

Česká společnost krajinných inženýrů
České vysoké učení technické v Praze
Univerzita Palackého v Olomouci
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Rybníky - naše dědictví i bohatství pro budoucnost



Praha 2015





Václav David a Tereza Davidová (eds.)

Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost

sborník příspěvků odborné konference

konané

18. - 19. června, 2015

na Fakultě stavební ČVUT v Praze



Sborník vydala Česká společnost krajinných inženýrů ve spolupráci s Českým vysokým učením technickým v Praze, Univerzitou Palackého v Olomouci a Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. Konference byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR“.

Recenzní posudky zpracovali:

Ing. Tereza Davidová, Ing. Martin Dočkal, Ph.D., doc. Dr. Ing. Tomáš Dostál, Ing. Miriam Dzuráková, Mgr. Jindřich Frajer, Ph.D., Ing. Petr Koudelka, Ph.D., RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D., Ing. Kateřina Mikšíková, Ph.D., Ing. Hana Nováková, Ph.D., RNDr. Renata Pavelková, Ph.D., Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D., Ing. Martina Sobotková, Ph.D., Ing. Luděk Strouhal, Ing. Adam Vokurka, Ph.D., doc. Ing. Karel Vrána, CSc., RNDr. Miroslav Zeidler, Ph.D.

Seznam příspěvků

Předmluva

David, V.	1
Historický vývoj vodních ploch v okrese Hodonín	
Havlíček, M., Pavelková, R.	2
Lokalizace a vývoj historických rybníčných ploch v části údolní nivy horního toku řeky Odry	
Hůla, P.	12
Posouzení vztahu mezi kvalitou vody a funkcemi při realizaci malých vodních nádrží s využitím ploch zaniklých rybníků	
Rozkošný, M.	22
Rybníky na horní Sázavě za povodně v r. 1714	
Elleder, L., Krejčí, J., Šírová, J.	31
Zaniklý rybník u Popovic v povodí Chotýšanky	
David, V., Davidová, T., Kysela, O.	40
Zadržení vody a živin v krajině - přirozená funkce a podstata ekosystémových služeb rybníků	
Pokorný, J., Pechar, L., Baxa, M.	49
Retence živin v rybnících jako účinný nástroj pro zlepšení kvality vody v povodí	
Potužák, J., Duras, J.	60
Rybníky a jakost vody	
Duras, J., Potužák, J., Marcel, M.	72
Odnos fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovu kaprových rybníků	
Adáamek, Z., Rozkošný, M., Hlaváč, D., Sedláček, P.	86
Posuzování stavu rybníků podle litorálu a řasových nárostů	
Lepšová-Skácelová, O.	95

Zkušenosti s opatřeními na posílení populace pobřežnice jednokvěté (<i>Littorella uniflora</i>) v PP Králek	
Kolář, J., Kučerová, A., Hesoun, P.	112
Jaké typy rybníků preferují velcí potápníci a vodní ploštice?	
Kolář, V., Hesoun, P., Křivan, V., van Nieuwenhuijzen, A., Ondáš, T., Rozkopal, M., Boukal, D. S.	119
Obnova malé vodní nádrže Malý hradní	
Jirout, M.	134
Návrh, projekce a stavba vodní nádrže při komplexních pozemkových úpravách Krsy	
Mazín, V. A.	147
Obnova a revitalizace pražských nádrží	
Karnecki, J., Palička, O.	158
Rybník Pod Panskou s obtokovým korytem na Zákolanském potoce, k. ú. Středokluky - revitalizační a protipovodňové opatření	
Capoušková, I., Holcmanová, J., Petrišćáková, O.	165
Rybníky – současné problémy výstavby a údržby	
Žatecký, S.	173
Poruchy a havárie rybníků při povodni v červnu 2013 a příklady oprav či nápravných opatření	
Švarc, O.	185

