

Doc. Ing. Jiří Gergel, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha Zbraslav
Ing. Evžen Pichler, CSc., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s.
Ing. Jana Benešová, Hydroprojekt Praha, a.s.

Jakost vody ve vodních nádržích a jejich revitalizace

Wasserbeschaffenheit in Wasserbecken und deren Rekultivierung

Die Teiche stellen ein bedeutendes Landschaftselement in unserer Natur dar. Das ursprünglich oligotrophe Wasser änderte sich allmählich durch die Wirkung der wirtschaftlichen Eingriffe im Gelände und durch die Tätigkeit der Deicharbeiter auf das eutrophe. In Folge dessen kommt zu markanten Änderungen dessen Qualität. Die Kennziffer der Sauerstoffwirtschaft, pH-Werte und der Durchsichtigkeit verschlechtern sich. Dagegen der Gehalt des anorganischen Stickstoffes wird markant reduziert, das Verhältnis der Anionen der starken Säuren zur Kohlensäure verbessert sich, fast alle Sinkstoffe werden angehalten und bakterielle Belastung sinkt. Es werden Grundsätze der Revitalisierung angeführt.

Quality of Water in Water Reservoirs and Its Restoration

Ponds represent a significant landscape element in our nature. Their original oligotrophic water has been gradually changing to euphotic one due to economic impacts on the area and the activities of fishpond managers. The consequence has been an outstanding change of its quality. The oxygen management indicators, pH values and transparency change, are getting worse. On the other hand the content of inorganic nitrogen significantly decreases, the ratio of strong acids anions to carbonic acid is improving, almost all settling particles retain and bacterial load decreases. Here are stated the main restoration principles.

Качество воды в водохранилищах и их ревитализация

Пруды представляют собой значительный элемент ландшафта в нашей природе. Их первоначально олиготрофическая вода постепенно, под влиянием экономических воздействий в территории и из-за деятельности рыбоводов изменилась на воду эвтрофическую. В результате того наступают резкие изменения ее качества. Ухудшаются показатели кислородного хозяйства, величины pH и прозрачности. В сравнении с тем, резко понижается неограниченного азота, улучшается отношение анионов крепких кислот к угольной кислоте, задерживаются почти все седиментирующие частицы и понижается загроуженность бактериями. Приводятся главные принципы ревитализации.

Jakost vody ve vodních nádržích a jejich revitalizace

Rybníky představují významný krajinný prvek v naší přírodě. Jejich původně oligotrofní voda se postupně vlivem hospodářských zásahů v území a činností rybníkářů změnila na eutrofní. V důsledku toho dochází k výrazným změnám její jakosti. Zhoršují se ukazatele kyslíkového hospodaření, hodnoty pH a průhlednosti. Naproti tomu se výrazně snižuje obsah anorganického dusíku, zlepšuje se poměr aniontů silných kyselin ke kyselině uhličitě, zadržují se skoro veškeré sedimentující částice a snižuje se bakteriální zátěž. Jsou uvedeny hlavní zásady revitalizace.

Na rozdíl od našich severních sousedů, kde jsou neodmyslitelným krajinným prvkem jezera, mají v naší zemi dlouholetou tradici rybníky. Oba tyto hydrografické fenomény se liší pouze v otázce původu. V otázkách jakosti vody i jejich managementu jde o prvky v podstatě shodné.

Rybníky se postupně staly nedílnou součástí našeho národního kulturního a technického bohatství. Podobně jako ostatní odvětví podnikání zaznamenalo rybníkářství na jedné straně historický rozmach - v 16. století bylo u nás 180 tisíc ha rybníčních ploch - ale také následný úpadek - zejména v období třicetileté války a dále v 18. a 19. století.

V současné době je na našem území asi 26 tisíc rybníků o celkové výměře 52 tisíc ha.

Vstup do problematiky

Rybníky měly od dob svého vzniku vždy vodu čistou, oligotrofní, s malou výnosností a právě v důsledku této nízké úživnosti nemohly již od poloviny 19. století konkurovat výnosům v zemědělské výrobě. Proto byla koncem 19. a v 20. století věnována velká pozornost cestám, které by mohly vést ke zvýšení jejich produkce. Zavedením moderních technologických postupů skutečně výrazně stoupla produkce z někdejších 50 - 120 kg rybího masa na hektar rybníční plochy až na několik set kg ryb z 1 ha. Zároveň se však posunula i jakost jejich vody ze stupně oligotrofního do mezotrofního, v některých případech až polytrofního. Vedle řízeného přihnojování (včetně využití odpadů z tzv. kaprokachního chovu) přispěl ke zhoršení kvality vody i významný smyv živin z povodí, který byl odrazem intenzivního zemědělského hospodaření, zejména v 60 - 80. letech minulého století.

