbidita dále zvyšovala na 133 NTU, resp. ráno před výlovem dosahovala až 195 NTU. Začátek výlovu reprezentovaný stavěním kádí (5) a celkovým zvýšením pohybu na kádišti a v blízkosti loviště vedl k dalšímu navýšení zákalu, a to až na 480 NTU.

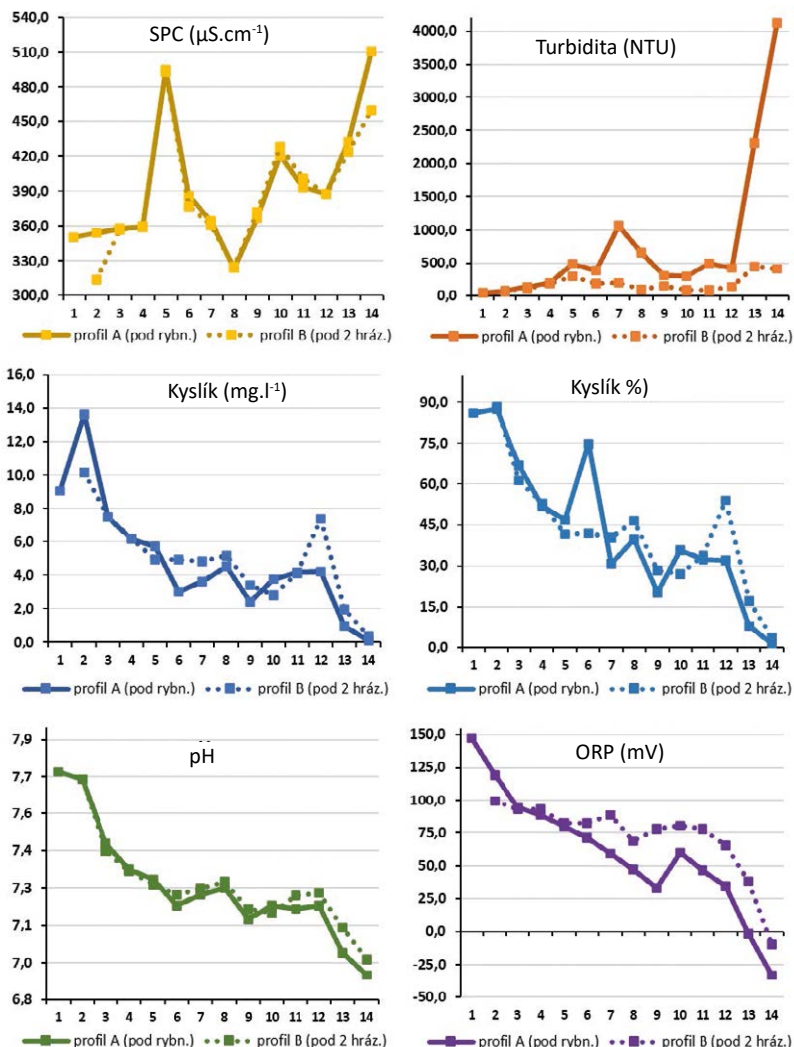
Samotný zátah (7) a jádření sítě (8), zvyšovaly turbiditu přes 1 000 NTU, resp. 655 NTU. Uklidnění situace v lovišti při vydávání ryb ze sítě (9) vedlo k poklesu zákalu na 306 NTU. Další zátah, při nižší biomase ryb v lovišti, však vedl obvykle k nižší turbiditě (cca 300–500 NTU). Nicméně dolovek na kesery (13) a ukončení výlovu (14) znamenalo výrazné zvýšení zákalu vody vytékající z rybníku až na 2 300 a 4 125 NTU. Rozdíl v turbiditě mezi profilem A a B byl zaznamenán v noci před výlovem (3) na úrovni -16 %. Při stavění kádí (5) však došlo na profilu B ke snížení zákalu už o 37 % a v následujících fázích výlovu (7 a 8) došlo ke zlepšení dokonce o více než 80 %. Největší efekt však byl zaznamenán na konci výlovu, kde poklesl zákal až o 90 % z 4 125 na 410 NTU. Zatímco zákal vody mezi vzorky 1 a 14A se zvýšil 91x, na profilu B (1 a 14B) to bylo jen 9x. To ukazuje na dobré fungování soustavy dočasných bariér z balíků slámy při zachytávání nerozpuštěných látek.

Koncentrace kyslíku ve vodě vypouštěné z rybníku při jeho strojení a výlovu v čase rovněž klesala na profilu A i B a to cca o 98 % (Obr. 4.6.) z 9,1 mg.l⁻¹, resp. 86% nasycení (1 – rybník). V obecné rovině můžeme opět potvrdit, že průchodem vody bariérami docházelo v průměru ke zvyšování množství kyslíku ve vodě, a to zejména ve fázích výlovu, kdy dochází ke zvýšenému zhoršování kvality vody (vzorky 6 až 9) o 15 až 60 %. Ještě výraznější zvýšení nasycení vody kyslíkem bylo zjištěno mezi profilem A a B v závěru výlovu (vzorky 13 a 14), kdy došlo k relativnímu zvýšení koncentrace i nasycení kyslíku ve vodě o více než 100 až 180 %, nicméně při jeho velmi nízké absolutní úrovni (0,13 a 0,36 mg.l⁻¹, resp. 1,35 a 3,45 %).

Hodnota pH v průběhu sledování vykazovala pokles mezi vzorky 1 a 14 o 10,6 % na profilu A, resp. o 9,8 % na profilu B. Celkově můžeme konstatovat, že průchodem vody dvojicí bariér docházelo jen k nepatrným změnám – zvýšení pH na úrovni do 1,5 %.

Oxidoredukční potenciál vody v průběhu sledování výrazně poklesl z 147 mV (1 – rybník) na -33 mV (14A), resp. -9 mV (14B). V průběhu vypouštění rybníku (vzorky 2 a 3) došlo mezi profily A a B k poklesu ORP na úrovni do 15 %. V dalších fázích sledování, již byla hodnota ORP na profilu B vždy vyšší (Obr. 4.6.).

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ



Obr. 4.6. Dynamika změny vybraných základních fyzikálně-chemických parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy, umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vysvětlivky: 1 – rybník před vypouštěním, 2 – vypouštění, 3 – noc před výlovem, 4 – ráno před výlovem, 5 – stavění kádí, 6 – plašení ryb, 7 – zátah / zvedání podložky, 8 – jádření, přetažení sítě, 9 – vydávání sítě, 10 – plašení ryb II., 11 – zátah / zvedání podložky II., 12 – vydávání sítě II., 13 – dolovek na kesery, 14 – povrchový odtok.

4.2.2. Změny vybraných fyzikálně-chemických analýz vody – laboratorní analýzy

Blatensko

Základním ukazatelem hodnotícím znečištění povrchových vod jsou nerozpuštěné látky sušené (NL_{105}) a žíhané (NL_{550}). Z nich je patrné, že v průběhu našeho sledování docházelo k výraznému zhoršování kvality vody vytékající z rybníků (profil A) z 52,4 na 10 517 $mg.l^{-1}$ NL_{105} , resp. z 33,8 na 9 350 $mg.l^{-1}$ NL_{550} (Příloha 1). Na profilu B však byla zjišťována nižší koncentrace jak NL_{105} , tak i NL_{550} . Průměrný pokles NL_{105} zaznamenávaný na profilu B byl u vzorků 1 na úrovni -17 % (+5,17 až -33 %) a podobně i u vzorku 2: -17 % (+33 až -39 %). Velmi obdobné výsledky byly pro první dva vzorky rovněž pro NL_{550} (průměrné snížení o -22 a -16 %). Monitoring ve fázi těsně před výlovem (vzorek 3) však ukázal kromě násobně vyšších hodnot nerozpuštěných látek na úrovni stovek miligramů na litr i zvýšení jejich zachycení v balících slámy o průměrných -65,0 % pro NL_{105} a -67,7 % pro NL_{550} . Průměrná koncentrace NL_{105} dosahovala u čtvrtého vzorku na profilu A 12 467 $mg.l^{-1}$, resp. jen 4 238 $mg.l^{-1}$ na profilu B, což představuje snížení v průměru na 36,6 %. Podobné hodnoty byly zjištěny rovněž pro NL_{550} , kde na profilu A byla průměrná koncentrace 10 383 $mg.l^{-1}$ a na profilu B jen 3 452 $mg.l^{-1}$, což představuje průměrné snížení na 35 %. Toto průměrné snížení je však zatíženo výsledky z rybníku N16, kde bylo netypicky zjištěno výrazné zhoršení kvality vody (+210, resp. +221 %), které je možné vysvětlit velmi nízkou teplotou vzduchu a přítomností ledové tříště ve vodě (snížení objemu vody nad bariérami, zkrácení doby retence a víření sedimentu ledem). Jinak dosahovalo snížení koncentrace NL_{105} i NL_{550} u vzorku 4 od 60 až po 99 %. Hodinu po výlovu (vzorek 5) dosahovala koncentrace NL_{105} na profilu A stále vysoké hodnoty 10 517 $mg.l^{-1}$, zatímco na profilu B to bylo 5 365 $mg.l^{-1}$ (pokles o 54 %). Nerozpuštěné látky žíhané se snížily na profilu B o 55 % (z 8 350 na 4 340 $mg.l^{-1}$). Určité snížení efektivity zachycení NL u vzorku 5 ve srovnání se vzorky 4 (JE, PO, N17) je dáno poklesem objemu odtoku vody z rybníka a následným snížením objemu akumulované vody v bariérách. Snížený přítok vody do bariér z rybníka nedokázal plně nahrazovat ztráty vody podtékáním bariér. Díky tomu se množství vzduté vody snížilo pod maximální kapacitu hrázek, čímž se zkrátil čas zdržení a v konečném důsledku také možnosti sedimentace NL.

Poměrně zajímavé výsledky přináší rovněž sledování ztráty nerozpuštěných látek žíháním, tedy poměr NL_{105} a NL_{550} vyjádřený v procentech. Zatímco na začátku sledování (vzorek 1) dosahovala ztráta žíháním v průměru 48 %, v čase se její podíl snižoval: 36,3 %; 26,2 %; 19,3 % na 17,7 % (profil A).

Nerozpuštěné látky tedy tvořily především minerální (anorganické) látky, sloučeniny a jejich podíl se průběžně zvyšoval. Ztráty žiháním na profilu B byly v průměru o něco vyšší: 52,5%; 36,6%; 33,3%; 25,6% a 24,9%. Průměrná ztráta nerozpuštěných látek žiháním dosahovala na profilu A – 29,5%, zatímco na profilu B – 34,6%. Z toho je patrné, že v bariérách z balíků slámy byly zachytávány (sedimentovaly) především minerální (anorganické) látky.

Vápník (Ca^{2+}) je považovaný za důležitý makrobiogenní prvek rovněž v rybníčním ekosystému (Příloha 1). Jeho sledování probíhalo jen u poloviny rybníků (VR, PL, N17). U prvních třech vzorků byla koncentrace Ca^{2+} poměrně vyrovnaná a dosahovala průměrné úrovně 40 až 45 mg.l^{-1} (profil A). Rozdíly mezi profily A a B byly v zásadě minimální. K poklesu množství vápníku ve vodě na profilu B docházelo v řádu jednotek procent. Nicméně při výlovu rybníku (vzorek 4), resp. po jeho dolovení (vzorek 5), odcházelo z rybníka již více než šestinásobné množství Ca^{2+} , tedy cca 290 mg.l^{-1} (profil A). Zachycení vápníku v dočasných bariérách ze slámy bylo na konci sledování poměrně vysoké (67, resp. 58 %). Zejména pak u posledních dvou rybníků (PL a N17) přesahovalo 77 %.

Změny celkového dusíku (TN) jsou uvedeny v Příloze 2. V noci před výlovem (vzorek 1) dosahovala koncentrace TN kolem 3,5 mg.l^{-1} , zatímco ráno před výlovem (vzorek 2) již 5,5 mg.l^{-1} . Nicméně rozdíly mezi profily A a B činily jen jednotky procent. Těsně před výlovem (vzorek 3) nastalo další zvýšení TN na průměrných 8,4 mg.l^{-1} (profil A), zatímco na profilu B byla zjištěna koncentrace o 23% nižší (6,4 mg.l^{-1}). Samotný výlov však přinesl zvýšení TN na 40,7 mg.l^{-1} (profil A), přičemž na profilu B byla zjištěna koncentrace TN v průměru o 46,5% nižší (28,6 mg.l^{-1}). Tuto průměrnou retenci však negativně ovlivnily výsledky z N16 a N17. U většiny rybníků totiž docházelo ke snížení TN o 69 až 96% (JE, PO, PL). Hodinu po výlovu vzrostla koncentrace TN na profilu A na 173,8 mg.l^{-1} , přičemž na profilu B došlo k snížení jeho množství v průměru o 53,9% na 72,5 mg.l^{-1} .

Hlavním eutrofizačním prvkem povrchových vod je fosfor. Proto je možné považovat za klíčové sledování změn koncentrace celkového fosforu (TP) odtékajícího z rybníků při výlovech (Příloha 2). Večer před výlovem (vzorek 1) byla průměrná koncentrace TP 0,33 mg.l^{-1} , přičemž průchodem přes bariéry došlo k jejímu mírnému zvýšení na 0,34 mg.l^{-1} . Ráno před výlovem (vzorek 2) byla již koncentrace TP na dvojnásobné úrovni 0,66 mg.l^{-1} (profil A), přičemž na polovině rybníků došlo k určité retenci TP (JE, PO, N16), zatímco na zbývajících bylo zaznamenáno na profilu B naopak mírné zvýšení TP. Nicméně poměrně slušný záchyt TP – 45,4% byl zaznamenán u vzorků 3, tedy těsně před výlovem na všech rybnících, přičemž obsah TP vzrostl na profilu A opět takřka dvojnásobně (1,22 mg.l^{-1}). Vlastní výlov rybníka přinesl další výrazné navýšení množství TP na 29,0 mg.l^{-1} (profil A). Nicméně na čtyřech rybnících

byla koncentrace TP snížena o více než 94 % (JE, PO, PL, N17). Průměrné snížení však bylo o něco menší, a to o 70,6 % (průměr, profil B – 6,9 mg.l⁻¹). To je možné považovat za velký úspěch této technologie. Po ukončení výlovu, kdy z rybníka odtéká výrazně menší množství vody, se zvýšil obsah TP v průměru až na 47,6 mg.l⁻¹ (profil A). Nicméně s ohledem na kratší dobu držení vody v bariérách (menší objem vody, ztráta podtékáním) je efektivita zachycení TP ve srovnání se vzorky č. 4 (výlov) nižší – 62,5 % (profil B – 24,3 mg.l⁻¹).