PŘEDMLUVA

Rybníky a rybníkářství se podílely historicky na utváření kulturní krajiny téměř na celém území současné České republiky. V minulosti i současnosti plnily řadu funkcí, přičemž tyto funkce se v průběhu času mnohdy měnily. V mnoha případech se jednalo a jedná o kombinaci různých funkcí, přičemž mezi ty nejdůležitější lze zařadit funkce produkční, zásobní, ochrannou, ale i krajinnotvornou. Konference „Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost“, při jejíž příležitosti je vydán tento sborník, je zaměřena na široké spektrum témat, které s existencí rybníků v historii i současnosti souvisí. Zastoupena jsou především témata historická, témata představující problémy kvality vody v rybnících, témata biologická a témata technická. S ohledem na současnou dynamiku vývoje krajiny a společnosti i na předpokládané dopady klimatických lze považovat výstavbu, provoz i fungování rybníků za velmi aktuální téma, o čemž svědčí i velký zájem o účast na konferenci z řad odborníků z praxe i z řad výzkumných a vědeckých pracovníků z institucí z celé České republiky. Věříme, že příspěvky prezentované v tomto sborníku, přinesou všem účastníkům konference informace a poznatky užitečné pro jejich další činnost, ať již je jejich užší zaměření jakékoli. Vzhledem ke zmíněnému velkému zájmu doufáme, že se za rok podaří uspořádat pokračování této konference a že se tak podaří založit novou platformu pro výměnu aktuálních poznatků mezi odborníky zabývajícími se rybníky z různých pohledů.

HISTORICKÝ VÝVOJ VODNÍCH PLOCH V OKRESE HODONÍN

HISTORICAL DEVELOPMENT OF WATER AREAS IN HODONÍN DISTRICT

Marek HAVLÍČEK^{1,✉}, Renata Pavelková²

¹ *Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.,
pobočka Brno, Lidická 25/27, 602 00 Brno*

² *Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta,
tř. 17. Listopadu 12, 771 46 Olomouc
✉ marek.havlicek@vukoz.cz*

Abstract

This study examines development of water areas from 1836-1841 to the present in the example Hodonín district. Hodonín district is one of the typical agricultural regions in southern Moravia. The highest area of the water surfaces was recorded in 1836-1841 (738 ha). In the second half of the 19th century showed significantly major driving forces leading to the extinction of the vast majority of water areas in Hodonín district. A significant effect was lack of profitability of fish farming, the development of the sugar industry in the region and increased demand for food, including industrial crops for industrial production. Restoration of water areas after the World War II is associated with the development of fisheries. Currently, the Hodonín district recorded a total 669 ha of water areas. The information on their historical location presented in this study may be used as a basis for a further renewal and revitalisation of small water reservoirs, including the ponds.

Keywords

water area, old topographic map, Hodonín district

1 ÚVOD

Historický vývoj vodních ploch v konkrétních územích má význam jak pro pochopení hospodaření s vodou v historickém kontextu, tak i pro případné plánované vodohospodářské zásahy a úpravy v krajině. Od počátku 90. let 20. století dochází v ČR k realizaci nových malých vodních nádrží, nebo obnově stávajících a zaniklých, jejich odbahňování a revitalizaci, i díky podpoře různých dotačních programů. Přitom je však důležité znát, i z hlediska nákladů na tato opatření, současné využití bývalých vodních ploch. Jako podklad pro další vývoj obnovy a revitalizace malých vodních nádrží, včetně rybníků, mohou sloužit



informace o jejich historické lokalizaci, kterou v rámci zájmového území podává tato studie. Informace o lokalizaci mohou přispět i k poznání lokálních hydrologických poměrů, což je důležité i v období klimatické změny. Evidence a prostorová lokalizace vodních ploch je možná na základě starých topografických map, případně dalších doplňujících mapových či historických podkladů.

Topografické mapy středního měřítka umožňují polohově poměrně přesné sledování změn v krajině a změn ve vývoji vodních ploch ve střední Evropě od poloviny 19. století. Nejstarší použitelné mapové sady na území České republiky, topografické mapy I. a II. rakouského vojenského mapování zpřístupnila pro uživatele v digitální podobě Laboratoř geoinformatiky UJEP v Mostě, podobně jako mapovou sadu z III. rakouského vojenského mapování [1]. Použitelnost mapových podkladů I. rakouského vojenského mapování pro detailní analýzy vývoje vodních ploch je omezena jejich nedostatečnou polohopisnou přesností [1][2]. Proto v tomto příspěvku není zahrnuto toto mapování do konkrétních analýz v geografických informačních systémech.