Oligotrofních nádrží je na našem území v současné době velice málo - proto je snahou ochrany přírody omezit vysokou intenzitu produkce na chovných rybnících a tam, kde jsou vytvořeny přírodní i ekonomické podmínky pro převedení rybníčního ekosystému znovu do původního stavu oligotrofie.

Souvislosti zvýšení trofie

Narůstající trofie vody, která je vždy doprovázena kolísáním obsahu rozpuštěného kyslíku, způsobuje řadu potíží při chovu ryb a obecně ohrožuje celý ekosystém rybníka.

Některé z hydrochemických vlastností rybníční vody procházejí ve 24 hodinovém sledování významnými změnami. Jedná se především o obsah rozpuštěného kyslíku, jehož největší pokles se dostavuje v letním období až několik hodin po východu slunce. Světelný den ve vodním prostředí začíná vlivem lomu světelných paprsků, průhlednosti vody a dalších fyzikálních faktorů asi o 3 - 6 hodin později a vlivem setrvačnosti chemických pochodů se posouvá do pozdních večerních hodin.

V průběhu 24 hodin se významně mění také pH (nejvyšší hodnoty se dostávají večer) a teplota vody. K vyrovnání teploty vody mezi povrchovou a dnovou vrstvou u mělkých nádrží dochází v létě po východu slunce.

Významné kolísání pH ve 24 hodinovém cyklu přináší celou řadu návazných problémů. Amonný iont, který se nachází v rybníčním prostředí je při pH 7 stoprocentně disociován. Při vyšších hodnotách pH se jeho část mění na nedisociovaný čpavek, NH_3 ,

který je pro ryby i určitou část potravní sítě v nádrži toxický. Při výrazném kolísání pH, zejména v letních měsících, kdy lze naměřit hodnotu pH i přes 10, již rozpuštěný čpavek poškozuje velmi silně sliznice ryb. Při následném výrazném kyslíkovém deficitu, který se dostavuje vždy ráno, se pak mohou objevit druhý den úhyny.

Některé živiny jsou ve vodním sloupci významně stratifikovány. Největší podíly fosforu a amoniaku, železa a organické hmoty (CHSK, BSK) nacházíme u dna. Zde je také nejchladnější voda s minimem kyslíku. Z tohoto důvodu je u rybníků odpouštěna právě tato spodní voda. Tím se dostávají do dalšího oběhu již částečně sedimentované živiny, což je pro rybníkářskou praxi výhodné, poněvadž protékají postupně celou rybníční soustavou. Problém nastává u poslední nádrže v soustavě, protože v rybnících nevyužité živiny odtékají dále do toku a zatěžují jej svou přítomností – tam by měl být systém odpouštění vody změněn. Z výrazné diference jakosti vody ve vertikálním profilu vyplývá, že pro získání vzorků vody - jako podkladu pro kontrolu jakosti vody, popřípadě hospodářské zásahy (provzdušňování, vápnění) - by mělo být zásadou odebírání z vertikálního profilu nádrže a nikoli z hladinové vrstvy.

Jak již bylo naznačeno, rybníky jsou schopny zadržet určité množství vodou transportovaných látek, sloučenin a prvků. Pro posouzení míry schopnosti je zadržovat nebo uvolňovat lze použít vztah, kterým lze posoudit celkový vliv nádrže na jakost vody.

$$V_n = \frac{P-O}{P} \cdot 100 \quad | \% |$$

kde

V_n ... vliv nádrže

P ... celkové množství sledované látky za jednotku času na přítoku

O ... celkové množství sledované látky za jednotku času na odtoku z nádrže

Z procentního hodnocení vyplývá, že maximální zlepšující (zádržný efekt) je při $V_n = 100 \%$, v oblasti záporných čísel pak ukazuje míru zmenšení naakumulovaných zásob v nádrži.

Změny objemu transportu látek přes nádrž lze vyjádřit v různých jednotkách (kg, Kč, MJ). Při tom je však nutno zahrnout do vstupů i přísun z atmosférických srážek a hnojení, případně i další vstupy. Podle našeho názoru mají tyto údaje o funkci nádrže značnou a dosud nedocněnou vypovídací schopnost a umožňují precizovat funkci nádrže v krajině. Např. každý hektar vodní plochy nádrže Černý Dub u Českých Budějovic zadržel ročně živiny za 7335 – 8486 Kč, v energetickém vyjádření bylo z každého ha vodní plochy poutáno v nádrži 61743 – 83546 MJ.

Z našich sledování vyplývá, že na rybnících při dobách zdržení od 47,8 – 52,3 dnů se zadržuje fosfor celkový i fosfor fosforečnanový z 19,5 - 37,8 % a dusík minerální z 43,6 - 73,7 %. Tato zjištění objektivizují funkci nádrže v krajinném prostoru, zejména slouží-li jako předřazené vodárenským nádržím nebo místům s odběrem surové vody k úpravě na vodu pitnou.