Situace u rozpuštěné formy fosforu ($P_{\text{rozp.}}$) je poněkud odlišná (Příloha 2). Jeho průměrná koncentrace na profilu A se pohybovala u všech vzorků na velmi podobné úrovni 0,05 až 0,09 mg.l⁻¹. Nicméně při průchodu vody bariérami docházelo ke zvýšení obsahu $P_{\text{rozp.}}$ až o 57,4 % (vzorek 2). Z toho je patrné, že při turbulentním průchodu vody bariérami může docházet k přechodu určitého podílu vázaného fosforu do rozpuštěné, reaktivní formy. Pozitivní však je zjištění, že i při násobném zvýšení obsahu TP (z 0,33 na 47,6 mg.l⁻¹, profil A) ve vzorcích nedochází k zásadnímu zvýšení obsahu $P_{\text{rozp.}}$ (z 0,06 na 0,09 mg.l⁻¹, profil A).

Změny obsahu uhlíku a jeho forem (TOC, TIC, TC) jsou uvedeny v Příloze 3. Celkový organický uhlík (TOC) byl sledován na všech rybnících, zatímco TIC (celkový anorganický uhlík) a TC (celkový uhlík) jen na posledních třech. Z výsledků je patrné, že koncentrace TOC se zvyšovala v prvních třech fázích sledování méně významně (cca dvojnásobně) ve srovnání s jinými parametry. Retence TOC byla u prvních dvou vzorků poměrně nízká (do 3 %), nicméně těsně před výlovem došlo ke zvýšení retence TOC až na 30,9 % (z 54,6 na 36,8 mg.l⁻¹). V průměru k takřka devítinásobnému zvýšení obsahu TOC však došlo mezi vzorky č. 3 a 4 (profil A), přičemž retence TOC v bariérách ze slámy se snížila jen o 37 % (z 476,7 – profil A na 218,3 mg.l⁻¹ – profil B). Hodinu po výlovu došlo k dalšímu, více než trojnásobnému zvýšení TOC na 1 493 mg.l⁻¹ (profil A), nicméně efektivita jeho zachytu vzrostla až na 58,5 % (563 mg.l⁻¹ – B).

Anorganická forma uhlíku (TIC) vykazovala v průběhu sledování ve srovnání s TOC poněkud nižší nárůst. Nicméně jeho retence byla velmi podobná, i když nepatrně nižší. Obdobný trend vývoje koncentrace byl zjištěn rovněž pro TC, i když zde byla zjištěná účinnost zachytu nejvyšší ze všech sledovaných forem uhlíku.

Alkalita ($KNK_{4,5}$) patří mezi důležité parametry sledované v rybníkářství s ohledem na produkční možnosti rybníku, jakož i stabilitu chemizmu vody – pufrací schopnost (Příloha 4). Její úroveň dosahovala v průběhu vypouštění vody (vzorky 1 až 3) podobné hodnoty okolo 2,6 mmol.l⁻¹. Rozdíly mezi profilem A a B byly v této fázi sledování minimální, na úrovni jednotek procent oběma směry. K určitému zvýšení alkality došlo v průběhu výlovu, resp. po něm (vzorky 4 a 5), to však nebylo ani dvojnásobné. Snížení $KNK_{4,5}$ vody průchodem

přes balíky slámy na profilu B dosahovalo v průměru jen nižších desítek procent. To dobře dokresluje skutečnost, že alkalita je vytvářena látkami dobře rozpustnými ve vodě.

Při posuzování kvality povrchových vod je běžně užíván parametr: biologická spotřeba kyslíku za pět dní (BSK_5) a chemická spotřeba kyslíku ($CHSK_{Cr}$) (Příloha 4). Využití těchto parametrů pro hodnocení rybníčních vod je však poněkud problematické. Ve stojaté vodě dochází k rychlému oživení vody a inkorporování živin do těl vodních organismů. Jejich následný rozklad společně s oxidací vlastních živin spotřebovává kyslík. Díky tomu jsou ve srovnání s málo oživenými tekoucími vodami vody rybníčního typu organicky více zatížené.

Na začátku sledování (vzorky 1 až 3) dosahovala hodnota BSK_5 na profilu A obdobné úrovně 17 až 20 $mg.l^{-1}$. Změny na profilu B jsou však jen na úrovni 10 až 15 % oběma směry. Nicméně k takřka dvanásobnému zvýšení BSK_5 došlo v průběhu výlovu rybníků (vzorek 4). Na profilu B však došlo u stejného vzorku k velmi výraznému zachycení organických látek a snížení BSK_5 v průměru o 75,5 %. Po výlovu došlo k určitému snížení hodnot BSK_5 , jakož i k poklesu účinnosti retence (zkrácení doby retence, díky menšímu objemu vody v hrázkách).

Chemická spotřeba kyslíku dosahovala večer a ráno před výlovem obdobné hodnoty na úrovni 100 $mg.l^{-1}$. Na profilu B byl v této fázi sledování zjištěn jen minimální pokles $CHSK_{Cr}$. Těsně před výlovem (vzorek 3) nastalo na profilu A zvýšení $CHSK_{Cr}$ na 140 $mg.l^{-1}$, ale na profilu B byla zjištěna stále podobná hodnota 100 $mg.l^{-1}$ (retence 28 %). Vlastní výlov (profil A) však přinesl výrazné zvýšení $CHSK_{Cr}$ až na průměrných 2 677 $mg.l^{-1}$, přičemž na profilu B bylo zjištěno zvýšení jen na 393 $mg.l^{-1}$ (průměrná retence 45,9 %). Další výrazné zvýšení $CHSK_{Cr}$ bylo zaznamenáno ve vzorcích odebraných hodinu po výlovu 4 260 $mg.l^{-1}$ – A, resp. 857 $mg.l^{-1}$ – profil B (průměrná retence 72,4 %).

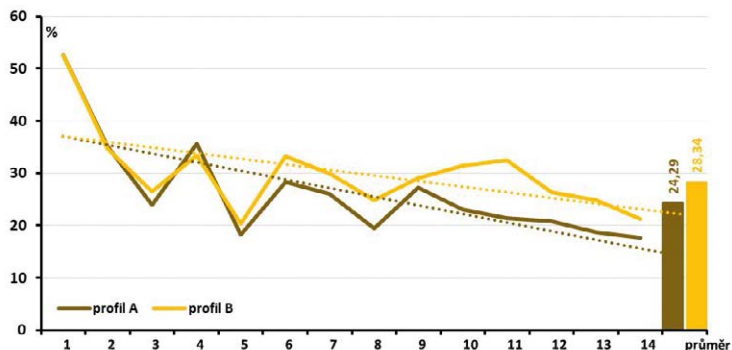
Strakonicko a Novohradsko

Průměrné množství nerozpuštěných látek sušených (NL_{105}) bylo zjištěné v rybníční vodě před zahájením vypouštění na úrovni 78,2 $mg.l^{-1}$ (Příloha 5). Pro nerozpuštěné látky žíhané (NL_{550}) to bylo 42,50 $mg.l^{-1}$ (Příloha 6). To představuje ztrátu NL žíháním na úrovni 52,9 % (Obr. 4.7.). V průběhu vypouštění rybníků došlo k mírnému zvýšení koncentrace NL_{105} na 117,3 $mg.l^{-1}$, zatímco u NL_{550} to bylo 77,5 $mg.l^{-1}$. Zjištěný záchyt NL v bariérách z balíků slámy však byl v této fázi sledování poněkud nestabilní. V noci před výlovem došlo u obou parametrů k jejich dalšímu násobnému zvýšení. Stavění kádí a větší ruch na kádišti, jakož i pokles objemu vody v lovišti, uvedl ryby do většího pohybu. To vedlo k dalšímu zvýšení obsahu nerozpuštěných látek, jejíž koncentrace přesáhla 1 200 $mg.l^{-1}$.

u NL_{105} , resp. $1\,000\text{ mg.l}^{-1}$ pro NL_{550} . Samotné plašení ryb, jež předchází zátahu, resp. zvednutí podložní sítě, zvýšilo množství nerozpuštěných látek již o něco méně výrazněji ($1\,580\text{ mg.l}^{-1}$ NL_{105} , resp. $1\,275\text{ mg.l}^{-1}$ NL_{550}). Zachycení obou forem NL na profilu B se pohybovalo v průměru přes 50 %, nicméně docházelo k výraznějším výkyvům na obě strany. K dalšímu více než dvojnásobnému zvýšení NL_{105} na $4\,083\text{ mg.l}^{-1}$ došlo v průběhu zátahu, resp. při zvedání podložní sítě. Podobný nárůst na $3\,148\text{ mg.l}^{-1}$ byl zaznamenán rovněž pro NL_{550} . Nicméně tento velký nárůst byl poměrně efektivně zachycen v prostoru dočasných bariér, neboť průměrná retence dosahovala úrovně 76,6 %, přičemž na třech rybnících dokonce překročila 90 %. Průměrná koncentrace NL_{105} při zátahu na profilu B tak činila jen $386,7\text{ mg.l}^{-1}$, zatímco pro NL_{550} jen $279,3\text{ mg.l}^{-1}$. Při následném jádření sítě došlo k opětovnému poklesu obsahu nerozpuštěných látek na obdobnou úroveň, jaká byla při plašení ryb. Zjištěná retence na profilu B však byla stále poměrně vysoká a přesahovala v průměru 70 %. Následně zklidnění aktivity v lovišti spojené s vydáváním ryb ze sítě vedlo k dalšímu poklesu množství ($NL_{105} - 442,5\text{ mg.l}^{-1}$, resp. $NL_{550} - 321,3\text{ mg.l}^{-1}$). Záchyt NL na profilu B však poklesl na cca 50 %. Prováděný druhý zátah, včetně plašení a vydávání ryb ze sítě způsoboval opětovné zvýšení koncentrace nerozpuštěných látek, to však nedosáhlo ani úrovně zjištěné při plašení před prvním zátahem, a to při zachování velmi slušné retence NL na profilu B. K výraznému zhoršení kvality vody vyjádřené ve formě nerozpuštěných látek přinesl až samotný závěr výlovu. Při dolovku na kesery vzrostl obsah NL_{105} až na $9\,676\text{ mg.l}^{-1}$ a NL_{550} na $7\,670\text{ mg.l}^{-1}$. Průměrná míra retence NL v bariérách však byla poměrně vysoká a dosahovala úrovně v průměru přes 82 %. Nejvíce zatížená voda pak odtékala z rybníků po ukončení výlovu, kdy se jednalo o povrchový odtok vody z prázdného rybníka. Ve stoce pod rybníkem byla zjištěna na profilu A průměrná koncentrace $NL_{105} - 23\,500\text{ mg.l}^{-1}$, resp. $NL_{550} - 19\,100\text{ mg.l}^{-1}$. Průměrná úroveň retence na profilu B však poněkud poklesla na 70 % s ohledem na menší objem akumulované vody, a tím i relativně kratší době zdržení (podtékání bariér). Určité zkreslení efektivity zachycení NL, ale i dalších parametrů pak představovalo zvednutí již zachyceného sedimentu zvýšeným průtokem vody v závěru výlovu (typicky rybník KO).

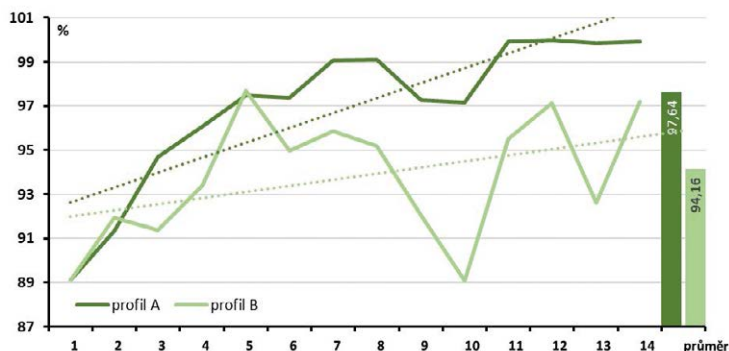
Poměrně zajímavé je rovněž sledovat změny podílu ztráty nerozpuštěných látek žiháním (Obr. 4.7.). Jejich podíl činil ve vodě v rybnících v průměru 52,6 %. Při zahájení vypouštění však došlo k poklesu na cca 35 % (oba profily). Z Obr. 4.7. je dobře patrný další pokles ztráty žiháním v čase. Nicméně na profilu A je pokles o něco výraznější ve srovnání s profilem B. Po ukončení výlovu dosahoval podíl ztráty žiháním 17,6 % (profil A), resp. 21,2 % (profil B). Tomuto trendu odpovídají rovněž průměrné ztráty žiháním na obou profilech.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ



Obr. 4.7. Změna podílů ztráty nerozpuštěných látek žiháním (v %) ve vodě odtékající při vypouštění a výloveh rybníků – profil A a po průchodu přes dočasné bariéry z balíků slámy, umístěné ve stoce pod rybníkem – profil B (průměr za všechny rybníky ze Strakonicka a Novohradsko).

Vysvětlivky: 1 – rybník před vypouštěním, 2 – vypouštění, 3 – noc před výlovem, 4 – ráno před výlovem, 5 – stavění kádí, 6 – plašení ryb, 7 – zátah / zvedání podložky, 8 – jádření, přetažení sítě, 9 – vydávání sítě, 10 – plašení ryb II., 11 – zátah II. / zvedání podložky II., 12 – vydávání sítě II., 13 – dolovek na kesery, 14 – povrchový odtok.



Obr. 4.8. Změna podílů vázaného – partikulárního fosforu na TP (v %) ve vodě odtékající při vypouštění a výloveh rybníků – profil A a po průchodu přes dočasné bariéry z balíků slámy, umístěné ve stoce pod rybníkem – profil B (průměr za všechny rybníky ze Strakonicka a Novohradsko).

Vysvětlivky: 1 – rybník před vypouštěním, 2 – vypouštění, 3 – noc před výlovem, 4 – ráno před výlovem, 5 – stavění kádí, 6 – plašení ryb, 7 – zátah / zvedání podložky, 8 – jádření, přetažení sítě, 9 – vydávání sítě, 10 – plašení ryb II., 11 – zátah II. / zvedání podložky II., 12 – vydávání sítě II., 13 – dolovek na kesery, 14 – povrchový odtok.

Koncentrace celkového fosforu (TP) dosahovala ve sledovaných rybnících před zahájením jejich vypouštění průměrné hodnoty $0,39 \text{ mg.l}^{-1}$ (Příloha 7). Při vypouštění rybníků došlo k mírnému zvýšení koncentrace TP na $0,46 \text{ mg.l}^{-1}$, resp. $0,79 \text{ mg.l}^{-1}$ (noc před výlovem). Retence TP v této fázi sledování byla poměrně nízká a často docházelo ke zvyšování koncentrace TP na profilu B ve srovnání s profilem A. To je dáno především resedimentací již zachyceného TP zvýšením objemu průtoku vody stokou (nerovnoměrný odtok, nárazové vypouštění). Další vývoj koncentrace TP, včetně jeho retence je velmi obdobný tomu, jak bylo popsáno u nerozpuštěných látek, se kterými významně koreluje. Změny TP a efektivita jeho zachycení je podrobně uvedena v Příloze 7.