První studie o vývoji vodních ploch na jižní Moravě vyžily i starších mapových podkladů, např. Müllerovy mapy Moravy z r. 1716 [3]. V území okresu Hodonín a v jeho okolí byl vývoj vodních ploch hodnocen v povodí Kyjovky [2] a Trkmanky [4].

2 MODELOVÉ ÚZEMÍ

Okres Hodonín se nachází v jihovýchodní části České republiky. Jde o pohraniční okres sousedící na jihu a jihovýchodě se Slovenskou republikou. Z hlediska administrativního členění patří okres Hodonín do Jihomoravského kraje a je dále členěn na administrativní území tří obcí s rozšířenou působností (ORP) – Hodonín, Kyjov a Veselí nad Moravou. K 25. 3 2011 bylo na základě údajů ze Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2011 v okrese Hodonín o rozloze 1 099 km² celkem 82 obcí s celkovým počtem obyvatel 156 952.

Do okresu Hodonín zasahuje geomorfologická soustava Vídeňská pánev s podsoustavou Jihomoravská pánev. Jejím jediným celkem je Dolnomoravský úval, který zahrnuje v okrese Hodonín zejména vlastní nivu řek Morava, Kyjovka, jejich přítoků a přilehlé pahorkatiny. Do dané oblasti zasahuje ještě geomorfologická soustava Vnější Západní Karpaty a její dvě podsoustavy Moravsko–slovenské Karpaty a Středomoravské Karpaty. Tyto dvě podsoustavy jsou od sebe odděleny Dolnomoravským úvalem. Z Moravsko–slovenských Karpat se v okrese Hodonín nachází jižní části geomorfologických celků Vizovická vrchovina a Bílé Karpaty. Z podsoustavy Středomoravské Karpaty zasahují do okresu Hodonín čtyři geomorfologické celky: téměř celá Kyjovská pahorkatina a části Chřibů, Ždánického lesa a Litenčické pahorkatiny.

Mezi nejvýznamnější vodní toky v okrese Hodonín patří řeka Morava, která prochází středem okresu v délce 35 km, má nejširší nivu a vyvinuté terasy [5]. Průměrný průtok v Mikulčicích činí u řeky Moravy $61,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Koryto řeky Moravy je na většině území upravené, části některých meandrů byly odděleny a postupně se jako mrtvá ramena zanášejí a zarůstají. Jediný neregulovaný úsek řeky Moravy se nachází nedaleko Strážnice a Bzence v přírodním parku Strážnické Pomoraví. Na pravém břehu se od Moravy odděluje odlehčovací rameno zvané Nová Morava, které slouží k ochraně Veselí nad Moravou před velkými vodami. Dříve dopravní a dnes spíše turistický význam má uměle vybudovaný Bařův kanál. Mezi další významné řeky patří Kyjovka ($Q_a 1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a Trkmanka ($Q_a 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), které se vlévají v současnosti do Dyje, ale u Kyjovky tomu tak ještě v nedávné minulosti nebylo. Na mapě I. rakouského vojenského mapování z roku 1763 byl ještě označen rybník Nesyt pod Hodonínem, který byl napájen podle mapy Kyjovkou i Moravou. Potvrzuje to i historická literatura: „Nynější dolní tok Kyjovky není přirozený; vlévat se dříve do rybníka Nesyta u Hodonína a z něho přímo ústila do Moravy. Tehdy byl tudíž dolní tok Kyjovky značně kratší“ [6]. Z levostranných přítoků Moravy je nejvýznamnější Velička ($Q_a 0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), která pramení v Bílých Karpatech a má v horní části povodí bystřinný charakter. Na dalším pravostranném přítoku Radějovce ($Q_a 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) se nachází vodní nádrž Lučina (2,15 ha) s převážně rekreační funkcí. Velké zásoby mělké podzemní vody se nachází v říčních šterkopísčitých sedimentech údolní nivy a nízkých teras řeky Moravy, které patří k chráněné oblasti přirozené akumulace povrchových vod Kwartér řeky Moravy [5]. V tomto území se nachází některé významné zdroje pitné vody, např. u Bzence, Moravského Písku a Hodonína. Zbývající větší část okresu je však budována flyšovými sedimenty, které jsou převážně až zcela nepropustné, takže je v nich nedostatek vodních zdrojů.