Naskýtá se však otázka, zda naakumulované živiny neodtečou z nádrže s vodou při vypuštění a výlovech rybníků. Při kontinuálních odběrech vzorků vody z vypouštěných rybníků bylo zjištěno, že v první fázi vypouštění, která představovala 95 – 98 % celkového objemu nádrže nedocházelo ke zhoršení její kvality. Při druhé fázi, kterou představovala vlastní příprava na lov a lovení rybníků však výrazně stouply hodnoty amonného iontu, fosforečnanů a celkového fosforu. Nárůst nitrátů a nitritů byl oproti tomu bezvýznamný, nezhoršila se ani bakteriální zátěž. Objemově však bylo zvýšení i fosforu a dusíku v posledních 2-5 % vypouštěné vody zanedbatelné.

Při průtoku vodní nádrží dochází nejenom ke změnám objemu jednotlivých rozpuštěných i nerozpuštěných látek, ale i k řadě dalších významných změn. Zatím co síranový a chloridový iont procházely nádržemi prakticky beze změn, poklesl na výtoku zřetelně podíl dusičnanů a naopak stoupl podíl aniontu HCO_3^- . Poměr $(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-) : \text{HCO}_3^-$ vyjadřuje dobře změny v přírodním prostředí, které se promítají do kvality vody. Tento poměr činil počátkem 20. století 1,0 - 2,8, v současné době se u rybníků zvýšil na 3,32 - 4,28.

Naproti tomu např. nádrž Ločenice I u Římovy zadržela na 1 ha vodní plochy pouze živiny za 670,58 Kč, případně uvolnila (snížila své zásoby naakumulovaných živin) o 350,77 Kč.ha⁻¹.

Dalším důležitým ukazatelem změn jakosti vody při průtoku vodní nádrží jsou vzájemné poměry živin. Poměr N/P se mění v nádrži podle její hloubky. U hlubších nádrží je poměr N/P zhruba v rovnováze, u mělčích nádrží, ve kterých hraje významnou roli vliv dna, se tento poměr zužuje vyplavováním P ze dna. Z praktických hledisek je toto zúžení významné pro budování soustavy nádrží. Poměr C/N se ve všech našich sledováních po průtoku nádrží rozšiřoval.

Při průtoku vody nádrží dochází k útlumu výrazných píků u jednotlivých ukazatelů a voda v nádrži je takto více homogenizována. Neplatí to však pro všechny hodnoty, tento jev lze vyjádřit nejlépe variačním koeficientem. V případě měrné elektrolytické vodivosti, CHSK_{Mn} , NH_4 se variabilita snižuje, u hodnot pH naopak vzrůstá. Tendenci ke snížení vykazuje draslík, tendenci ke zvýšení kyselinotvorná neutralizační kapacita, dusitany a fosforečnany.

Důležitým melioračním opatřením je tzv. letnění rybníků, při kterém se dno provzdušní a ozdraví z hlediska chovu ryb. Letnění však představuje zároveň uvolnění živin, což lze interpretovat jako zvýšení úživnosti rybníka pro chov ryb, avšak zároveň to přispívá k poklesu krajinné a přírodovědné hodnoty rybníka. Efekt letnění přetrvává u amoniaku a amonného iontu asi dva měsíce po opětovném napuštění, u celkového fosforu a fosforečnanů po celou sezónu.

Jakost vody v rybnících se stanovuje povinně podle požadavků vodohospodářského orgánu. Zpravidla jsou předepisovány ukazatelé kyslíkového hospodaření a amoniak. Průměrná jakost vody produkčních rybníků v současné době je uvedena v tab.1.

Tab. 1 Kvalita vody jihočeských rybníků v letech 1996–2001

Rok	Počet rybníků	CHSK _{Cr}	BSK ₅	NH ₄
		mg.l ⁻¹ O ₂	mg.l ⁻¹ O ₂	mg.l ⁻¹
1996	111	68,70	16,40	0,62
1997	169	75,61	8,57	0,52
1998	190	59,10	13,57	0,47
1999	187	62,20	11,50	0,39
2000	178	65,38	13,05	0,47
2001	178	56,64	10,72	0,17
2002	189	61,86	9,93	0,14
2003	198	80,01	11,85	0,51

Při revitalizacích se často setkáváme s otázkou, jak ovlivňuje zvýšená rybí obsádka, krmení ryb a hnojení rybníků jakost vody charakterizovanou hodnotami CHSK_{Cr} a BSK₅. V tab.2 jsou vyjádřeny hlavní logické závislosti z poměrně rozsáhlého čtyřletého sledování 54 rybníků na Třeboňsku. Byla zjištěna slabá závislost mezi krmením a přírůstkem ryb ($r = 0,36$), určitá závislost, i když velmi slabá ($r = 0,191$), existuje mezi hnojením organickou hmotou a přírůstkem. Mezi hnojením organickou hmotou a hodnotami CHSK_{Cr} a BSK₅ závislost není, resp. je naprosto zanedbatelná. Znamená to tedy, že hnojení rybníků neovlivňuje přímo hodnoty ukazatelů kyslíkového hospodaření, resp. ovlivňuje je velice nepatrně.