Rozpuštěný fosfor ($P_{\text{rozp.}}$) dosahoval velmi nízkých koncentrací jak v rybnících před výlovem ($0,039 \text{ mg.l}^{-1}$), tak i v jednotlivých etapách vypouštění a samotného výlovu (Příloha 8). Nejvyšší průměrná koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ byla zjištěna až po ukončení výlovu ($0,051 \text{ mg.l}^{-1}$). Koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ se tedy zásadně neměnila, ani při výrazném nárůstu obsahu TP. Reaktivní formy fosforu se totiž rychle navazovaly na dostupné nerozpuštěné látky, jejíž množství se rovněž v čase zvyšovalo (Příloha 5 a 6). Efektivita zachycení $P_{\text{rozp.}}$ je s ohledem na jeho povahu a formu velmi problematická (Obr. 4.8.). Často totiž docházelo ke zvýšení množství $P_{\text{rozp.}}$ na profilu B.

Množství celkového dusíku (TN) v rybnících před zahájením vypouštění dosahovalo v průměru $7,12 \text{ mg.l}^{-1}$. V průběhu vypouštění rybníků však byla průměrná koncentrace TN nižší (Příloha 9). V tomto období byla retence TN nízká a poněkud nestabilní s ohledem na nerovnoměrný odtok vody. Ke zvyšování TN začalo docházet až ráno před výlovem a při stavění kádí. Retence na profilu B byla stále relativně nízká a nestabilní. K výraznějšímu zvýšení TN došlo až při plašení ryb a vlastním zátahu ($19,0$ a $32,7 \text{ mg.l}^{-1}$ – profil A). Průměrný rozdíl v množství TN – retence, mezi profilem A a B se zvýšil na $38,6$ a $69,3 \%$. Postupné zklidnění situace v lovišti vedlo i k poklesu množství TN, přičemž se postupně snižovala i jeho retence. K výraznému zvýšení TN došlo opět při dolovku na kesery ($144,7 \text{ mg.l}^{-1}$), nicméně při průměrné retenci přesahující 80% byl zjištěn průměr na profilu B pouhých $17,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Povrchový odtok vody z loviště po ukončení výlovu přinesl další více než dvojnásobné zvýšení TN ($357,2 \text{ mg.l}^{-1}$ – profil A). Efektivita zachytu TN v dočasných bariérách však poněkud poklesla na $69,7 \%$ ($73,7 \text{ mg.l}^{-1}$ – profil B). Důvodem je opět snížení jejich objemu a doby zdržení pro menší objem přitékající vody.

Obsah amoniakálního dusíku (N-NH_4^+), který je pro ryby za určitých okolností toxický (resp. forma N-NH_3), byl rovněž sledován (Příloha 10). Koncentrace N-NH_4^+ dosahovala v samotných rybnících úrovně $0,91 \text{ mg.l}^{-1}$. Velmi podobné hodnoty byly zjištěny i v průběhu vypouštění rybníka, avšak s mírně se zvyšující úrovní. Dvou až trojnásobné zvýšení ve srovnání s vodou

v rybníce přinesl až ruch na kádišti a samotný zátah sítí. Dolovek na kesery však nepřinesl výrazné zvýšení koncentrace amoniakálního dusíku, ten byl na obdobné úrovni jako při prvním plašení ryb (3,7 mg.l⁻¹). Nejvyšší průměrná koncentrace N-NH₄⁺ byla zjištěna na konci výlovu – 19,5 mg.l⁻¹. V obecné rovině však můžeme konstatovat, že s ohledem na nízké teploty vody 3,3 až 13,6 °C a fakticky neutrální hodnoty pH (6,9 až 7,3) v průběhu vlastního výlovu, je podíl toxického NH₃ na úrovni do 0,6 % z celkového amoniakálního dusíku. Snížení množství N-NH₄⁺ průchodem bariérami bylo poněkud nejednoznačné. V první části sledování se jedná o změny v řádu jednotek procent, a to oběma směry. V průběhu samotného výlovu byla zaznamenána retence obvykle na úrovni nižších desítek procent, ale ne na všech rybnících. Nejeefektivnější bylo snížení N-NH₄⁺ na profilu B až při posledním vzorku (-63,5 %).

Koncentrace vápníku (Ca²⁺) v rybniční vodě před zahájením vypouštění dosahovala v průměru 32,3 mg.l⁻¹ (Příloha 11.). V průběhu vypouštění se tato hodnota nikterak zásadně neměnila. K určitému zvýšení došlo až při stavění kádí (50,0 mg.l⁻¹). Změny koncentrace vápníku na profilu B byly minimální, na úrovni jednotek procent. Nicméně v průběhu velké části výlovu se koncentrace Ca²⁺ pohybovala v obdobném intervalu 35,0 až 50,7 mg.l⁻¹, přičemž míra retence se zvýšila na nižší desítky procent. K výraznějšímu zvýšení průměrného množství unikajícího vápníku z rybníku došlo až v závěru výlovu, při dolovku na kesery 148,2 mg.l⁻¹, resp. po výlovu 374,0 mg.l⁻¹. V obou případech byl na profilu B zjištěn pokles množství Ca²⁺ o více než 60 %. Z výsledků obsahu vápníku v odtékající vodě před výlovem vyplývá, že z rybníků o průměrné hloubce cca 1 m odtékají řádově nižší stovky kg vápníku z 1 ha vodní plochy.

Změnu množství celkového uhlíku (TC) při našem sledování ukazuje Příloha 12. V rybnících byla zjištěna průměrná koncentrace TC – 61,5 mg.l⁻¹. Podobná úroveň byla zjištěna i při vypouštění rybníků (64,5 mg.l⁻¹). V noci před výlovem však došlo postupně k zvýšení obsahu TC na 93,6, resp. 105,2 mg.l⁻¹. Míra retence na profilu B však byla poměrně malá a dosahovala úrovně jednotek procent. Plašení ryb, resp. první zátah přinesl další dvojnásobné, resp. trojnásobné zvýšení TC. Po zklidnění situace v lovišti následoval postupný návrat na výchozí hodnotu rána před výlovem (110,4 mg.l⁻¹ – vydávání sítě). Míra retence TC na profilu B dosahovala obvykle již desítek procent. Druhý zátah však přinesl opětovné zvýšení TC, a to nad úroveň prvního zátahu (562,5 mg.l⁻¹), přičemž však bylo docíleno mnohem vyššího podílu zadržení na profilu B – 75,3 a 59,7 %. Nejvyšší hodnoty TC však přinesl tradičně závěr výlovu, kdy při dolovku na kesery jeho koncentrace vzrostla na 1 449 mg.l⁻¹, resp. při povrchovém odtoku po ukončení výlovu to bylo až 3 740 mg.l⁻¹. Tyto vysoké hodnoty však byly doprovázeny poměrně vysokou mírou retence TC na profilu B, a to: 80,9 a 76,8 %.

Celkový organický uhlík (TOC) dosahoval průměrné koncentrace v rybnících 37,8 mg.l⁻¹ (Příloha 13.). Dynamika jeho změny odpovídá z velké části výše popsanému vývoji TC, neboť tvořila jeho významný podíl (Obr. 4.9.). Podíl TOC na TC byl na profilu B nižší v průběhu celého výlovu. Po určitém poklesu, a to na obou profilech, se však začal v závěru výlovu opět zvyšovat. Zatímco na profilu A dosahoval u posledních dvou vzorků vody podíl TOC 91,4 a 97,7 %, na profilu B to bylo jen 58,0 a 70,8 % (Obr. 4.9.).



Obr. 4.9. Změna podílů TOC na TC (v %) ve vodě odtékající při vypouštění a výloveh rybníků – profil A a po průchodu přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem – profil B (průměr za všechny rybníky ze Strakonicka a Novohradsko).

Vysvětlivky: 1 – rybník před vypouštěním, 2 – vypouštění, 3 – noc před výlovem, 4 – ráno před výlovem, 5 – stavění kádí, 6 – plašení ryb, 7 – zátah / zvedání podložky, 8 – jádření, přetažení sítě, 9 – vydávání sítě, 10 – plašení ryb II., 11 – zátah II. / zvedání podložky II., 12 – vydávání sítě II., 13 – dolovek na kesery, 14 – povrchový odtok.

4.2.3. Živinové bilance

Blatensko

Přesnější informaci o skutečném množství zadržených živin přináší až propočet živinových bilancí pro každý měrný profil zvláště (A a B). Z jejich rozdílů lze vypočítat kolik kilogramů určité živiny, resp. látek bylo v prostoru dočasných bariér z balíků slámy zadrženo. Přehled zjištěných výsledků za Blatenské rybníky přináší Tab. 4.2. Z dosažených výsledků plyne, že poměrně efektivní byla retence především nerozpuštěných látek (obě formy), která se pohybovala na úrovni 60 až 85 %. Výjimku představoval pouze rybník N16 (retence 7,7 %), který byl loven za velmi mrazivého počasí. Voda vytékající z loviště obsahovala

velké množství ledové tříště, která sama o sobě vířila zachycený sediment a rovněž fakticky zmenšovala objem bariér. Tím se relativně zkracovala doba zdržení vody a možnost sedimentace.

Velmi slušná úroveň retence, v průměru 50,38 % byla zjištěna pro TP. Na dvou rybnících byla dokonce docílena retence TP na úrovni 75,8 a 88,2 % (JE a N17). Celková nižší retence TP zjištěná u některých rybníků je způsobená obvykle (kromě N16) nepatrně zvýšenou koncentrací TP zjištěnou u vzorků 1 a 2, kdy mohlo dojít k určité resuspendaci již dříve zachyceného sedimentu z důvodu aktuálně zvýšeného průtoku vody. I toto jinak malé zvýšení koncentrace TP na profilu B však s ohledem na objem protékající vody znamená určité zhoršení celkové bilance fosforu (ale i dalších živin).

O poznání méně efektivní byla zjištěna retence TN a TOC, která dosáhla jen 24,4 a 35,4 %. Nepřekvapivě nízké je rovněž zjištění retence rozpuštěného vápníku na úrovni 10,7 %.

Tab. 4.2. Přehled dosažené látkové (živinové) bilance průchodem vody přes dočasné bariéry z balíků slámy, umístěné ve stoce pod rybníkem (Blatensko).

Parametr	JE	PO	N16	VR	PL	N17	Průměr+SD
NL₁₀₅							
Profil A (kg)	2 711	456,5	1 856,8	514,2	123,95	1 234,02	
Profil B (kg)	1 098	124,5	1 713,7	204,2	28,73	185,92	
Retence (%)	59,5	72,7	7,7	60,0	77,0	85,0	60,32±25,20
NL₅₅₀							
Profil A (kg)	2 247,4	389,2	1 366,3	432,8	87,04	907,69	
Profil B (kg)	893,2	103,2	1 307,7	167,1	12,74	116,80	
Retence (%)	60,3	73,5	4,3	61,4	85,0	87,1	61,93±27,76
TP							
Profil A (kg)	14,966	2,108	7,940	0,445	0,612	6,349	
Profil B (kg)	3,616	0,926	7,720	0,363	0,238	0,749	
Retence (%)	75,8	56,1	2,8	18,4	61,0	88,2	50,38±30,30
TN							
Profil A (kg)	30,45	4,50	51,90	2,15	3,46	7,42	
Profil B (kg)	17,26	3,01	43,20	1,99	2,48	5,53	
Retence (%)	43,4	33,0	8,7	7,4	28,3	25,5	24,38±12,82
TOC							
Profil A (kg)	196,4	33,8	414,7	10,51	25,89	152,95	
Profil B (kg)	99,5	20,7	292,0	11,35	17,39	41,90	
Retence (%)	46,6	38,8	29,6	-8,0	32,8	72,6	35,40±23,96
Ca_{rozp.}							
Profil A (kg)	231,9	52,01	174,90	8,86	30,46	87,25	
Profil B (kg)	218,6	52,32	178,20	7,80	27,33	53,62	
Retence (%)	5,7	-0,6	-1,9	12,0	10,3	38,5	10,67±13,45

Výpočet látkové a živinové bilance pro tuto skupinu rybníků neuvádíme s ohledem na odlišný způsob měření průtoku vody stokou. V průběhu výlovu totiž docházelo k zanášení koryta stoky pod rybníkem a vytvoření průtokové křivky vypočtené z výšky vodního sloupce a rychlosti vody získané v průběhu vypouštění, není snadné (objektivní) použít pro závěr výlovu.

4.2.4. Praktické zkušenosti, závěry a technické limity technologie

Hlavním „čisticím“ mechanismem popisované technologie není filtrace vody, ale **sedimentace**. Ta je úměrná době zdržení a velikosti (hmotnosti, tvaru) unášených partikulí. Proto je žádoucí prodlužovat dobu zdržení na min. 20 až 30 min, resp. zvětšovat objem vzduté vody nad dočasnými hrázkami.

Výběr lokality

Technologie budování dočasných bariér z balíků slámy (sena) ve stoce pod rybníkem za účelem zachytávání nerozpuštěných látek a živin je vhodná spíše pro:

- menší rybníky do cca 10 ha, ale při příznivé konfiguraci prostoru pod rybníkem se může jednat i o něco větší rybníky,
- výhodné jsou rybníky na konci rybníčních soustav, resp. nad místem potenciálního zdroje kontaminace sedimentu polutanty (obec, průmyslový objekt apod.),
- prostor pod rybníkem musí být dobře přístupný (bez stromů a keřů) a únosný pro mechanizaci potřebnou k odstranění hrázek a zachyceného sedimentu po výlovu (alespoň v zimě po zámrazu, resp. v létě za sucha),
- stoka pod rybníkem má mít spíše mírný spád,
- stoka pod rybníkem není silně zabahněná a nemá „měkké dno“,
- hloubka stoky pod rybníkem je ideálně 50 až 60 cm,
- rybník nesmí být postaven na vodnatém toku, resp. s obtokovou stokou, bez možnosti regulace vody, který může přivést nadměrný přítok vody – ředění, vypláchnutí již zachyceného sedimentu,
- prostor pod rybníkem by měl být zatravněný (louka, pastvina) nebo alespoň bez cílené kultury, z důvodu předcházení škod na majetku či úrodě,
- možnost dočasného rozlití (vybřežení) vody na okolní pozemky je výhodou.

V obecné rovině za hlavní kritérium pro správu volbu rybníka pro tuto technologii zlepšování kvality vody je možné považovat **možnost opětovného mechanizovaného vyčištění stoky**. Technologii budování dočasných hrázek z balíků slámy (sena) není nutné aplikovat na každý rybník, ale jen tam, kde je to účelné (např. na konci menší rybniční soustavy).