Z mapy klimatických oblastí vytvořené na základě klimatických údajů za období 1901-2000, vyplývá, že v okrese Hodonín jsou zastoupeny čtyři klimatické oblasti (z 12 za celé území České republiky). V okrese Hodonín zabírá nejvyšší podíl na základě této mapy klimatická podoblast velmi teplá a na srážky chudá [5]. Tato podoblast se vyskytuje zejména v Dolnomoravském úvalu a Kyjovské pahorkatině. Vysoký podíl vykazuje také klimatická podoblast teplá s průměrnými srážkami. V okrese Hodonín je tato podoblast evidována ve dvou samostatných enklávách – v severní části okresu ve vyšších partiích Kyjovské pahorkatiny, ve Ždánickém lese, v Chřibech a v jihovýchodní části okresu ve Vizovické vrchovině a Bílých Karpatech. Klimatická podoblast teplá na srážky chudá má je soustředěna do členitějších oblastí Kyjovské pahorkatiny. Mírně teplá klimatická podoblast s průměrnými srážkami se vyskytuje výhradně ve vyšších polohách Bílých Karpat.



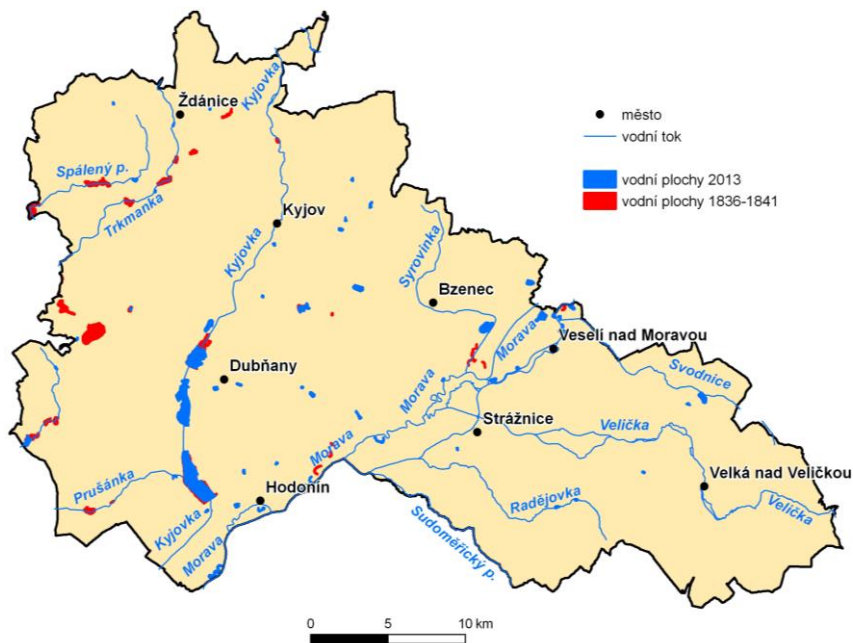
3 METODIKA

Historický vývoj vodních ploch byl analyzován za použití vrstev prostorových objektů vytvořených vektorizací nad mapovými sadami starých topografických map v prostředí GIS. Vektorizace vodních ploch probíhala v prostředí ArcGIS metodou digitalizace z obrazovky. Pokud byl uveden v mapě název objektu, tak byl doplněn do příslušné atributové položky. Další atributovou položkou byla výměra vodních ploch v hektarech na dvě desetinná místa. Pro studium vývoje vodních ploch bylo použito celkem 5 mapových sad: II. rakouské vojenské mapování 1 : 28 800 (1836–1841), III. rakouské vojenské mapování 1 : 25 000 (1876), československé vojenské topografické mapy 1 : 25 000 (1953–1955), československé vojenské topografické mapy 1 : 25 000 (1991) a základní mapy ČR (ZABAGED) 1 : 10 000 (2013) [7]. Pro hodnocení vývoje vodních ploch byly vybrány pouze vodní plochy s výměrou větší než 1 ha. Tímto byly eliminovány drobné objekty slepých ramen a tůní v nivě řeky Moravy, případně menší vodní objekty dočasného charakteru vzniklé po těžbě lignitu v daném regionu, případně protipožární nádrže. Podíl počtu vodních ploch menších než 1 ha byl závislý také na měřítku podkladových map, v případě nejstarších mapování v měřítku 1 : 28 800 nebo 1 : 25 000 byl poměrně nízký (okolo 10 - 20 %), v případě nejaktuálnějších vodních ploch ze základních map 1 : 10 000 přesahoval 30 %. Svědčí to tedy o detailu zdrojových mapových podkladů a postupu mapovatelů.