Tab. 2 Korelační koeficienty v 54 produkčních rybnících v letech 1996-2000

	hnojení	CaO	CaCO ₃	vápno celk.	krmení	přírůstek	BSK ₅	CHSK _{Cr}
hnojení	X					0,19102	0,04681	0,06735
CaO		X				0,06952	-0,06624	0,05026
CaCO ₃			X			-0,03623	-0,00978	-0,08036
vápno celk.				X		0,01115	-0,03874	-0,02632
krmení					X	0,36328	-0,00978	-0,01980
přírůstek						X	-0,05910	-0,07059
BSK ₅							X	0,38683
CHSK _{Cr}								X

Pozn: Přírůstek, krmení a hnojení v kg.ha⁻¹, CHSK_{Cr} a BSK₅ v mg.l⁻¹O₂

Tab. 3 Regresní vztahy v 50 produkčních rybnících v letech 1996-2000

x	y	x=1	y=	r
přírůstek	krmení	1	0,1499	0,36328
krmení	přírůstek	1	0,8802	
přírůstek	hnojení	1	0,0900	0,19102
hnojení	přírůstek	1	0,4053	
hnojení	CHSK	1	1,2715	0,06735
CHSK	hnojení	1	0,0036	
hnojení	BSK	1	4,7120	0,04681
BSK	hnojení	1	0,0005	

Pozn: Přírůstek, krmení a hnojení v kg/ha, CHSK_{Cr} a BSK₅ v mg.l⁻¹O₂

Jak ovlivňují obecně rybníky jakost povrchových vod

Předem je třeba uvést, že čím je delší doba zdržení, tím výrazněji se projevuje jejich vliv na jakost vody.

Negativní působení: Zvyšují ukazatele obecného kyslíkového hospodaření, tj., hodnoty chemické spotřeby kyslíku a biologické spotřeby kyslíku. Výrazně rozkolísávají obsah rozpuštěného kyslíku a jeho nasycení, rozkolísávají a zvyšují pH vody. Z hlediska posuzování vody jako krajinotvorného prvku snižují její průhlednost.

Pozitivní působení: Zadržují živiny, především organické látky, organický a anorganický dusík, kam náleží zejména dusičnany, které dokáží eliminovat až na nulu, rozšiřují poměr silných minerálních kyselin k slabé kyselině uhličitě, snižují obsah toxických kovů, snižují bakteriální zátěž, a to až o několik řádů, zadržují prakticky veškeré nerozpuštěné látky a transportované půdní a organické částice.

Dosud jsme se zabývali otázkami vlivu jedné nádrže na jakost vody. V letech 1997 - 1999 jsme proto ověřovali vliv celé rybníční soustavy. V měsíčních intervalech byly sledovány vstupy (přítoky) do Třeboňské rybníční soustavy, která je tvořena 391 rybníky většími než 1 ha a výtok vody z této soustavy zpět do řeky Lužnice. Po průtoku vody rybníční soustavou se obecně zhoršily ukazatele kyslíkového hospodaření CHSK_{Cr} a BSK₅ o 8 %, a zvýšil se podíl látek rozpuštěných (6 %). Naopak se výrazně snížil podíl amoniaku a amonných iontů a nitrátů (10 %). S ohledem na to, že zdržení vody v soustavě je 3 - 5 x větší než u jednotlivých rybníků, dochází k útlumu výrazných píků a tedy k celkovému poklesu variability, tj. kolísání hydrochemických ukazatelů.

Revitalizace vodních nádrží

Obecně se pod pojmem revitalizace míní obnovení původních ekologických funkcí krajiny a s nimi i návrat přirozených společenstev rostlin a živočichů. Tedy návrat přírodních hodnot a vzájemných vztahů, na které byla lidská populace zvyklá stovky let, a které se v průběhu posledního půlstoletí silně zredukovaly nebo úplně vymizely. S tím lze souhlasit při revitalizaci vodních toků nebo celých povodí, avšak u malých vodních nádrží je situace poněkud odlišná. Největší druhové bohatství rostlin

a živočichů nám totiž poskytují nádrže již částečně živinově obohacené, ovlivněné činností člověka.

Cílem revitalizace tedy bude přistupovat k řešení malých vodních nádrží v krajině systémově a vždy zvážit, zda je žádoucí realizovat revitalizační účinky k výchozímu stavu, tj. k přirozené oligotrofii (rybníky převážně v podhůří), či k přirozené eutrofii (rybníky v nížinách) nebo zda postačí pouze souborem přísně účelových opatření obnovit hlavní funkce nádrže s tím, že kvalita akumulované vody se bude pohybovat v pásmu mezotrofním. V případě přijetí první varianty, tj. oligotrofizace nádrže, musíme počítat s tím, že nápravná opatření bude nutno směřovat především do celého povodí nádrže, a tedy finanční náklady na realizaci zamýšleného revitalizačního efektu budou mnohonásobně převyšovat náklady vynaložené na revitalizaci vlastní nádrže.