Budování hrázek

K výstavbě dočasných bariér z balíků slámy (sena) lze použít především malé balíky o rozměrech cca: 40 x 40 x 75 cm. Ty by měly být lisovány co nejmenším tlakem, který na straně jedné udrží jejich tvar, ale na straně druhé umožní určité dotvarování balíku na místě uložení. První hrázka pod hrází by měla být postavena v takové vzdálenosti od vývěřiště, aby jejím vzduutím nedocházelo k brzdění odtoku vody z rybníka. Další hrázky jsou budovány s ohledem na spádové a prostorové poměry lokality tak, aby umožňovaly docílit maximálního objemu vzduuté vody. Hrázky je potřeba postavit nejpozději den před výlovem nebo před zahájením výlovu jako jeho procesní součást (je potřeba na chvíli zastavit rybník). Několik balíků je vhodné na 12 až 24 hodin předem namočit v místě výstavby a použít je k založení spodních řad (pozor nutná fixace, jinak uplavou). Je však potřeba pamatovat, že zatímco suchý balík váží 7 až 10 kg, po namočení a nasáknutí vodou to bude přes 50 kg. Manipulace s mokřým balíkem je poté velmi obtížná (hmotnost a rozpadání). Balíky je potřeba ve stoce klást do předem připraveného (vytvarovaného a vyčištěného) lože. Dostačující jsou za sebou jen dvě řady se vzájemně překrývajících balíky. Maximální bezpečná výška vody v dočasných bariérách je cca 1 m, což odpovídá maximálně třem řadám balíků na sobě. Vyšší bariéry nejsou stabilní při fixaci ocelovými trny. K fixaci – napíchnutí balíků je vhodné používat fixační trny ve tvaru T v min. dvou velikostech 80 cm (1 balík) a 150 cm (až 3 balíky), které mají šikmo seříznutou (naostřenou) špičku. Několik dní po výlovu a „zatemování“ hrází sedimentem je možné fixační trny vytáhnout a použít opakovaně na jiné lokalitě. K omezení podtékání bariér je vhodné jejich výtopu do vzdálenosti cca 2–3 m vystlat biodegradabilní tkaninou (např. juta). Ta je do bariér fixována pomocí krátkých T trnů (cca 30–50 cm), zatímco u dna ji stačí zatížit několika lopatami sedimentu ze stoky, případně malými jutovými pytli (protipovodňovými) naplněnými sedimentem z rybníka. Tento přístup umožní ekologické bezodpadové (biodegradabilní) sekundární využití celé sedimentační sestavy.

Při použití dočasných bariér postavených z balíků slámy (sena) je žádoucí spíše kontinuální vypouštění vody při strojení rybníka. Je potřeba se vyhýbat zejména nárazovému pouštění vody (vyjmout 2–3 dluže najednou). Za těchto okolností totiž v důsledku výkyvů v průtoku vody snadno dochází ke zvedání, již zachyceného sedimentu a jeho posunu dál s vodou. Účinnost retence živin se tak snižuje. Proto je vhodné pod rybníkem vybudovat soustavu více hrázek (min. 2–3, ideálně 4), které tyto situace lépe transformují. Zachycený sediment je možné po odtěžení v opodstatněných případech kompostovat v rybníku a využít ho k jeho opětovnému hnojení nebo jej použít v okolí rybníka k drobným terénním úpravám, resp. hnojení zemědělské půdy. Na některých lokalitách, kde je předpoklad trvalého využití této technologie, mohou být nahrazeny dočasné bariéry z balíků slámy soustavou trvalých hradítek (beton, ocel, kámen, dřevo). Ty by mohly být v průběhu roku otevřeny, aby neomezovaly běžný vodní režim ve stoce. K jejich uzavření by docházelo až při vypuštění, resp. výlovu. V průběhu roku však mohou rovněž sloužit při uložení 2–3 dluží jako drobný vodní prvek v krajině (domov obojživelníků, napajedlo). Na lokalitách s pravidelným využitím je možné stoku pod rybníkem více rozšířit a její tvar uzpůsobit pro snadné čištění lžící bagru (maximalizovat objem vody = dobu zdržení). Při práci v terénu se ukázalo, že dočasné bariéry z balíků slámy dokážou efektivně zastavit, resp. výrazně omezit únik nežádoucích „plevelných ryb“, zejména střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) s vodou do níže položených částí povodí (Obr. 4.10.).

Tato technologie byla rovněž s úspěchem využita při zachytávání sedimentu, který by mohl náhodně uniknout při odbahňování a rekonstrukci Křišťanovického rybníka. Ten se nachází bezprostředně nad řekou Blanice, ve které přežívá jedna z mála populací perlorodek. V zájmu ochrany přírody byla snaha udělat vše, co je technicky možné, k minimalizaci rizika poškození biotopu zvláště chráněného živočicha – perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) (Obr. 4.11.).



Obr. 4.10. Dočasné bariéry z balíků slámy dokáží efektivně zastavit únik nežádoucích plevelných ryb s vodou v závěrečné fázi výlovu, rybník JO (Foto: J. Regenda).



Obr. 4.11. Dočasné bariéry z balíků slámy byly rovněž instalovány na Křišťanovickém rybníku z důvodu prevence nežádoucího úniku sedimentu do řeky Blanice při odbahňování (Foto: J. Regenda).

4.2.5. Kvalita rybníčního sedimentu v prostoru loviště rybníků

O způsobu a možnosti dalšího využití rybníčního sedimentu rozhoduje především jeho kvalita s ohledem na přítomnost rizikových prvků a rizikových látek, který definuje vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, a její příloha č. 1. Kromě samotné kvality sedimentu může být druhým omezením kvalita půdy, na kterou je zamýšleno sediment uložit (vyhláška – příloha č. 3). Tento mechanismus se uplatňuje především při plošném odbahňování rybníka. Je však časově a finančně poměrně náročný. Méně kvalitní rybníční sedimenty lze po dokonalém odvodnění, promrznutí a případném provápnění využít k výrobě kompostů. Díky tomu lze lépe vyhovět limitům některých problémových prvků či látek. Námi provedené rozborry rybníčního sedimentu z prostoru loviště ukazují (Tab. 4.3.), že v některých případech může docházet k překročení limitů definovaných v příloze č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb. Z celkově 18 prováděných analýz bylo u 19 vzorků sedimentu z loviště sledovaných rybníků zjištěno překročení limitu pouze u 3,8 % analýz (13x z 342 provedených rozborů). Třikrát byl překročen limit pro arzén, sumu BTEX a PAU, dvakrát pro uhlovodíky $C_{10}-C_{40}$ a jednou u celkového Cr a Ni. Další možností je využití sedimentu k zasypávání (viz vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady). V krajním případě je možné pracovat (uložit) se sedimentem s překročenými limity rizikových prvků a látek v rámci katastrální plochy rybníka.

Tab. 4.3. Přehled výsledku rozboru rybníčního sedimentu odebraného z prostoru loviště sledovaných rybníků podle přílohy č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Parametr	Jednotka	Limit	Průměr±SD	Medián	Min.	Max.	Počet překročení
Obsah skeletu 2–4 mm	%	30	0,62±1,26	0,05	0,03	5,60	0 z 19
Obsah skeletu nad 4 mm	%	2	0,49±0,98	0,05	0,03	3,80	2 z 19
Arsen	mg.kg ⁻¹ suš.	30	21,49±14,86	20,00	3,93	66,00	3 z 19
Beryllium	mg.kg ⁻¹ suš.	5	2,18±1,24	2,10	0,00	4,40	0 z 19
Kadmium	mg.kg ⁻¹ suš.	1	0,35±0,21	0,25	0,09	0,90	0 z 19
Kobalt	mg.kg ⁻¹ suš.	30	13,97±4,36	14,00	5,97	24,00	0 z 19
Chrómový celkový	mg.kg ⁻¹ suš.	200	99,37±61,81	90,00	34,00	330,00	1 z 19
Měď	mg.kg ⁻¹ suš.	100	30,69±9,57	32,00	5,11	47,00	0 z 19
Rtuť	mg.kg ⁻¹ suš.	0,8	0,12±0,09	0,09	0,03	0,43	0 z 19
Nikl	mg.kg ⁻¹ suš.	80	44,77±19,94	44,00	18,00	110,00	1 z 19
Olovo	mg.kg ⁻¹ suš.	100	31,90±8,14	34,00	9,72	41,00	0 z 19
Vanad	mg.kg ⁻¹ suš.	180	63,55±21,74	68,00	9,88	100,00	0 z 19
Zinek	mg.kg ⁻¹ suš.	300	129,99±30,52	130,00	33,90	170,00	0 z 19
Suma BTEX	µg.kg ⁻¹ suš.	0,4	0,30±0,46	0,05	0,02	1,55	3 z 19
PAU – Σ12-ti PAU	µg.kg ⁻¹ suš.	6	2,59±3,09	1,60	0,05	11,00	3 z 19
PCB – Σ kongenerů	µg.kg ⁻¹ suš.	0,2	0,003±0,005	0,00	0,00	0,03	0 z 19
DDT (včetně met.)	µg.kg ⁻¹ suš.	0,1	0,01±0,02	0,01	0,00	0,09	0 z 19
Uhlovodíky C ₁₀ –C ₄₀	mg.kg ⁻¹ suš.	300	172,91±92,80	150,00	50,00	390,00	2 z 19

Do budoucna je však žádoucí provést legislativní úpravu pro nakládání se sedimentem v malém objemu (jednotky až nižší desítky m³) na profilu jednoho rybníka. Průběžné odstraňování rybníčního sedimentu z povodí je žádoucí z mnoha ohledů. Výrazně se snižuje riziko jeho kontaminace polutanty při putování krajinou, zamezí se nadměrnému zazemňování uzávěrových profilů povodí (např. VN Orlík). Umožní se recyklace živin v rámci mikropovodí, resp. vzniku nových produktů v rámci oběhového hospodářství (výroba hnojiv, kompostů, substrátů apod.). Zaměřit se je potřeba na horní části povodí tak, aby docházelo k minimalizaci „posouvání“ sedimentů dál do povodí (minimalizace rizika kontaminace sedimentu, menší objemy). Důležité je především administrativně zjednodušit proces pravidelného nakládání s malými objemy sedimentu a učinit jej ekonomicky smysluplným. Riziko kontaminace orné půdy sedimenty je minimální a násobně jej převyšují všechny benefity brzkého zastavení živinových a materiálových toků v rámci povodí.

To, že rybníční sediment je kvalitním hnojivem využitelným na orné půdě kromě zkušenosti předků (Mokry, 1935) dokládají rovněž naše výsledky (Tab. 4.4.). Rybníční sediment obsahuje vysoký podíl organických látek a některé

živiny, zejména fosfor, jsou v něm dobře zafixovány. Tím dochází ke zlepšování fyzikálně-chemických vlastností půdy a díky postupnému uvolňování živin trvá hnojitivý účinek sedimentu několik let (Baxa a kol., 2017).

Tab. 4.4. Přehled obsahu vybraných živin rybníčního sedimentu odebraného z prostoru loviště sledovaných rybníků.

Parametr	Jednotka	Průměr±SD	Medián	Min.	Max.
Sušina	%	21,18±8,44	19,10	7,30	44,30
Ztráta žíháním	% suš.	17,48±6,05	17,00	9,15	36,00
pH – CaCl ₂		6,67±0,65	6,65	5,15	7,63
Dusík celkový	mg.kg ⁻¹ sušiny	8 845,26±3 037,42	7 530,00	4 900,00	17 000,00
Fosfor celkový	mg.kg ⁻¹ sušiny	1 570,02±557,18	1 500,00	398,40	2 700,00
P – využitelný	mg.kg ⁻¹ sušiny	28,91±30,41	15,00	1,90	94,00
Podíl využitelného P	%	2,83±5,22	1,09	0,08	23,44
Uhlík celkový	g.kg ⁻¹ sušiny	85,69±31,54	77,00	45,80	170,00
TOC	g.kg ⁻¹ sušiny	79,38±29,54	72,00	42,10	160,00
Podíl TOC na TC	%	93,48±9,92	95,35	54,55	100,00
Hořčík celkový	mg.kg ⁻¹ sušiny	6 859,52±3 306,22	6 800,00	987,90	18 000,00
Mg – využitelný	mg.kg ⁻¹ sušiny	640,95±179,44	670,00	136,00	860,00
Podíl využitelného Mg	%	10,42±3,22	9,71	4,17	19,71
Draslík celkový	mg.kg ⁻¹ sušiny	6 156,27±2 462,13	6 900,00	700,20	10 000,00
K – využitelný	mg.kg ⁻¹ sušiny	459,69±167,99	510,00	90,20	720,00
Podíl využitelného K	%	8,46±4,27	6,63	4,87	20,57
Vápník celkový	mg.kg ⁻¹ sušiny	13 604,22±30 713,54	5 900,00	1 816,00	140 000,00
Ca – využitelný	mg.kg ⁻¹ sušiny	4 282,63±2 982,11	3 700,00	1 320,00	16 000,00
Podíl využitelného Ca	%	57,89±16,88	59,87	11,43	82,26

4.2.6. Ekonomické aspekty budování dočasných hrázek

Náklady na výstavbu a likvidaci dočasných bariér z balíků slámy jsou relativně nízké. Na jeden rybník je možné počítat s potřebou 50 balíků slámy na min. 2 hrázky. To při ceně cca 50 Kč/balík představuje náklad 2 500 Kč/rybník. Sadu fixačních trnů (roxor průměr 12 mm, 20x 80 cm a 20x 150 cm) lze pořídit do 5 000 Kč s možností opakovaného využití. Lidská práce na obsluhu jednoho rybníka představuje práci pro 2 až 3 pracovníky na 2 hodiny – cca 1 500 Kč (250 Kč/h x 2 h x 3 osoby). Z naší zkušenosti však plyne, že nejvíce času při výstavbě hrázek zabere ruční přenášení balíků slámy od hráze k místu výstavby. Správnou logistikou lze tedy zkrátit i čas výstavby hrázek na cca 1 hodinu. Náklady na jutovou tkaninu na dvě hrázky lze odhadnout na 1 000 až 1 200 Kč (4x 3m juta tkanina šířka 160 cm, nebo 2x 3m tkanina šířka 210 cm, hustota 362 g/m² + 10x jutový protipovodňový pytel 30 x 60 cm).

Druhým ekonomickým aspektem je likvidace dočasných bariér. V tomto ohledu se jeví jako nejvíce komplikující faktor přístup ke stoce pro techniku. Je-li přístup pro mechanizaci komfortní a stoky pod rybníkem jsou pravidelně udržovány, je odstraňování zachyceného sedimentu i vlastních hrázek poměrně rychlé. Převážná vzdálenosti jsou obvykle minimální. Objem vytěženého materiálu nebývá velký a záleží z velké části rovněž na tom, v jakém stavu byla stoka pod rybníkem předtím. Objem vytěženého materiálu lze odhadovat v průměru na 40 až 50 m³ z rybníka, což při ceně cca 250 Kč/m³ představuje náklad 10 až 12,5 tis. Kč. Na menších rybnících s pravidelně udržovanou stokou a dobrým přístupem to může být i méně.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS

Ekonomický přínos této technologie nespočívá ve zvýšení produkce ryb na daných rybnících, ani ve snížení výrobních nákladů v chovu ryb. Přesné ekonomické vyčíslení je proto velmi náročné. Hlavní výhodou a přínosem této technologie je však zamezení nekontrolovaného úniku sedimentu (živin a materiálu) z rybníků při jejich výlovu. Tento sediment je díky tomu odstraňován relativně brzo v horní části mikropovodí, kde je riziko jeho kontaminace polutanty relativně malé. Díky tomu je možné zachycený sediment opětovně využít např. jako hnojivo, k povrchovým úpravám nebo k výrobě pěstivelského substrátu (zapojení do oběhové ekonomiky). Pokud by sediment putoval nekontrolovaně dál rybníční soustavou, v čase se úměrně zvyšuje riziko jeho kontaminace nějakým polutantem. Díky tomu by byl následně klasifikován jako nebezpečný odpad, který je ekonomicky velmi nákladné likvidovat. Vedle výše uvedeného přináší tato technologie rovněž celou řadu nepřímých ekologických benefitů, které lze jen těžko vyčíslit:

- omezení zanášení drobných vodních toků jako životního prostředí bezobratlých, obojživelníků, plazů a ryb,
- omezení eutrofizace níže ležícího povodí,
- zamezení kumulace živin i sedimentu v uzavěrových profilech povodí (např. VN Orlík),
- zastavení (omezení) úniku nežádoucích „plevelných ryb“ v rámci rybníčních soustav, zejména pak nepůvodní invazivní střevličky východní a slunečnice pestré, které jsou na seznamu EU,
- minimalizace rizika kontaminace sedimentu putujícího krajinou,
- získávání kvalitního materiálu pro hnojení zemědělských pozemků, případně výrobu kompostů a substrátů.