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Vodních ploch o velikosti nad 1 ha bylo v okrese Hodonín v období 1836-1841 celkem 31, jejich celková výměra byla 738 ha (Tab. 1). Vodní plochy byly zastoupeny především rybníčními soustavami na řece Kyjovka, potoku Prušánka, říčce Trkmanka a poměrně velkým Čejčským jezerem (Obr. 1). Z hlediska procentuálního podílu vodních ploch vynikaly katastrální území obcí Čejč (10,5 %), Dubňany (5,2 %), Uhřice (4,6 %), Dražůvky (4,4 %) a Hodonín (4,0 %). V dřívějším období byl podíl rybníků v krajině výrazně vyšší. Vyplývá to ze studie z povodí Kyjovky, v které se autoři pokusili lokalizovat jednotlivé hráze rybníků zobrazené na mapách I. rakouského vojenského mapování [4]. II. rakouské vojenské mapování z roku 1836-1841 tak zachycuje již období postupného úpadku rybníkářství na Hodonínsku. Obecná situace v rybníkářství v tomto regionu je popsána v publikaci z oblasti Kyjovska: „*Rybníční hospodářství nemohlo soutěžit s vinařstvím po jeho pobělohorské restituci. V jeho neprospěch mluvilo několik okolností. K nim patřil především už citelný poptávkový pokles po rybím mase a dále nouze o pastviny. Začátkem 18. století*

došlo redukci vodních ploch na Miloticku a Ždánicku. Koncem 18. století je už běžný názor, že vysušený rybník více vynáší než zavodněný. Likvidace rybníků kolem Kyjova pokračovala rychleji nežli pod Ždánicemi. Zde delší jejich trvání si vynutily sousední vodní mlýny, jimž byly četné rybníční plochy jakousi retenční nádrž.“ [8].



Obr. 1. Vodní plochy okresu Hodonín s výměrou vyšší než 1 ha pro období 1836-1841 a 2013.

Na řece Kyjovka se na území dnešního okresu Hodonín v roce 1836-1841 nacházely tyto rybníky (po proudu řeky): rybník u Bohuslavic (4 ha), Jarohněvický rybník u statku Jarohněvice nedaleko Dubňan (120 ha), Písečný rybník u Lužic (220 ha), který byl v tomto období největším rybníkem v okrese Hodonín. Čejčskou kotlinu jihovýchodně od obce Čejč vyplňovalo Čejčské jezero o rozloze 114 ha, nedaleko od místního sirmého pramena Heliga se pak nacházel rybník Smradák (24 ha). Na říčce Trkmanka byly všechny rybníky v sousedství mlýnů – rybník u Hrachoveckého mlýna (7 ha), rybník u Dražůveckého mlýna (23 ha), rybník u Želetického mlýna (15 ha). Na Spáleném potoce byly rybníky u Násedlovic při Spáleném mlýnu (16 ha) a Braníkovickém mlýnu (17 ha), větší rybník byl na okraji okresu u Kunštátského mlýna blízko obce Krumvíř (34 ha). Potok Průšánka v roce 1836-1841 napájel v okolí