Vegetace rybníků

Specifická příroda rybníků vznikla přeměnou předchozí přírody mělkých vod a mokřadů, které se většinou vyskytovaly na těchto místech před výstavbou rybníků. Rybníky se tedy staly náhradními hostiteli značné části jejich flóry i fauny. Vodní a mokřadní vegetace velmi brzy vytvořila charakteristickou zonaci podle vlhkostního gradientu. Dynamika vegetace rybníků závisí na kolísání vodní hladiny, zanášení, zarůstání a zazemňování rybníků. Zatímco napouštění (nadržování) rybníků není vždy zcela ovladatelné (zejména rybníky „nebeské“, závislé na srážkové vodě), regulace vodního sloupce včetně vypouštění vody při výlovech a čas, po který je ponechán rybník na tzv. malé vodě nebo zcela obnažen - letněn či zimován, je v rukou majitele. Vývoj rostlinných a živočišných společenstev v rybníčních nádržích je úzce spjat se způsobem jejich obhospodařování.

Velmi významné a důležité typy vegetace se díky periodickému vypouštění rybníků a jejich letnění vytvořily na obnažených dnech. Pokud není vývoj vegetace v rybníčních rušen například vyhrnováním, ustalují se ve výrazně odlišná pásma, podobná mělkým jezerům. Podle plošné velikosti, sklonu pobřeží a hloubky vody v rybníce jich rozlišujeme několik. Čím je sklon pobřeží pozvolnější, tím je počet pásem bohatší (5 - 6) a jsou lépe vyvinuta. Naopak rybníky s extrémně strmými břehy charakteristická pásma vyvinuta nemají, nebo nejvýše 1 - 3. Jednotlivá pásma jsou složena z rostlin určitých růstových a životních forem a podle druhového složení vytvářejí rostlinná společenstva.

Obvyklý sled vegetačních pásem (hydroserie) ve směru voda-souš je následující:

1. pásmo volné vody, v němž hlavní rostlinnou složku tvoří řasy-fytoplankton, někdy vláknité řasy a povlaky sinic na dně;
2. pásmo submerzních hydrofyt, tj. vyšších vodních rostlin a parožnatek s ponořenými asimilačními orgány;
3. pásmo vzplývavých hydrofyt, tj. vyšších vodních rostlin, vytvářejících listy plovoucí na hladině. Tyto rostliny jednak koření ve dně (např. stulíky, rdest vzplývavý), jednak jsou volně pohyblivé (např. okřešky); v rybníkářské praxi jsou rostliny 2. a 3. pásma zvány měkké porosty nebo měkká flóra;

4. pásmo vytrvalých helofyt, tj. rostlin s asimilačními orgány ve vzduchu, vytvářejících pobřežní rákosinné porosty, v rybníkářské praxi zvané tvrdé porosty, resp. tvrdá flóra (např. rákos, orobinec);
5. pásmo vysokých a nízkých ostřic a trav ve vnějším rybničním litorálu, jen občas zatápěné;
6. pásma vrbin případně olšin ve vnějším rybničním litorálu; poslední tři pásma mohou být podle strmosti sklonu břehu nebo nerovností terénu uspořádána v jiném sledu.

V každém pásmu mají rozhodující ekologický význam poněkud jiné procesy v rostlinné složce. Časté pohyby vodní hladiny podporují vytváření společenstev přechodného typu, kde dominují helofyta s vynořenými listy, která však vytváří též listy plovoucí i ponořené, např. šípátka a žabník jitrocelový. Prolínají se se vzplývavými nebo ponořenými hydrofity a vláknitými řasami. Dominantní druhy této vegetace (skupina šmele, žabníků aj.) se odlišují od rákosinných helofyt svým kratším životním i sezónním cyklem, a tudíž i nižší produkcí. Jejich odumřelá hmota se poměrně rychle rozkládá (ne déle než rok) a živiny se uvolňují rychleji do vodního prostředí.