Nepřímý ekonomický přínos představují rovněž nižší náklady průběžného odstraňování malých objemů sedimentu putujících rybníční soustavou ve srov-

náním s jinak běžným plošným odbahněním rybníka. To je administrativně, organizačně a ekonomicky velmi nákladné. Zachytávání sedimentu pomocí soustavy dočasných bariér tak lze považovat za efektivní preventivní opatření k omezování opětovného zanášení níže položených rybníků sedimenty.

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI

Tato technologie nachází své uplatnění zejména na menších rybnících s přiměřenými prostorovými podmínkami k výstavbě a odstraňování dočasných bariér z balíků slámy (sena). Jedná se o jednu z doporučených technik identifikovaných k omezení vnosu fosforu do vodního prostředí v rámci Studie proveditelnosti opatření ke snížení dotace fosforu do vodního díla Orlík (Čejka a kol., 2021).

7. SEZNAM LITERATURY

Nařízení vlády č. 401/2015 sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 257/2009 sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Vyhláška č. 273/2021 sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 114/ 1992 sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 99/2004 sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráž, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 541/2020 sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů.

DIN 66165-1, Particle size analysis – Sieving analysis – Part 1: Fundamentals.

DIN 66165-2:2016-08 Particle size analysis – Sieving analysis – Part 2: Procedure.

ČSN 46 5735, 2020. Kompostování.

ČSN EN 1484 (75 7515) Jakost vod – Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a rozpuštěného organického uhlíku (DOC).

ČSN EN 1899-1 (75 7517) Jakost vod – Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) – Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přísadkou allylthiomocoviny.

ČSN EN 1899-2 (75 7517) Jakost vod – Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) – Část 2: Metoda pro neředěné vzorky.

ČSN EN 872 (757349) Jakost vod – Stanovení nerozpuštěných látek – Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken.

ČSN EN 13137 (838021) Charakterizace odpadů – Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) v odpadech, kalech a sedimentech.

- ČSN EN ISO 9963-1 (757371) Jakost vod. Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK). Část 1: Stanovení KNK4,5 a KNK8,3.
- ČSN EN ISO 17294-2 (757388) Kvalita vod – Použití hmotnostní spektrometrie indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) – Část 2: Stanovení vybraných prvků včetně izotopů uranu.
- ČSN EN 12879 (758005) Charakterizace kalů – Stanovení ztráty žháním.
- ČSN ISO 11261 (836415) Kvalita půdy – Stanovení celkového dusíku – Modifikovaná Kjeldahlova metoda.
- ČSN ISO 15705 (75 7521) Jakost vod – Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK_c) – Metoda ve zkumavkách.
- ČSN ISO 10694 (836410) Kvalita půdy – Stanovení organického a celkového uhlíku po termickém rozkladu.
- ČSN ISO 10390 (836221) Kvalita půdy. Stanovení pH.
- Adámek, Z., Rozkošný, M., Hlaváč, D., Sedláček, P., 2015. Odnos fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovu kaprových rybníků. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Rybníky – naše dědictví i bohatství. Sborník příspěvků odborné konference 18. a 19. 6. 2015. Praha, ČSKl, s. 86–94.
- Banas, D., Masson G., Leglize L., Pihan, J.-C., 2002. Discharge of sediments, nitrogen (N) and phosphorus (P) during the emptying of extensive fishponds: effect of rain-fall and management practises. *Hydrobiologia* 472: 29–38.
- 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. *Environmental Pollution* 152: 679–685.
- Baxa, M., Baxová Chmelová, I., Benedová, Z., Duras, J., Hrubec, H., 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, ENKI, o.p.s. a PLOSAB, s.r.o., 51 s.
- Baxa, M., Šulcová, J., Kröpfelová, L., Pokorný, J., 2019a. Výsledky dlouhodobého monitoringu kvality rybníčních sedimentů v České republice. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2019“. 13. a. 14. 6. 2019. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 63–70.
- Baxa, M., Šulcová, J., Kröpfelová, L., Pokorný, J., Potužák, J., 2019b. The quality of sediment in shallow water bodies – Long-term screening of sediment in Czech Republic. A new perspective of nutrients and organic matter recycling in agricultural landscapes. *Ecological Engineering* 127: 151–159.
- Boyd, C.E., 1978. Effluent from Catfish Ponds during Fish Harvest. *J. Environ. Qual.* (7) 1:59–62.
- Butz, I., 1988. Situation of fish – farm effluents in Austria. *Monistettuja Julkaisuja (Helsinki)* 47: 4–12.
- Čašek, J., 2016. Zdroje sedimentu v nádrži. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“. 23. a. 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 139–144.

- Cejka, F., Ryšavý S., a kol., 2021. Studie proveditelnosti opatření ke snížení vnosů fosforu do VD Orlík, Sweco + Aquatis pro Jihočeský a Středočeský kraj, Praha, Brno, 135 s.
- Freidinger, J., 2016. Kvalita vody odtékající z rybníků v průběhu vypouštění a výlovu se zřetelem na bilanci fosforu a nerozpuštěných látek. Diplomová práce. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav akvakultury, České Budějovice.
- Gergel, J., Kolář, L., Šedivý, V., Hůda, J., 2002. Rybníční sedimenty, geneze, posuzování, odstraňování a další nakládání s nimi. Příloha k výzkumné zprávě projektu VaV6304/02, MSM:J06/98:1222200002, 44 s.
- Chmelický, P., Regenda, J., 2018. Úhyny ryb na rybníce Záhumenní velký způsobené nedostatečně fungující čistírnou odpadních vod. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2018“. 14. a. 15. 6. 2018. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 137–148.
- Chmelický, P., Kopp, R., Musilová, B., 2019. Kvalita vody v rybníce Záhumenní velký po úhyněch ryb způsobených nedostatečně fungující čistírnou odpadních vod aneb jak to celé dopadlo. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2019“. 13. a. 14. 6. 2019. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 24–31.
- Duras, J., Marcel, M., 2022. Odlehčení, co přináší těžkosti. Živa 5: 134–136.
- Hartman, P., 2012. Technologie používané při chovu ryb v rybnících, In: Urbánek, M. (Ed.), Naše rybářství České Budějovice: Rybářské sdružení České republiky, s. 57–93.
- Hartman, P., Regenda, J., Hamerník, J., 2016. Změny v produkci ryb v průběhu 20. století v ČR. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“. 23. a. 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 58–69.
- Kajgrová, L., Blabolil, P., Drozd, B., Roy, K., Regenda, J., Šorf, M., Vrba, J., 2022. Negative effects of undesirable fish on common carp production and overall structure and functioning of fishpond ecosystems. Aquaculture 549: 737811.
- Kalenda, M., Vojtěch, V., Gergel, J., 1982. Obsah některých živin a látek vypouštěných rybníků ve vodě. Československé rybnikářství 1: 8–16.
- Kopp, R., Musilová, B., Radojčić, M., Grmela, J., 2019. Rybníční sediment – odpad nebo hnojivo? In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2019“. 13. a. 14. 6. 2019. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 71–79.
- Kotrba, D., Zbirovský, P., 2016. Nakládání s vytěženými sedimenty z pohledu environmentální legislativy – teorie a praxe. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“. 23. a. 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 162–173.
- Kranecki, J., 2016. Zkušenosti s odbahňováním rybníků. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“. 23. a. 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 145–152.
- Kubík, L., 2011. Monitoring rybníčních a říčních sedimentů, 1995–2010., průběžná zpráva 1995–2010, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, Brno, 24 s.
- Kwei Lin, C., Yang Yi, Y., 2003. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. Aquaculture 226: 57–58.

- Kwei Lin, C., Shrestha, K.M., Yang Yi, Y., Diana, J.S., 2008. Management in minimize the environmental impacts of pond effluent: harvest draining techniques and effluent quality. *Aquaculture Engineering* 25: 125–135.
- Marval, Š., Duras, J., Marcel, M., Hejduk, T., Novák, P., 2018. Kvalita rybníčních sedimentů v zemědělsky využívaném povodí. In: David, V., Davidová, T. (Eds), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2018“*. 14. a 15. 6. 2018. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 15–25.
- Marval, Š., Hejduk, T., Zajíček, A., Tomek, M., Dušková, K., Vybíral., T., Novák, P., 2019. Živiny v půdě, vodě a sedimentech rybníků (Povodí Jickovického potoka). In: David, V., Davidová, T. (Eds), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2019“*. 13. a 14. 6. 2019. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, s. 41–52.
- Mikšíková, K., 2011. Sledování množství nerozpuštěných látek a celkového fosforu v průběhu vypouštění rybníční nádrže. *Juniorstav*. 3. Vodní hospodářství a vodní stavby, 7 s.
- Mikšíková, K., Dostál, T., Vrána, K., Rosendorf, P., 2012. Transport sedimentu a fosforu při výlovu malých vodních nádrží. *Vodní hospodářství* 6, s. 203–208.
- Mokřý, T., 1935. *Hospodářství rybníční*, František Podhajský, Písek, 352 s.
- Muendo, P.N., Verdegem, C.J.M., Stoorvogel, J.J., Milstein, A., Gamal E., Duc, P.M., Verreth, J.A.J., 2014. Sediment Accumulation in Fish Ponds; Its Potential for Aricultural Use. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 1: 228–241.
- Pechar, L., 2015. Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek, *Vodní hospodářství* 7, s. 1–6
- Potužák, J., Duras, J., 2015. Retence živin v rybnících jako účinný nástroj pro zlepšení kvality vody v povodí. In: David V., Davidová T. (Eds), *Rybníky – naše dědictví i bohatství*. Sborník příspěvků odborné konference 18. a 19. 6. 2015. Praha, ČSKl, s. 60–71.
- Potužák, J., Duras, J., Kröpfelová, L., Šulcová, J., Baxová Chmelová, I., Benedová, Z., Svoboda, T., Novotný, O., Pokorný, J., 2016. Rybníční sediment a nové možnosti recyklace živin a organických látek v zemědělské krajině – příkladová studie rybník Horusický. In: David, V., Davidová, T. (Eds), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“*. 23. a 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 174–183.
- Potužák, J., Duras, J., Faina, R., Fišer, J., 2018. Vliv rybníků na kvalitu vody VN Jordán v Táboře. In: David, V., Davidová, T. (Eds), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2018“*. 14. a 15. 6. 2018. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 26–32.
- Poštulková, E., Kopp, R. Lang, Š., Brabec, T., 2012. Změny kvality vody při vypouštění rybníka. In: XVI. Konference ČLS a SLS, 25–29. 6. Jasná, s. 126–129.
- Regenda, J., Hartman, P., Rutegwa, M., Kutý, M., 2017. Kontrola úniku sedimentů při výloveh rybníků, možnosti jejich zadržení a recyklace. In: David, V., Davidová, T. (Eds), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2017“*. 15. a 16. 6. 2017. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 132–143.
- Regenda, J., Hartman, P., Rutegwa, M., 2018. Výlov rybníků z pohledu přírůstu ryb a úbytku živin, aneb jak to bylo a může být. In: Kopp, R., Grmela, J. (Eds), *Sborník příspěvků z konference RYBIKON 2018*. 10. a 11. 10. 2018. Brno, Mendlova univerzita v Brně, s. 14–22.

- Regenda, J., Vágner M., Rutegwa M., Dofek J., Drozd B., 2019. Změny kvality vody při vypouštění rybníku. In: M. Urbánek (Ed.), Sborník referátů z 5. ročníku odborné konference konané v Českých Budějovicích 14. a 15. 2. 2019. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, s. 59–66.
- Schwartz, M.F., Boyd, C.E., 1994. Effluent quality during harvest of channel catfish from watershed ponds. *The Progressive Fish-Culturist* 56: 25–32.
- Šilhavý, V., 2015. Produkční rybářství v závěru 20. a na počátku 21. století. In: Pokorný, J. (Ed.), České rybníky a Rybníkářství ve 20. století, Rybářské sdružení ČR, s. 112–132.
- Šulcová, J., Baxa, M., Kröpfelová, L., Baxová Chmelová, I., 2017. Monitoring rybníčních sedimentů v letech 2011–2017. In: David, V., Davidová, T. (Eds), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2017“. 15. a 16. 6. 2017. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 144–155.
- Šulcová, J., Baxa, M., Hanzlík, P., Baxová Chmelová, I., Potužák, J., 2022. Vybrané kvalitativní ukazatele sedimentů (PAU) vs legislativou nastavené limity. In: Kučerová, J. (Ed), Vodní nádrže 2022. Brno: Povodí Moravy, s.p., s. 96–99.
- Vallod, D., Sarrazin, B., 2010. Water quality characteristics for draining and extensive fish farming pond. *Hydrological Sciences Journal* 55: 394–402.
- Vrba, J., Šorf, M., Nedoma, J., Benedová, Z., Kröpfelová, L., Šulcová, J., Tesařová, B., Musil, M., Pechar, L., Potužák, J., Regenda, J., Šimek, K., Řeháková, K., 2023. Top-down and bottom-up control of plankton structure and dynamics in hypertrophic fishponds, *Hydrobiologia*, <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05312-5>
- MZe, Program 129 280 „Podpora retence vody v krajině – rybníky a vodní nádrže. <https://eagri.cz/public/portal/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/rybniky> – (chovatelé ryb nad 15 ha; navštíveno 27. 11. 2023)
- MZe, Dotační program 129 390 „Podpora opatření na drobných vodních tocích a malých vodních nádržích - 2. etapa. <https://eagri.cz/public/portal/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/drobne-vodni-toky-a-male-vodni-nadrze> – (obce, podniky povodí a LČR; navštíveno 27. 11. 2023)
- MZe, 2023. Zásady, kterými se stanovují podmínky pro poskytování dotací pro rok 2023. https://eagri.cz/public/portal/-q286345---KptTbHK_/zasady-2023-01?_linka=a428177 (navštíveno 27. 11. 2023)

Poděkování

Na zabezpečení vzorkování a práci v terénu se podíleli a patří jim dík: Zdeněk Adámek, Jan Dofek, Bořek Drozd, Pavel Franta, Michal Kutý, Aneta Mondeková, Marcellin Rutegwa, Karel Strnad, Martin Vágner, Tomáš Zoubek.