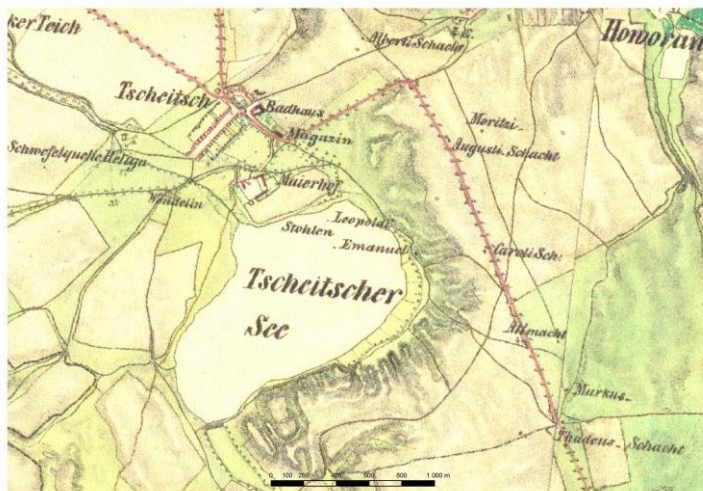
Čejkovic celkem čtyři rybníky – Chobot (8 ha), Mlíček (9 ha), Helezný (11 ha) a Nový (10 ha). Mezi významnější rybníky lze řadit ještě Písečný rybník u Milotic (9 ha). Naprosto bez vodních ploch bylo v tomto období Strážnicko.

Čejčské jezero patřilo počátkem 19. století mezi největší vodní plochy na Hodonínsku (114 ha). Na této mapě je zachyceno jezero naposledy (Obr. 2). „*Odvodnění Čejčského jezera též zvaného Bezedník proběhlo v letech 1857-1858*“ [1]. Postupně bylo vysušeno a převedeno na ornou půdu, která byla zpočátku využita především pro pěstování cukrové řepy. „*Rozvoj cukrovarnictví zvýšil poptávku po těžkých, vlhkých půdách, a to znamenalo hromadné rušení rybníků v širších rovinatých nivách. Rybníky prakticky zůstaly pouze v chladnějších (bramborářských a horských) výrobních oblastech, v úzkých údolích a na extrémně zamokřených místech*“ [9]. Na této mapě je zaznamenán i počátek těžby lignitu v jihomoravském lignitovém revíru – na okraji Čejčského jezera byly dvě uhelné štoly (na mapě popsány jako Leopold Stohlen a Emanuel Stohlen) a při silnici do Mutěnic se nacházelo několik uhelných šachet. Provozování hnědouhelných dolů mělo také přímý dopad na rušení vodních ploch v regionu. Mapa z roku 1841 zachytila i rozvoj lázeňství v obci Čejč, je zde zakreslena budova lázni označená jako Badhaus a sirný pramen Heliga, v mapě označen jako Schwefelquelle Heliga.

Na topografických mapách z roku 1876 bylo v okrese Hodonín zakresleno pouze 15 vodních ploch o výměře větší než 1 ha (Tab. 1). Celková výměra těchto vodních ploch činila 61 ha, což bylo nejméně ze všech sledovaných období. Nízká ekonomická výhodnost provozování rybníčního hospodářství, tlak na získání další orné půdy, rozšiřování podpovrchové těžby lignitu vedly ke zrušení většiny vodních ploch v okrese. Zanikla tak poměrně velká rybníční soustava na řece Kyjovce s rybníky Písečný a Jarohněvický a dále Čejčské jezero a rybník Smraďák v okolí Čejče, všechny rybníky na Spáleném potoce, většina rybníků na řece Trkmance a rybníční soustava na potoce Prušánka v okolí Čejkovic. Z větších vodních ploch tak zůstal zachován pouze rybník u Dražůveckého mlýna na řece Trkmance (15 ha) a Písečný rybník u Milotic (19 ha).