Rybníky se tak přirozenou cestou zanášejí, zarůstají a zazemňují se (stárnou). Proto je nutné je po určitém čase vyhrnovat. V současné době prosazujeme tzv. selektivní vyhrnování vždy s ponecháním části okraje rybníka jako semenné banky pro obnovu zejména chráněných druhů rostlin. V rozsáhlých porostech litorálního pásma je velmi vhodné vytvářet průplavy, které se tvoří tak, že 1/3 – 1/4 plochy litorálního pásma se odtěží na hloubku minimálně 0,6 m a vytvoří jakýsi nepravidelný vodní záliv - průplav o šířce 4 - 12 m. Tento průplav nemá lineární okraje a působí v ekosystému litorálu rybníka velmi příznivě. Mimo rybniční kotlinu je nepřístupný, a proto do něj s oblibou zajíždějí jak ryby, tak i vodní ptactvo. Po určité době, která odpovídá rychlosti zazemňování (5 - 15 let) nádrže se vyhloubí tento vodní tvar na další třetinu nebo čtvrtinu plochy litorálu. Tak se v podstatě stabilizuje stárnutí nádrže a významně se při tom rozšiřují ekologické niky v rybniční kotlině. Přírodní obdobu tohoto postupu nalézáme např. v deltách velkých řek, např. Dunaje.

Hodnocení jednotlivých prvků nádrží

Ostrovky

Těžba sedimentů z rybničních nádrží v minulosti většinou končila uskladněním vytěžené hmoty na tzv. deponiích, což je nutno zcela nekompromisně odmítnout.

Jednou z možností zužitkování vytěženého sedimentu je však tvorba ostrovů. Proti vymývání živinami bohatého materiálu zpět do vodního sloupce a další eutrofizaci vody se opevňují ostrovky skládaným kamenem nebo hatěmi. Rozeznáváme pravé ostrovky, které jsou za normálního stavu vody v nádrži nad vodní hladinou a tzv. enklávy. Jedná se v podstatě o trvale zatopené plochy s maximální hloubkou 0,6 m, lépe kolem 0,3 m, kde se vytváří uprostřed hlubší vodní plochy postupně druhotný litorální pás. Aby se zabránilo vyplavování zeminy a substrátu z enklávy, bývá ohrazena zpravidla dřevěným plotem. Výška ohrádky je o 0,2 m vyšší než vrstva zeminy uvnitř enklávy. Hlavní význam těchto typů využití vodní plochy nádrže je krajinně estetický. Určitý význam má z hlediska ornitologického a jak již bylo řečeno, řeší také část problémů s využitím vytěženého sedimentu z nádrže.

Dno

Podle charakteru nádrže (morfologie, doba zdržení, vliv povodí) je dno pokryto různě velkou vrstvou usazeného sedimentovaného materiálu, s rozdílnou kvalitou podle toho, zda se jedná o sedimentární či erozní zónu, anebo je naopak zcela obnažené a vymývané až na štěrkový či kamenný podklad v případě, že se jedná o vliv převládajícího působení větru, časté průtoky větších vod apod. Zpravidla v nejnižších částech je pokryto nejjemnější suspenzí, organominerálním kalem s vysokou sorpční schopností a řadou specifických fyzikálně chemických vlastností.

Lze doporučit, aby tato aktivní vrstva představovala minimálně 1/3 plochy nádrže a aby se její mocnost pohybovala od 0,1 - 0,2 cm. Mocnější vrstvy ovlivňují již nepříznivě kvalitu zdržené vody, avšak dno bez sedimentu např. po neodborně provedeném odbahňovacím zásahu, je také nevhodné. Tím se totiž automaticky zruší nárazníkový (pufrační) systém, který homogenizuje kvalitu vody z přítoku. Vedle toho se může v určitých mezích případech stát, že se při odstranění usazenin poruší i vrchní kolmatovaná vrstva a po novém napuštění může dojít ke značným a bohužel často nevratným ztrátám zadržené vody.

Břehová linie

Z hlediska systémového přístupu k hodnocení vodních nádrží rozlišujeme vedle hranice katastrálního území a vodní plochy ještě plochu litorálního pásu. Pokud je tato zásada v praxi průběžně dodržována, končí zpravidla veškeré rozpory mezi ochranou přírody a zájmy hospodářské exploatace nádrže. Jedná se o historicky vytvořené vazby, které při pečlivém dodržování zabezpečovaly nedotčenost majetkovou, zabráňovaly škodám mimo rybníční kotlinu a respektovaly soulad mezi hydrologickými funkcemi a přírodním prostředím. Vinou zanedbání péče o rybníky došlo k neúměrnému zmenšení akumulačního prostoru nádrže i její vodní plochy na úkor litorálního pásu a úbytku plochy litorálního pásu na úkor sousedních pozemků typu kyselých a podmačených luk. Proto je při návrhu revitalizačního záměru vždy nutno formulovat rozvržení ploch v rybníční kotlině a vymezit z celkové katastrální výměry plochu vodní a litorální. Tím vznikne rovnovážný stav mezi požadavky exploatace a ochrany a nebude již dále narušován ani těžbou vyvinutých a mnohdy velmi cenných litorálních pásem nad únosnou míru nebo naopak masivním zárůstem a posléze zánikem nádrže vlivem vyměření a rozvoje litorálních rostlinných společenstev. Ostrůvky, zálivy, průplavy i jiné prvky v litorálním pásmu vytváří příznivé krajinně estetické celky a pokud jsou akceptovány hydrologické funkce, pak proti jejich zařazení není možno mít výhrady ani z hlediska produkční využitelnosti nádrže.