8. PŘÍLOHY

Příloha 1. Dynamika změny vybraných (NL_{105} , NL_{550} , Ca^{2+}) laboratorně analyzovaných parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy (Blatensko).

Parametr	Vzorek	Profil	JE	PO	N16	VR	PL	N17	Průměr±SD
NL_{105} (mg.l ⁻¹)	1	A	39	46	70	-	49	58	52,4±10,7
		B	31	34	47	-	45	61	43,6±10,7
		rozdíl	-20,51	-26,09	-32,86	-	-8,16	5,17	-16,5±13,5
	2	A	500	36	310	170	46	63	187,5±169,0
		B	420	24	190	110	41	84	144,8±134,2
		rozdíl	-16,00	-33,33	-38,71	-35,29	-10,87	33,33	-16,8±24,6
	3	A	-	1 300	390	540	200	250	536,0±399,9
		B	-	340	170	190	64	95	171,8±96,1
		rozdíl	-	-73,85	-56,41	-64,81	-68,00	-62,00	-65,0±5,8
	4	A	4 400	4 600	1 900	47 000	11 000	5 900	12 467±15 687
		B	620	530	5 900	18 000	78	300	4 238±6 478
		rozdíl	-85,91	-88,48	210,53	-61,70	-99,29	-94,92	-36,6±111,2
	5	A	4 700	2 200	28 000	1 400	9 800	17 000	10 517±9 437
		B	3 500	1 400	22 000	380	110	4 800	5 365±7 624
		rozdíl	-25,53	-36,36	-21,43	-72,86	-98,88	-71,76	-54,5±28,5
NL_{550} (mg.l ⁻¹)	1	A	23	34	34	-	19	23	36,60±6,22
		B	14	24	21	-	17	24	20,00±3,95
		rozdíl	-39,13	-29,41	-38,24	-	-10,53	4,35	-22,59±16,95
	2	A	410	25	210	120	20	31	136,00±140,01
		B	350	15	130	77	16	48	106,00±115,97
		rozdíl	-14,63	-40,00	-38,71	-35,83	-20,00	54,84	-15,62±32,90
	3	A	-	1 100	260	430	140	170	420,00±354,68
		B	-	290	100	140	35	58	124,60±90,18
		rozdíl	-	-73,64	-61,54	-67,44	-75,00	-65,88	-68,70±5,00
	4	A	3 700	4 000	1 400	40 000	8 800	4 400	10 383±13 426
		B	520	460	4 500	15 000	41	190	3 452±5 389
		rozdíl	-85,95	-88,50	221,43	-62,50	-99,53	-95,68	-35,12±115,34
	5	A	4 000	1 900	22 000	1 200	8 000	13 000	8 350±7 300
		B	2 900	1 200	18 000	280	57	3 600	4 340±6 244
		rozdíl	-27,50	-36,84	-18,18	-76,67	-99,29	-72,31	-55,13±29,36
Ca^{2+} (mg.l ⁻¹)	1	A				-	45	46	45,5±0,50
		B				-	45	47	46,00±1,00
		rozdíl				-	0,00	2,17	1,09±1,09
	2	A				32	40	48	40,00±6,53
		B				31	39	46	38,67±6,13
		rozdíl				-3,13	-2,50	-4,17	-3,27±0,69
	3	A				35	43	50	42,67±6,13
		B				31	41	47	39,67±6,60
		rozdíl				-11,43	-4,65	-6,00	-7,36±2,93
	4	A				240	410	230	293,33±82,60
		B				160	40	52	84,00±53,96
		rozdíl				-33,33	-90,24	-77,39	-66,99±24,37
	5	A				37	280	550	289,00±209,53
		B				32	47	120	66,33±38,44
		rozdíl				-13,51	-83,21	-78,18	-58,30±31,74

Poznámka: označení vzorků 1 – noc před vypouštěním, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodinu po výlovu; průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 2. Dynamika změny vybraných (TN, TP, $P_{\text{rozp.}}$) laboratorně analyzovaných parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy (Blatensko).

Parametr	Vzorek	Profil	JE	PO	N16	VR	PL	N17	Průměr±SD
TN (mg.l ⁻¹)	1	A	2,6	2,5	5,5	–	4,1	2,7	3,48±1,17
		B	2,5	2,3	5,3	–	4,1	3,4	3,52±1,10
		rozdíl	-3,85	-8,00	-3,64	–	0,00	25,93	2,09±12,19
	2	A	5,6	2,8	9,9	7,6	3,7	3,4	5,50±2,54
		B	5,3	2,8	10,0	7,5	3,4	3,3	5,38±2,61
		rozdíl	-5,36	0,00	1,01	-1,32	-8,11	-2,94	-2,79±3,14
	3	A	–	8,3	14	11	4,4	4,5	8,44±3,72
		B	–	5,6	11	8,1	3,7	3,6	6,40±2,82
		rozdíl	–	-32,53	-21,43	-26,36	-15,91	-20,00	-23,25±5,72
	4	A	39	20	6,1	53	120	6,1	40,70±39,30
		B	7	6,2	100	46	4,70	7,8	28,62±35,05
		rozdíl	-82,05	-69,00	1 539	-13,21	-96,08	27,87	-46,49±46,62
	5	A	47	28	620	19	99	230	173,83±211,80
		B	36	14	290	12	7,1	76	72,52±100,01
		rozdíl	-23,40	-50,00	-53,23	-36,84	-92,83	-66,96	-53,88±22,07
TP (mg.l ⁻¹)	1	A	0,29	0,28	0,36	–	0,34	0,36	0,33±0,03
		B	0,29	0,31	0,38	–	0,37	0,37	0,34±0,04
		rozdíl	0,00	10,73	5,56	–	8,82	2,78	5,58±3,90
	2	A	1,40	0,28	0,85	0,67	0,37	0,39	0,66±0,38
		B	1,00	0,27	0,75	0,71	0,39	0,43	0,59±0,25
		rozdíl	-28,57	-3,57	-11,76	5,97	5,41	10,26	-3,71±13,26
	3	A	–	1,90	1,20	1,40	0,73	0,88	1,22±0,41
		B	–	0,70	0,78	0,79	0,48	0,43	0,64±0,15
		rozdíl	–	-63,16	-35,00	-43,57	-34,25	-51,14	-45,42±10,81
	4	A	28	20	17	30	48	31	29,0±9,93
		B	1,6	0,90	15	22	0,52	1,2	6,87±8,47
		rozdíl	-94,29	-95,50	-11,76	-26,67	-98,92	-96,13	-70,55±36,58
	5	A	36	24	110	1,80	31	83	47,63±36,99
		B	19	2	110	0,82	0,82	13	24,27±38,94
		rozdíl	-47,22	-91,67	0,00	-54,44	-97,35	-84,34	-62,50±33,53
$P_{\text{rozp.}}$ (mg.l ⁻¹)	1	A	0,04	0,076	0,042	–	0,130	0,025	0,06±0,04
		B	0,04	0,130	0,096	–	0,110	0,041	0,08±0,04
		rozdíl	0,00	71,05	128,6	–	-15,38	64,00	49,65±52,14
	2	A	0,069	0,078	0,040	0,087	0,080	0,026	0,06±0,02
		B	0,060	0,10	0,067	0,210	0,130	0,041	0,10±0,06
		rozdíl	-13,04	28,21	67,50	141,4	62,50	57,69	57,38±46,54
	3	A	–	0,055	0,041	0,120	0,069	0,029	0,06±0,03
		B	–	0,064	0,061	0,140	0,130	0,037	0,09±0,04
		rozdíl	–	16,36	48,78	16,67	88,41	27,59	39,56±27,12
	4	A	0,050	0,052	0,083	0,043	0,070	0,031	0,05±0,02
		B	0,039	0,055	0,059	0,034	0,100	0,040	0,05±0,02
		rozdíl	-22,00	5,77	-28,92	-20,93	42,86	29,03	0,97±27,28
	5	A	0,042	0,330	0,032	0,073	0,054	0,019	0,09±0,11
		B	0,042	–	0,052	0,086	0,150	0,018	0,07±0,05
		rozdíl	0,00	–	62,50	17,81	177,78	-5,26	50,57±67,93

Poznámka: označení vzorků 1 – noc před vypouštěním, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodinu po výlovu; průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 3. Dynamika změny vybraných (TOC, TIC, TC) laboratorně analyzovaných parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy (Blatensko).

Parametr	Vzorek	Profil	JE	PO	N16	VR	PL	N17	Průměr±SD
TOC (mg.l ⁻¹)	1	A	19	19	33	–	28	23	24,40±5,43
		B	18	17	30	–	29	27	24,20±5,56
		rozdíl	-5,26	-10,53	-9,09	–	3,57	17,39	-0,78±10,33
	2	A	27	19	55	39	25	26	31,83±11,95
		B	26	19	51	39	23	26	30,67±10,96
		rozdíl	-3,70	0,00	-7,27	0,00	-8,00	0,00	-3,16±3,43
	3	A	–	64	77	62	31	39	54,60±17,00
		B	–	36	52	43	25	28	36,80±9,87
		rozdíl	–	-43,75	-32,47	-30,65	-19,35	-28,21	-30,89±7,85
	4	A	250	160	520	200	1 100	630	476,67±327,14
		B	33	43	810	340	29	55	218,33±286,50
		rozdíl	-86,80	-73,13	55,77	70,00	-97,36	-91,27	-37,13±71,21
	5	A	300	200	5 300	130	830	2 200	1 493±1 843
		B	260	85	2 400	60	28	550	563±840
		rozdíl	-13,33	-57,50	-54,72	-53,85	-96,63	-75,00	-58,51±25,18
TIC (mg.l ⁻¹)	1	A				–	28	34	31,00±3,00
		B				–	28	36	32,00±4,00
		rozdíl				–	0,00	5,88	2,94±2,94
	2	A				21	32	33	28,67±5,44
		B				20	30	33	27,67±5,56
		rozdíl				-4,76	-6,25	0,00	-3,67±2,67
	3	A				22	45	53	40,00±13,14
		B				22	30	34	28,67±4,99
		rozdíl				0,00	-33,33	-35,85	-23,06±16,34
	4	A				73	49	230	117,33±80,27
		B				74	36	52	54,00±15,58
		rozdíl				1,37	-26,53	-77,39	-34,18±32,61
	5	A				26	170	550	248,67±221,04
		B				24	50	120	64,67±40,54
		rozdíl				-7,69	-70,59	-78,18	-52,15±31,59
TC (mg.l ⁻¹)	1	A				–	55	57	56,00±1,00
		B				–	54	56	55,00±1,00
		rozdíl				–	-1,82	-1,75	-1,79±0,04
	2	A				60	52	59	57,00±3,56
		B				59	51	59	56,33±3,77
		rozdíl				-1,67	-1,92	0,00	-1,20±0,85
	3	A				84	67	84	78,33±8,01
		B				85	50	63	66,00±14,45
		rozdíl				1,19	-25,37	-25,00	-16,39±12,43
	4	A				280	1 100	750	710,00±335,96
		B				420	55	100	191,67±162,50
		rozdíl				50,00	-95,00	-86,67	-43,89±66,48
	5	A				160	1 000	2 500	1 220,0±967,88
		B				84	72	590	248,67±241,41
		rozdíl				-47,50	-92,80	-76,40	-72,23±18,73

Poznámka: označení vzorků 1 – noc před vypouštěním, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodinu po výlovu; průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 4. Dynamika změny vybraných ($KNK_{4,5}$, BSK_5 , $CHSK_c$) laboratorně analyzovaných parametrů kvality vody průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy (Blatensko).

Parametr	Vzorek	Profil	JE	PO	N16	VR	PL	N17	Průměr±SD
$KNK_{4,5}$ (mmol.l ⁻¹)	1	A				-	2,3	3,2	2,75±0,45
		B				-	2,2	3,1	2,65±0,45
		rozdíl				-	-4,35	-3,13	-3,74±0,61
	2	A				2,1	2,2	3,0	2,43±0,40
		B				2,1	2,2	3,1	2,47±0,45
		rozdíl				0,00	0,00	3,33	1,11±1,57
	3	A				2,3	2,3	3,1	2,57±0,38
		B				2,2	2,2	3,1	2,50±0,42
		rozdíl				-4,35	-4,35	0,00	-2,90±2,05
	4	A				3,7	3,2	3,7	3,53±0,24
		B				2,9	2,2	3,3	2,80±0,45
		rozdíl				-21,62	-31,25	-10,81	-21,23±8,35
	5	A				2,8	3,7	5,9	4,13±1,30
		B				2,7	2,9	5,1	3,57±1,09
		rozdíl				-3,57	-21,62	-13,56	-12,92±7,38
BSK_5 (mg.l ⁻¹)	1	A				-	25	9,2	17,10±7,90
		B				-	25	11	18,00±7,00
		rozdíl				-	0,00	19,57	9,79±9,79
	2	A				21	22	11	18,00±4,97
		B				19	20	10	16,33±4,50
		rozdíl				-9,52	-9,09	-9,09	-9,23±0,20
	3	A				31	17	13	20,33±7,72
		B				17	21	9,8	15,93±4,63
		rozdíl				-45,16	23,53	-24,62	-15,42±28,79
	4	A				210	330	180	240,00±64,81
		B				120	21	18	53,00±47,39
		rozdíl				-42,86	-93,64	-90,00	-75,50±23,13
	5	A				27	94	430	183,67±176,32
		B				17	23	79	39,67±27,92
		rozdíl				-37,04	-75,53	-81,63	-64,73±19,74
$CHSK_c$ (mg.l ⁻¹)	1	A				-	140	82	111,00±29,00
		B				-	110	92	101,00±9,00
		rozdíl				-	-21,43	12,20	-4,62±16,82
	2	A				100	100	93	97,67±3,30
		B				110	95	88	97,67±9,18
		rozdíl				10,00	-5,00	-5,38	-0,13±7,16
	3	A				150	140	130	140,00±8,16
		B				110	100	92	100,67±7,36
		rozdíl				-26,67	-28,57	-29,23	-28,16±1,09
	4	A				530	5 500	2 000	2 676,7±2 084,7
		B				770	140	270	393,3±217,6
		rozdíl				46,28	-97,45	-86,50	-45,89±65,33
	5	A				280	4 900	7 600	4 260,0±3 022,5
		B				140	130	2 300	856,7±1 020,6