V letech 1953-1955 bylo v okrese Hodonín na topografických mapách zakresleno 29 vodních ploch větších než 1 ha, jejich celková výměra dosahovala 476 ha (Tab. 1). Došlo k částečné obnově rybníční soustavy na Kyjovce - byl opětovně napuštěn Jarohněvický rybník nedaleko Dubňan a Jarohněvického statku, u Mutěnic blízko myslivny Zbrod vznikla soustava chovných rybníků, podobně tomu bylo i u státního statku Písečný u Lužic. Statek Písečný se stal střediskem rybářství na Hodonínsku. Chov ryb a vodní drůbeže v podniku Rybářství Hodonín bylo základní hybnou silou k postupné obnově rybníků v okolí statku Písečný. Jednalo se však pouze o obnovu v konkrétních úsecích

řeky Kyjovky, netýkalo se to bývalých vodních ploch v povodí Trkmanky či Prušánky.



Obr. 2. Výřez II. rakouského vojenského mapování z okolí obce Čejč (1841).



Obr. 3. Soustava rybníků na řece Kyjovka na mapě československého vojenského mapování z roku 1991.

V roce 1991 v okrese Hodonín došlo ke zvýšení počtu vodních ploch větších než 1 ha na 53, jejich celková výměra vrostla na 637 ha (Tab. 1). Nově byl např.

založen rybník Rašelina u Vracova, rybník u Veselí nad Moravou, vodní nádrž Blatnička u Blatničky, Bojanovický rybník na Kyjovce na území obce Hodonín, menší rybníky u Mutěnic na řece Kyjovce, vodní nádrž Velký Bílovec na potoce Prušánka na katastru obce Čejkovice. Nejvíce vodních ploch v absolutních hodnotách v hektarech bylo v katastrech obcí Hodonín (269 ha), Dubňany (94 ha), Mutěnice (94 ha), Bzenec (35 ha).

Na mapě československého vojenského mapování z roku 1991 je zachycena největší rybníční soustava na Hodonínsku (Obr. 3). Tato rybníční soustava slouží k chovu ryb a drůbeže a dlouhodobě patří podniku Rybníkářství Hodonín. Rybníční soustava na řece Kyjovce a jejím přítoku Prušánce tak navazuje na původní Písečný rybník, který zde byl zaznamenán na mapě II. vojenského mapování z roku 1841. Rybníční soustava se skládá z osmi samostatných rybníků – Písečenský, Lužický, Dvorský, Novodvorský, Výtopa, Bojanovický, Komárovský, Nad sádkami. V severní části mapy v těsné blízkosti řeky Kyjovky je kaliště (odkaliště), které navazuje na skládku popílku z tepelné elektrárny v Hodoníně.

Po roce 1991 docházelo v okrese Hodonín k zakládání nových vodních ploch, přičemž jejich význam a funkce byla dána jak plánovanými opatřeními v krajině, tak i možnostmi získáním dotací na budování vodních ploch. Vzniklo několik vodních ploch za účelem zvýšení retenční schopnosti krajiny a snížení rizika povodní (např. retenční nádrž před obcí Čejkovice a navazující mokřady). Projevila se opět i hybná síla rozvoje rybářství v regionu, konkrétně došlo k vybudování dalšího rybníka na Kyjovce s názvem Za vrbou (u obce Mutěnice). Celkem bylo v okrese Hodonín na Základních mapách ČR evidováno v roce 2013 92 vodních ploch s výměrou větší než 1 ha s celkovou rozlohou 669 ha (Tab. 1).

Tab. 1. Počet a výměra vodních ploch v okrese Hodonín v období 1836-2013.

Rok	počet vodních ploch nad 1 ha	celková výměra v ha
1836-1841	31	738
1876	15	61
1953-1955	29	476
1991	53	637
2013	92	669