Hráz

Z hlediska současných názorových pohledů je nejproblematictější prvkem celé rybníční kotliny. Staré typické hráze neodpovídají ve většině případů požadavkům ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. ČSN 73 6850 Sypané přehradní hráze připouští na vzdušném líci hráze výsadbu dřevin s podmínkou, že nepříznivě neovlivní stabilitu svahů ani hráze jako celku. O možnosti výsadby stromových dřevin na vzdušném líci

hráze rozhoduje tvar a velikost průsakové křivky v tělese hráze. Stromy musí být umístěny v horní části hráze nebo na její koruně tak, aby mezi patou kmene a předpokládanou infiltrační křivkou byla vertikální vzdálenost minimálně 2 m. Návodní a vzdušná strana hráze může být současně osázena za předpokladu, že střední šířka v horní třetině hráze nebo v její koruně je větší než 7,5 m. Pro jednořadou výsadbu na vzdušné straně hráze stačí šířka 5 m. Dalším kritériem je vertikální vzdálenost paty kmenů nad hladinou podzemní vody a nad těsnícím prvkem hráze. V obou případech má být tato vzdálenost větší než 3 m. Spon výsadeb stromových dřevin v podélném směru hráze se doporučuje 5 - 10 m. Jako nejvhodnější se jeví dub letní, dub zimní, lípa srdčitá, lípa širokolistá, jasan ztepilý, javor mléč, jilm drsný, jilm vaz a některé druhy stromových vrb. Řešení vzdušného svahu hráze je v současné době ekologicky příznivé a z hlediska stavebního optimální (definovaný travní porost). Řešení návodní strany hráze však vyžaduje změnu přístupů, neboť tradiční opevnění a ochrana proti vlnobití ustoupily novým technickým způsobům opevnění, které působí v krajině cizí.

Výška vodního sloupce

Obecně platí požadavek, aby nádrže měly nejméně jednu třetinu vodního prostoru v hloubce, která umožní částečnou tepelnou stratifikaci a bezproblémové zimování nejen rybí obsádky, ale i společenství všech vodních organismů. V létě při výrazném prohřívání vodního prostoru nádrže působí tato místa jako zdroj chladnější vody, v zimě naopak jako životní prostor pro přežití organismů v nezamrzlé hloubce. Nádrže, které tuto možnost nemají, působí na první pohled sice krajinně esteticky příznivě, a jsou dokonce jako tůň pro obojživelníky navrhovány, ale mají velmi nízký stupeň ekologické stability odvislý od průběhu zimy.

Pravidelná údržba nádrží

Funkce nádrže je závislá na ploše a objemu produkční vrstvy vody v nádrži. Proto je žádoucí udržovat objem nádrže na normální hladině a vyvarovat se jejího výškového kolísání. Opakované vysoušení litorálního pásu způsobuje rychlou mineralizaci dna a po následném zatopení se do vodního prostoru nádrže vyplavuje zvýšený podíl živin. Zhoršení jakosti vody se projevuje i na výtoku. Zvláštním případem exploatace jsou proto nádrže závlahové, u kterých během vegetačního období kolísá hladina v zásobním prostoru.

Provádění povodňových vln nádrží má za následek rychlou obměnu zadržené vody a je vždy doprovázeno povrchovým přepadem přes bezpečnostní přeliv. Regulace průtoku povodňové vlny je možná pouze u nádrží neprotékaných s umělým přítokem vody. V období nebezpečí povodňových průtoků je nutné, aby tomuto požadavku odpovídalo výškové hrazení na rozdělovacím objektu. U průtoků, jejichž objem řádově odpovídá dobám zdržení pod 1 den, by mělo být s ohledem na očekávané promíchání vody v celém profilu nádrže v provozu pouze odpouštění vody z vrchní části vodního sloupce. Při tom je nutno počítat s propláchnutím nádrže, které postihne i dříve naakumulované živiny. Při tom dosahují hodnoty V_n , tj. procentického vyjádření vlivu nádrže (viz vztah na str. 27), vysokých záporných údajů.

Již před zamýšleným revitalizačním záměrem musí být jasno, jaké funkce nádrž má a co je při její údržbě a provozu nutno respektovat. Zejména musí být stanovena pravidla vzájemných vztahů mezi údržbou vodní akumulace a litorálního pásu. Pokud jsou přesně stanovena, zaměřujeme se především na omezení rozrůstání tzv. tvrdých vodních rostlin do prostoru pro akumulaci vody v nádrži. Základním opatřením pro omezení nežádoucího zarůstání tvrdé vodní vegetace do nádrže je odpovídající hloubka vody u břehů min. 0,6 - 0,8 m. Místa, kde je počítáno s rozvojem litorálního pásu, musí být vysvahována v poměru 1:4 až 1:5. Jako minimum se pro tyto účely uvažuje vyčlenění 15 % z obvodu nádrže. Často doporučované menší sklony (1:10 až 1:15) výrazně zmenšují vodní prostory nádrží a mimo specifických případů např. v rezervacích je nelze doporučovat.