Poznámka: označení vzorků 1 – noc před vypouštěním, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodinu po výlovu; průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 5. Dynamika změny koncentrace NL_{105} ($mg.l^{-1}$) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		87,00	30,00	82,00	180,00	28,00	62,00	78,17±50,93
Vypouštění	A	216,75	57,40	84,75	212,00	26,25	106,33	117,25±72,93
	B			88,50	197,60	35,50	111,33	108,23±58,47
	rozdíl			4,42	-6,79	35,24	4,70	9,39±15,63
Noc před výlovem	A	666,67	122,00	136,67	426,67	37,67	163,33	258,84±218,40
	B	500,00	105,67	104,00	550,00	39,33	146,67	240,95±203,80
	rozdíl	-25,00	-13,39	-23,90	28,91	4,41	-10,20	-6,53±18,61
Ráno před výlovem	A	300	240	170	2765	100	140	619,17±961,87
	B	530	130	190	1625	150	150	462,50±537,91
	rozdíl	76,67	-45,83	11,76	-41,23	50,00	7,14	9,75±44,34
Stavění kádí	A	530			1 900			1 215,0±685,0
	B	660			670			665,0±5,0
	rozdíl	24,53			-64,74			-20,10±44,63
Plašení ryb	A	570		230	5 200		320	1 580,0±2 093,7
	B	370		140	520		170	300,0±154,76
	rozdíl	-35,09		-39,13	-90,00		-46,88	-52,77±2,91
Zátah, zvedání podložky	A	11 000	2 100	300	7 000	1 300	2 800	4 083,3±3 741,4
	B	340	510	150	440	620	260	386,7±156,4
	rozdíl	-96,91	-75,71	-50,00	-93,71	-52,31	-90,71	-76,56±19,16
Jádření, přetažení sítě	A		1 000			2 000		1 500±500
	B		160			740		450±290
	rozdíl		-84,00			-63,00		-73,50±10,50
Vydávání sítě	A	300	525	455			490	442,5±85,91
	B	250	155	225			245	218,8±38,0
	rozdíl	-16,67	-70,48	-50,55			-50,00	-46,92±19,32
Plašení ryb II.	A	390						390±0,0
	B	140						140±0,0
	rozdíl	-64,10						-64,10±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	980		965				972,5±7,50
	B	140		160				150,0±10,0
	rozdíl	-85,71		-83,42				-84,57±1,15
Vydávání sítě II.	A	1 700		810				1 255,0±445,0
	B	290		235				262,5±27,5
	rozdíl	-82,94		-70,99				-76,96±5,98
Dolovek na ke-sery	A	8 000	3 100	780	7 500		29 000	9 676±10 033,4
	B	210	38	210	3 600		3 000	1 411,6±1 554,8
	rozdíl	-97,38	-98,77	-73,08	-52,00		-89,66	-82,18±17,64
Povrchový odtok	A	17 000	5 500	12 000	25 000		58 000	23 500±18 390
	B	9200	1 000	180	18 000		510	5 778±6 971
	rozdíl	-45,88	-81,82	-98,50	-28,00		-99,12	-70,66±28,79

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 6. Dynamika změny koncentrace NL_{550} ($mg.l^{-1}$) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		59	18	29	120	4	25	42,50±38,40
Vypouštění	A	166,75	38,4	49,25	141,4	19,1	50,33	77,54±55,56
	B			50	141	30	54	68,75±42,69
	rozdíl			1,52	-0,28	57,07	7,29	16,40±23,65
Noc před výlovem	A	546,67	92,67	80,33	320	42,67	84	194,39±181,86
	B	403,33	75,67	59,33	433,33	39,67	76,67	181,33±168,25
	rozdíl	-26,22	-18,34	-26,14	35,42	-7,03	-8,73	-8,51±21,03
Ráno před výlovem	A	230	190	91	2 305	44	69	488,17±815,19
	B	420	100	110	1 320	83	73	351,0±449,8
	rozdíl	82,61	-47,37	20,88	-42,73	88,64	5,80	17,97±53,67
Stavění kádí	A	420			1 600			1 010±590
	B	530			530			530±0
	rozdíl	26,19			-66,88			-20,34±46,53
Plašení ryb	A	460		140	4 300		200	1 275±1 751
	B	290		77	390		100	214,25±130,88
	rozdíl	-36,96		-45,00	-90,93		-50,00	-55,72±20,85
Zátah, zvedání podložky	A	9 200	1 800	190	4 700	900	2 100	3 148,3±3 048,3
	B	260	420	86	330	420	160	279,3±125,3
	rozdíl	-97,17	-76,67	-54,74	-92,98	-53,33	-92,38	-77,88±18,03
Jádrění, přetažení sítě	A		860			1 500		1 180±320
	B		130			510		320±190
	rozdíl		-84,88			-66,00		-75,44±9,44
Vydávání sítě	A	230	425	315			315	321,25±69,23
	B	200	123	142			150	153,75±28,45
	rozdíl	-13,04	-71,06	-54,92			-52,38	-47,85±21,33
Plašení ryb II.	A	300						300±0,0
	B	96						96±0,0
	rozdíl	-68,00						-68,0±0
Zátah, zvedání podložky II.	A	830		700				765±65
	B	100		101,5				100,75±0,75
	rozdíl	-87,95		-85,50				-86,73±1,23
Vydávání sítě II.	A	1 400		615				1 007,5±392,5
	B	230		160				195,0±35,0
	rozdíl	-83,57		-73,98				-78,78±4,79
Dolovek na kesery	A	6 900	2 600	600	6 250		22 000	7 670±7 531,9
	B	160	29	140	3 000		2 200	1 105,8±1 246,8
	rozdíl	-97,68	-98,88	-76,67	-52,00		-90,00	-83,05±17,42
Povrchový odtok	A	14 000	4 600	9 900	21 000		46 000	19 100±14 478
	B	8 000	840	110	15 000		400	4 870±5 853
	rozdíl	-42,86	-81,74	-98,89	-28,57		-99,13	-70,24±29,34

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 7. Dynamika změny koncentrace TP (mg.l^{-1}) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		0,34	0,19	0,57	0,58	0,27	0,41	0,39±0,14
Vypouštění	A	0,64	0,21	0,42	0,54	0,38	0,54	0,46±0,14
	B			0,45	0,5	0,44	0,56	0,49±0,05
	rozdíl			7,14	-7,41	15,79	3,70	4,81±8,31
Noc před výlovem	A	1,67	0,35	0,59	0,79	0,57	0,75	0,79±0,42
	B	1,23	0,32	0,52	0,72	0,56	0,85	0,70±0,29
	rozdíl	-26,35	-8,57	-11,86	-8,86	-1,75	13,33	-7,34±11,86
Ráno před výlovem	A	0,83	0,53	0,75	3,99	0,75	0,66	1,25±1,23
	B	1,3	0,51	0,79	2,33	0,64	0,74	1,05±0,62
	rozdíl	56,63	-3,77	5,33	-41,60	-14,67	12,12	2,34±29,75
Stavění kádí	A	0,81			2,3			1,56±0,75
	B	1,8			0,98			1,39±0,41
	rozdíl	122,22			-57,39			32,42±89,81
Plašení ryb	A	1,2		0,88	7,7		0,97	2,69±2,90
	B	0,92		0,7	0,87		0,64	0,78±0,12
	rozdíl	-23,33		-20,45	-88,70		-34,02	-41,63±27,64
Zátah, zvedání podložky	A	12	3,7	1	11	2,6	5,1	5,90±4,16
	B	0,85	0,69	0,71	0,81	1,6	0,7	0,89±0,32
	rozdíl	-92,92	-81,35	-29,00	-92,64	-38,46	-86,27	-70,11±26,16
Jádření, přetažení sítě	A		2,6			4,4		3,50±0,90
	B		0,33			1,8		1,07±0,74
	rozdíl		-87,31			-59,09		-73,20±14,11
Vydávání sítě	A	1,6	1,17	1,75			1,3	1,46±0,23
	B	0,64	0,28	0,81			0,82	0,64±0,22
	rozdíl	-60,00	-76,07	-53,71			-36,92	-56,68±14,02
Plašení ryb II.	A	1,1						1,10±0,0
	B	0,44						0,44±0,0
	rozdíl	-60,00						-60,0±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	21		1,95				11,48±9,53
	B	0,4		0,58				0,49±0,09
	rozdíl	-98,10		-70,26				-84,18±13,92
Vydávání sítě II.	A	3,7		3,5				3,60±0,10
	B	0,49		0,71				0,60±0,11
	rozdíl	-86,76		-79,71				-83,24±3,52
Dolovek na ke-sery	A	66	13	15	15,15		27	27,23±20,01
	B	0,48	0,16	0,66	5,55		8,2	3,01±3,27
	rozdíl	-99,27	-98,77	-95,60	-63,37		-69,63	-85,33±15,55
Povrchový odtok	A	96	66	89	47		80	75,60±17,47
	B	42	11	0,62	31		1,4	17,20±16,54
	rozdíl	-56,25	-83,33	-99,30	-34,04		-98,25	-74,24±25,40

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 8. Dynamika změny koncentrace $P_{rozp.}$ (mg.l⁻¹) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		0,028	0,035	0,067	0,032	0,032	0,039	0,039±0,013
Vypouštění	A	0,035	0,029	0,0268	0,0342	0,0348	0,0587	0,036±0,010
	B			0,0245	0,039	0,038	0,0577	0,040±0,012
	rozdíl			-8,58	14,04	9,20	-1,70	3,236±8,891
Noc před výlovem	A	0,033	0,0287	0,0233	0,033	0,0353	0,0543	0,035±0,010
	B	0,0337	0,0287	0,0297	0,0423	0,0287	0,1973	0,060±0,062
	rozdíl	2,12	0,00	27,47	28,18	-18,70	263,35	50,404±96,621
Ráno před výlovem	A	0,032	0,027	0,025	0,029	0,028	0,045	0,031±0,007
	B	0,048	0,067	0,027	0,029	0,031	0,099	0,050±0,026
	rozdíl	50,00	148,15	8,00	0,00	10,71	120,00	56,144±57,899
Stavění kádí	A	0,031			0,028			0,030±0,002
	B	0,031			0,028			0,030±0,002
	rozdíl	0,00			0,00			0,000±0,000
Plašení ryb	A	0,026		0,033	0,024		0,041	0,031±0,007
	B	0,029		0,025	0,028		0,065	0,037±0,016
	rozdíl	11,54		-24,24	16,67		58,54	15,625±29,362
Zátah, zvedání podložky	A	0,024	0,026	0,027	0,025	0,027	0,04	0,028±0,005
	B	0,027	0,028	0,027	0,027	0,044	0,054	0,035±0,011
	rozdíl	12,50	7,69	0,00	8,00	62,96	35,00	21,026±21,665
Jádrění, přetažení sítě	A		0,026			0,035		0,031±0,005
	B		0,026			0,031		0,029±0,003
	rozdíl		0,00			-11,43		-5,714±5,714
Vydávání sítě	A	0,06	0,027	0,028			0,043	0,040±0,013
	B	0,059	0,0365	0,0255			0,0525	0,043±0,013
	rozdíl	-1,67	35,19	-8,93			22,09	11,671±17,775
Plašení ryb II.	A	0,031						0,031±0,000
	B	0,048						0,048±0,000
	rozdíl	54,84						54,839±0,000
Zátah, zvedání podložky II.	A	0,027						0,027±0,00
	B	0,036						0,036±0,00
	rozdíl	33,33						33,333±0,00
Vydávání sítě II.	A							
	B	0,028						0,028±0,00
	rozdíl							
Dolovek na kesery	A	0,022	0,024	0,051	0,027		0,02	0,029±0,011
	B	0,054	0,032	0,031	0,03		0,032	0,036±0,009
	rozdíl	145,45	33,33	-39,22	11,11		60,00	42,137±61,077
Povrchový odtok	A	0,02	0,028	0,16	0,03		0,015	0,051±0,055
	B	0,017	0,02	0,032	0,025		0,120	0,043±0,039
	rozdíl	-15,00	-28,57	-80,00	-16,67		700,00	111,95±294,98

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 9. Dynamika změny koncentrace TN (mg.l⁻¹) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		2,7	2,3	5,4	6,3	16	10	7,12±4,72
Vypouštění	A	3,2	2,18	5	6,62	2,48	3,63	3,85±1,53
	B			6,45	6,3	3,1	3,5	4,84±1,54
	rozdíl			29,00	-4,83	25,00	-3,58	11,40±15,67
Noc před výlovem	A	6,47	2,67	7,17	8,7	3,43	5,37	5,64±2,09
	B	5,4	2,6	6,13	8,13	3,4	4,8	5,08±1,81
	rozdíl	-16,54	-2,62	-14,50	-6,55	-0,87	-10,61	-8,62±5,80
Ráno před výlovem	A	5,1	3,7	8	26,4	3	5,2	8,57±8,13
	B	6,4	3,1	6,9	19,5	3,7	3,4	7,17±5,71
	rozdíl	25,49	-16,22	-13,75	-26,14	23,33	-34,62	-6,98±23,22
Stavění kádí	A	4,8			18			11,40±6,60
	B	6,8			14			10,40±3,60
	rozdíl	41,67			-22,22			9,72±31,94
Plašení ryb	A	5,8		9,3	56		4,9	19,0±21,43
	B	5,1		6,4	12		3,3	6,70±3,25
	rozdíl	-12,07		-31,18	-78,57		-32,65	-38,62±24,45
Zátah, zvedání podložky	A	56	16	8,2	69	17	30	32,70±22,34
	B	5,6	4,5	6,1	11	7,1	4,2	6,42±2,27
	rozdíl	-90,00	-71,88	-25,61	-84,06	-58,24	-86,00	-69,30±22,22
Jádrění, přetažení sítě	A		4,1			23		13,55±9,45
	B		2,9			6,7		4,80±1,90
	rozdíl		-29,27			-70,87		-50,07±20,80
Vydávání sítě	A	9,4	6,9	14			4,5	8,70±3,52
	B	5	2,7	6,7			4,2	4,65±1,44
	rozdíl	-46,81	-60,87	-52,14			-6,67	-41,62±20,80
Plašení ryb II.	A	6						6,0±0,0
	B	4,7						4,7±0,0
	rozdíl	-21,67						-21,67±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	96		15,5				55,75±40,25
	B	4,3		7,7				6,00±1,70
	rozdíl	-95,52		-50,32				-72,92±22,60
Vydávání sítě II.	A	9,7		30,5				20,10±10,4
	B	4,9		8,8				6,85±1,95
	rozdíl	-49,48		-71,15				-60,32±10,83
Dolovek na kesery	A	310	2,6	45	86		280	144,72±125,86
	B	4,4	0,4	9,2	39,5		34	17,50±16,06
	rozdíl	-98,58	-84,62	-79,56	-54,07		-87,86	-80,94±14,81
Povrchový odtok	A	490	5,9	700	320		270	357,18±231,32
	B	160	3,3	9,1	190		6,3	73,74±83,24
	rozdíl	-67,35	-44,07	-98,70	-40,63		-97,67	-69,68±25,02