Jedním ze základních předpokladů dobré údržby nádrže je ploché, dobře odvodnitelné dno s možností vyhrnutí sedimentů alespoň na dvě strany. Rychlé vysušení dna zjednoduší podstatně těžbu a vytěžený sediment bude ze zemědělského hlediska mnohem kvalitnější. V současné době je největší chybou, že se těží sediment špatně odvodněný, který se skládá na hromady nebo do deponií s úmyslem kompostovat jej. V takovémto špatně ošetřeném materiálu vládou nepříznivé vodněvzdušné poměry a anaerobní prostředí. Úprava takto neodborně získaného sedimentu na substrát vhodný k aplikaci na plochy v území si vyžádá mnohonásobně větší náklady a výsledek je vždy pochybený.

Nedílnou součástí provozu vodní nádrže je řízená rybí obsádka. Zvláštním případem jsou obsádky ryb určené k zásobování vodárenských nádrží, kde jsou na ryby jako poslední složku potravní pyramidy nádrže kladeny požadavky k potlačení silného vegetačního zákalu. Obecně se soudí, že maximální rybí obsádka by neměla přesáhnout 500 kg.ha⁻¹. Podle některých autorů dokonce jen 50 kg.ha⁻¹.

Rekultivace zbytkových jam po povrchové těžbě

Především si je nutné uvědomit, že napouštění velkého jezera, jehož vodní prostor byl vytvořen těžbou, je případ od případu unikátní záležitost, a prognózy na vývoj jakosti vody, byť sebepečlivěji zpracované, se mohou diametrálně lišit od nastalé skutečnosti. Příkladem zásadního rozchodu mezi teorií a praxí v této oblasti bylo vybudování soustavy Novomlýnských nádrží. Vedle krajinářských změn (přístupnost krajiny, potlačení výskytu bodavého hmyzu) a katastrofálních dopadů na unikátní biotopy lužních lesů a zatápěných luk, které byly mnohokrát na různých úrovních posuzovány, upozorňujeme na okolnost, že jedním z cílů výstavby nádrží bylo i zvýšení turistického využití oblasti. Automaticky se předpokládala podobná situace, jako u Balatonu v sousedním Maďarsku. Nedocenily se však vstupy živin z našeho území i přeshraniční, i když varovných hlasů bylo dosti, nedocenilo se rychlé zazemňování nádrží. Výsledkem jsou jezera, která nelze rekreačně využívat a která v některých obdobích roku působí v krajině zcela neesteticky. Jestliže jakost vody, která by měla postupně plnit jezero, je z hlediska živinného nevhodná (příliš úživná), je třeba záměr velice dobře zvažovat. I když jsou teoreticky dobře popsány biomanipulace s rybí obsádkou, která vyřeší potíže s nadměrným rozvojem fytoplanktonu, nedoporučujeme na to příliš spoléhat. I když územní plán vyžaduje při celkovém zpracování revitalizovaného území prognózy na rozvoj infrastruktury, na cestní síť, na rekreační báze a další aktivity, na jejichž realizaci budou značné společenské a politické tlaky, je

třeba odolat a vyčkat nejenom po celou dobu plnění jezera, ale i několik let po jeho plném uvedení do provozu. V této době bude totiž probíhat konsolidace vodních poměrů a morfologická konsolidace jezerní kotliny a výsledkem může být řada mimořádných skutečností. Teprve po této době lze hodnotit, jak se sešly prognózy s praxí a zda voda nového jezera bude skutečně připomínat svou jakostí vodu přírodních jezer.

Literatura

1. Gergel, J., Šedivý, V., Škrabánek, A.: Possibilities of the Revitalization of Fishponds, Soil and Water, VÚMOP Praha 2004, 179 – 187, ISSN 1213-8673
2. Gergel, J.: Ochrana krajinného prostředí pomocí malých vodních nádrží. Metodika 10/1992, VÚMOP Praha, 1991, 29 s.
3. Gergel, J. et al. : Hlavní zásady pro odběr a vyhodnocení kvality povrchových vod odtékajících ze zemědělsky využívaných povodí. Metodika 12/1994, II. přepracované vydání, VÚMOP Praha, 1994.
4. Gergel, J., Husák, Š.: Revitalizace vodních nádrží, Metodika 22/1997, VÚMOP Praha, 56 s .
5. Kolektiv: Obnova jezerních ekosystémů holistický přístup, Wetlands international 32,1996
6. ČSN 75 2441 Malé vodní nádrže