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 10. Dynamika změny koncentrace $N-NH_4^+$ ($mg.l^{-1}$) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		1,5	1	1,3	1,6	0,03	0,03	0,91±0,65
Vypouštění	A	1,29	0,73	1,5	1,4	0,04	0,06	0,84±0,61
	B			3,15	0,84	0,03	0,04	1,02±1,28
	rozdíl			110,00	-40,00	-25,00	-33,33	2,92±62,05
Noc před výlovem	A	1,47	0,9	1,97	1,27	0,03	0,06	0,95±0,71
	B	1,3	0,93	3,17	1,27	0,03	0,05	1,13±1,05
	rozdíl	-11,56	3,33	60,91	0,00	0,00	-16,67	6,00±25,55
Ráno před výlovem	A	2,1	0,4	2	2,9	0,02	0,08	1,25±1,13
	B	1,7	0,4	2,6	2	0,02	0,08	1,13±1,01
	rozdíl	-19,05	0,00	30,00	-31,03	0,00	0,00	-3,35±18,97
Stavění kádí	A	2,1			2,7			2,40±0,30
	B	2			3,1			2,55±0,55
	rozdíl	-4,76			14,81			5,03±9,79
Plašení ryb	A	1,6		1,9	8,9		0,05	3,11±3,41
	B	2,1		2,5	3		0,07	1,92±1,11
	rozdíl	31,25		31,58	-66,29		40,00	9,13±43,69
Zátah, zvedání podložky	A	3,1	0,4	2,1	7,2	0,03	0,08	2,15±2,52
	B	3	0,4	1,9	3,9	0,03	0,08	1,55±1,50
	rozdíl	-3,23	0,00	-9,52	-45,83	0,00	0,00	-9,76±16,48
Jádrění, přetažení sítě	A		0,4			0,07		0,24±0,17
	B		0,4			0,03		0,22±0,19
	rozdíl		0,00			-57,14		-28,57±28,57
Vydávání sítě	A	3,5	0,4	3,2			0,2	1,83±1,53
	B	3,5	0,4	2,45			0,21	1,64±1,39
	rozdíl	0,00	0,00	-23,44			5,00	-4,61±11,06
Plašení ryb II.	A	1,7						1,70±0,0
	B	0,4						0,40±0,0
	rozdíl	-76,47						-76,47±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	1		4,05				2,53±1,53
	B	0,4		3,8				2,10±1,70
	rozdíl	-60,00		-6,17				-33,09±26,91
Vydávání sítě II.	A	0,4		4,2				2,30±1,90
	B	0,4		4,05				2,23±1,83
	rozdíl	0,00		-3,57				-1,79±1,79
Dolovek na ke-sery	A	1,5	2,6	9,2	4,1		1	3,68±2,96
	B	1,1	0,4	4,9	6,35		0,63	2,68±2,46
	rozdíl	-26,67	-84,62	-46,74	54,88		-37,00	-28,03±45,84
Povrchový odtok	A	9,6	5,9	60	19		3,2	19,54±20,92
	B	7,3	3,3	5,8	1,8		1	3,84±2,38
	rozdíl	-23,96	-44,07	-90,33	-90,53		-68,75	-63,53±26,15

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 11. Dynamika změny koncentrace Ca^{2+} (mg.l^{-1}) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		35	43	29	53	15	13	32,34±14,77
Vypouštění	A	37,5	40,4	35	54,4	14,75	12	32,34±14,77
	B			35	53,4	14,5	12	28,73±16,81
	rozdíl			0,00	-1,84	-1,69	0,00	-0,88±0,88
Noc před výlovem	A	43	41	34,67	56,33	14	13,33	33,72±15,58
	B	43	39	35,33	53,33	14	12,33	32,83±14,96
	rozdíl	0,00	-4,88	1,90	-5,33	0,00	-7,50	-2,63±3,43
Ráno před výlovem	A	41	40	32	66,5	15	13	34,58±18,01
	B	46	42	35	60	15	13	35,17±16,73
	rozdíl	12,20	5,00	9,38	-9,77	0,00	0,00	2,80±7,19
Stavění kádí	A	40			60			50,0±10,0
	B	48			53			50,5±2,50
	rozdíl	20,00			-11,67			4,17±15,83
Plašení ryb	A	44		35	81		14	43,5±24,23
	B	43		34	54		14	36,25±14,67
	rozdíl	-2,27		-2,86	-33,33		0,00	-9,62±13,73
Zátah, zvedání podložky	A	81	53	35	86	20	29	50,67±25,26
	B	41	41	34	53	18	14	33,50±13,62
	rozdíl	-49,38	-22,64	-2,86	-38,37	-10,00	-51,72	-29,16±18,73
Jádření, přetažení sítě	A		46			25		35,50±10,50
	B		40			19		29,50±10,50
	rozdíl		-13,04			-24,00		-18,52±5,48
Vydávání sítě	A	49	41	33,5			16,5	35,0±12,01
	B	42	39,5	33			15	32,38±10,56
	rozdíl	-14,29	-3,66	-1,49			-9,09	-7,13±4,97
Plašení ryb II.	A	41						41,0±0,0
	B	41						41,0±0,0
	rozdíl	0,00						0,0±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	110						110±0,0
	B	42						42±0,0
	rozdíl	-61,82						-61,82±0,0
Vydávání sítě II.	A	52						52±0,0
	B	41						41±0,0
	rozdíl	-21,15						-21,15±0,0
Dolovek na ke-sery	A	290	69	110	102		170	148,20±78,04
	B	41	41	33	73,5		40	45,70±14,22
	rozdíl	-85,86	-40,58	-70,00	-27,94		-76,47	-60,17±22,11
Povrchový odtok	A	440	250	550	210		420	374,0±126,27
	B	230	64	32	170		16	102,4±83,36
	rozdíl	-47,73	-74,40	-94,18	-19,05		-96,19	-66,31±29,37

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 12. Dynamika změny koncentrace TC (mg.l^{-1}) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		52	57	93	93	33	41	61,50±23,55
Vypouštění	A	68,25	56,8	76,25	92,6	43	50	64,48±16,70
	B			90	88	49	50	69,25±19,27
	rozdíl			18,03	-4,97	13,95	0,00	6,75±9,51
Noc před výlovem	A	104,33	55	93	193,33	50,33	65,33	93,55±48,69
	B	98,33	55	93,33	103,67	53,33	63,33	77,83±21,06
	rozdíl	-5,75	0,00	0,35	-46,38	5,96	-3,06	-8,15±17,47
Ráno před výlovem	A	81	60	100	275	52	63	105,17±77,57
	B	93	54	110	215	57	47	96,00±57,81
	rozdíl	14,81	-10,00	10,00	-21,82	9,62	-25,40	-3,80±16,05
Stavění kádí	A	80			230			155,0±75,0
	B	110			130			120,0±10,0
	rozdíl	37,50			-43,48			-2,99±40,49
Plašení ryb	A	97		110	560		63	207,50±204,24
	B	83		97	120		46	86,50±26,86
	rozdíl	-14,43		-11,82	-78,57		-26,98	-32,95±26,96
Zátah, zvedání podložky	A	650	150	120	690	210	340	360,00±230,10
	B	80	60	98	110	130	59	89,50±25,90
	rozdíl	-87,69	-60,00	-18,33	-84,06	-38,10	-82,65	-61,80±26,00
Jádrění, přetažení sítě	A		41			310		175,5±134,5
	B		49			140		94,5±45,5
	rozdíl		19,51			-54,84		-17,66±37,18
Vydávání sítě	A	100	81,5	180			80	110,38±40,96
	B	74	47	98,5			54,5	68,50±19,93
	rozdíl	-26,00	-42,33	-45,28			-31,88	-36,37±7,79
Plašení ryb II.	A	83						83±0,0
	B	62						62±0,0
	rozdíl	-25,30						-25,30±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	930		195				562,5±367,5
	B	62		83,5				72,75±10,75
	rozdíl	-93,33		-57,18				-75,26±18,08
Vydávání sítě II.	A	120		325				222,5±102,5
	B	61		96,5				78,75±17,75
	rozdíl	-49,17		-70,31				-59,74±10,57
Dolovek na ke-sery	A	2 700	480	450	915		2 700	1 449,0±1 034,6
	B	68	44	94	435		420	212,2±176,6
	rozdíl	-97,48	-90,83	-79,11	-52,46		-84,44	-80,87±15,48
Povrchový odtok	A	4 100	2 400	6 100	3 300		2 800	3 740±1 309,4
	B	1 300	370	92	2 100		100	792,4±789,4
	rozdíl	-68,29	-84,58	-98,49	-36,36		-96,43	-76,83±22,91

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ

Příloha 13. Dynamika změny koncentrace TOC (mg.l⁻¹) a rozdíl (%) průchodem přes dočasné bariéry z balíků slámy umístěné ve stoce pod rybníkem (Strakonicko a Novohradsko).

Vzorek	Profil	PR	JO	ČE I.	KO	HM	RA	Průměr±SD
Rybník před vypouštěním		29	30	53	56	28	31	37,83±11,85
Vypouštění	A	33	25,8	36,5	58,8	26,25	36,33	36,11±11,02
	B			45,5	54,2	35,5	34,33	42,38±8,09
	rozdíl			24,66	-7,82	35,24	-5,51	11,64±18,70
Noc před výlovem	A	68,33	27	43,33	77,33	37,67	56,67	51,72±17,49
	B	55,33	26,33	38,67	73,33	39,33	54	47,83±15,07
	rozdíl	-19,03	-2,48	-10,75	-5,17	4,41	-4,71	-6,29±7,24
Ráno před výlovem	A	42	32	47	249,5	37	53	76,75±77,55
	B	51	27	38	185,5	43	36	63,42±55,07
	rozdíl	21,43	-15,63	-19,15	-25,65	16,22	-32,08	-9,14±20,49
Stavění kádí	A	40			190			115,0±75,0
	B	55			100			77,5±22,5
	rozdíl	37,50			-47,37			-4,93±42,43
Plašení ryb	A	49		50	510		52	165,25±199,04
	B	39		35	86		36	49,0±21,41
	rozdíl	-20,41		-30,00	-83,14		-30,77	-41,08±24,62
Zátah, zvedání podložky	A	570	140	51	660	180	330	321,83±224,55
	B	44	37	35	78	75	43	52,0±17,63
	rozdíl	-92,28	-73,57	-31,37	-88,18	-58,33	-86,97	-71,78±21,36
Jádření, přetažení sítě	A		34			230		132,0±98,0
	B		22			73		47,5±25,5
	rozdíl		-35,29			-68,26		-51,78±16,48
Vydávání sítě	A	68	54,5	114			47	70,88±26,01
	B	22	21	32			42,5	29,38±8,71
	rozdíl	-67,65	-61,47	-71,93			-9,57	-52,65±25,15
Plašení ryb II.	A	43						43,0±0,0
	B	24						24,0±0,0
	rozdíl	-44,19						-44,19±0,0
Zátah, zvedání podložky II.	A	860		114,5				487,25±372,75
	B	23		33				28,0±5,0
	rozdíl	-97,33		-71,18				-84,25±13,07
Vydávání sítě II.	A	83		245				164,0±81,0
	B	27		37,5				32,25±5,25
	rozdíl	-67,47		-84,69				-76,08±8,61
Dolovek na ke-sery	A	2 400	430	400	820		2 700	1 350,0±995,47
	B	25	17	38	385		360	165,0±169,74
	rozdíl	-98,96	-96,05	-90,50	-53,05		-86,67	-85,04±16,56
Povrchový odtok	A	3 900	2 400	5 700	3 300		2 800	3 320±1 154,82
	B	1 200	330	36	1 900		43	701,80±734,77
	rozdíl	-69,23	-86,25	-99,37	-42,42		-98,46	-79,15±21,35

Poznámka: průměr±SD pro rozdíl (%) profil A a B je uváděn jako průměr±SD rozdílů za jednotlivé rybníky.

Příloha 14. Instalace dočasných bariér z balíků slámy ve stoce pod rybníkem N17:

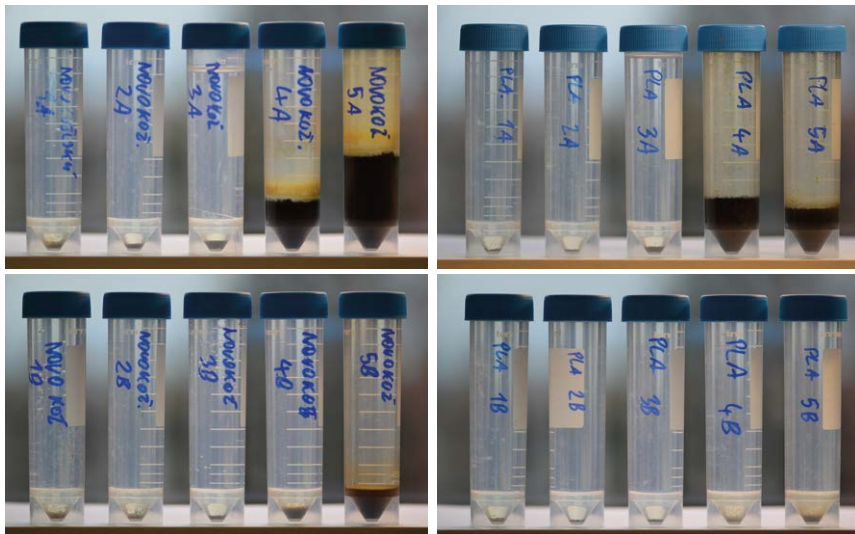
A – právě dokončená první (horní) bariéra den před výlovem, B – pohled na stoku den před výlovem, C – stoka nad bariérou naplněná vodou v průběhu výlovu, D – stoka nad bariérou naplněná zachyceným sedimentem týden po výlovu (foto J. Regenda)



MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VODY NA ODTOKU Z RYBNÍKŮ



Příloha 15. Vizuální srovnání vzorků vody odebrané na profilu A (nahoře) a profilu B (dole). Vlevo vzorky z rybníka N17 a vpravo PL – Blatensko (foto. J. Regenda)



Poznámka: vzorky vody na fotce zleva doprava; 1. – noc před výlovem, 2. – ráno před výlovem, 3. – těsně před výlovem, 4. – výlov, 5. – hodinu po výlovu.

Příloha 16. Ukázka instalace dvojice dočasných bariér z balíků slámy ve stoce pod rybníkem PL v okamžiku maximálního vypouštění při výlovu. Vybřežení vody ze stoky není na závadu, pokud nezpůsobuje škody na okolních pozemcích (foto J. Regenda).



Odborný externí oponent

Ing. Jan Potužák, Ph.D.

*Povodí Vltavy, státní podnik, vodohospodářská laboratoř České Budějovice,
E. Pittera 1, 370 01, České Budějovice*

Odborný interní oponent

doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany*

Ověření a uplatnění technologie 2023

Blatenská ryba, spol. s r.o., Na Příkopech 747, 388 01 Blatná

Adresa autorského kolektivu

Ing. Ján Regenda, Ph.D. – 75 %

Ing. Pavel Hartman, CSc. – 25 %

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury
a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, www.frov.jcu.cz*

*V edici Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, www.frov.jcu.cz; přidělený
editor: dr hab. Ing. Josef Velíšek, Ph.D.; redakce: Zuzana Dvořáková; náklad: 200 ks,
1. vydání; technologie ověřena roce 2023; vytištěna v roce 2024; grafický design
a technická realizace: Jesenické nakladatelství Jena Šumperk*