V okrese Hodonín byly vodní plochy v polovině 19. století zastoupeny poměrně velkými významnými rybníky na řece Kyjovka a jedním velkým

jezerem (Čejčské jezero). Důvodem pro zakládání rybníků byl nejen zájem o produkci ryb, ale i nutnost zachycení vody pro vodní mlýny v územích s málo vydatnými vodními toky (Kyjovka, Trkmanka a jejich přítoky). Dlouhodobě malý podíl vodních ploch byl vykazován v povodí Veličky, kde vydatnost vodních toků a jejich sezónně vyvážený průběh průtoků umožnil fungování vodních mlýnů přímo na vodních tocích nebo jejich náhonech. Zánik vodních ploch v okrese Hodonín byl spojen zejména s rozvojem cukrovarnictví v regionu, pěstováním technických plodin, rozvojem těžby lignitu, změnami v technologii výroby mouky (rozvoj větrných mlýnů). Obnova vodních ploch po II. světové válce byla spojena s rozvojem rybníkářství v regionu. Tato obnova však nebyla celoplošná, týkala se pouze řeky Kyjovky v okolí Hodonína, Mutěnic a Dubňan. Tyto regionální odlišnosti byly zjištěny i ve studiích vývoje vodních ploch v povodí Kyjovky [4] a Trkmanky [5]. Budování nových vodních ploch po roce 1989 bylo podpořeno také díky Programu revitalizace říčních systémů nebo Programu péče o krajinu.

5 ZÁVĚR

V okrese Hodonín byla celková výměra vodních ploch nejvyšší v roce 1836-1841 (celkem 738 ha). V následujícím období v roce 1876 došlo k prudkému poklesu rozlohy vodních ploch na pouhých 61 ha. Tento propad výměry vodních ploch byl způsoben kombinací hybných sil v krajině – rozvoj cukrovarnictví, zvýšení poptávky po orné půdě, rozvoj těžby lignitu, změny ve zpracování zemědělských produktů. Obnova vodních ploch proběhla pouze v těsném zázemí řeky Kyjovka, důvodem byl rozvoj chovu ryb. I přes nárůst celkové výměry vodních ploch v okrese Hodonín až na 669 ha v roce 2013 nebylo stále dosaženo výměry z let 1836-1841. Zásadní rozdíl je ovšem v počtu vodních ploch, zatímco v roce 1836-1841 bylo v okrese Hodonín evidováno celkem 31 vodních ploch nad 1 ha, v roce 2013 to bylo celkem 92 vodních ploch. Tento vysoký počet je dán především způsobem současného hospodaření Rybníkářství Hodonín. Na plochách dřívějších rybníků Písečný a Zbrodský vzniklo větší množství účelově zřízených chovných rybníků a drobných sádek, jejichž celková výměra odpovídá přibližně plochám původních celistvých rybníků zobrazených na mapách z roku 1836-1841, případně z roku 1763.

V povodí Trkmanky zanikla většina rybníků na Trkmance, na Spáleném potoce a poměrně rozlehlé Čejčské jezero v tektonické sníženině Čejčské kotliny, dnes odvodňované Čejčským potokem. Obnova vodních ploch v tomto povodí dosud neproběhla a skýtá se zde velký potenciál. Zemědělská krajina v povodí Trkmanky patří mezi nejteplejší a nejsušší oblasti České republiky, zvyšování retenční schopnosti krajiny by zde tedy bylo žádoucí. Jako jediná z

potenciálních lokalit akumulace povrchových vod je v okrese Hodonín plánována vodní nádrž Terezín, která by byla vybudována právě na řece Trkmanka. Potenciál obnovy vodních ploch v historickém kontextu lze uplatnit také v povodí Kyjovky na jejích přítocích – např. na Prušánce, Hruškovici, Mutěnickém a Šardickém potoce. V posledních letech jsou v okrese Hodonín zakládány pouze menší vodní plochy s podporou programů na revitalizaci říčních systémů a péči o krajinu. Výjimkou jsou větší vodní plochy založené pro chov ryb u řeky Kyjovky.

Literatura

- [1] BRŮNA, V., BUCHTA, I., UHLÍŘOVÁ, L. (2002). Identifikace historické sítě prvků ekologické stability krajiny na mapách vojenských mapování. *Acta Universitatis Purkynianae – Studia Geoinformatica II.*, 81, Ústí nad Labem, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. 46 s.
- [2] HAVLÍČEK, M., PAVELKOVÁ-CHMELOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPILOV, P. (2013). Vývoj využití krajiny a vodních ploch v povodí Kyjovky od roku 1763 do současnosti. *Acta Pruhoniciana*, 104: 39-48.
- [3] KOLÁČEK, F. (1930). *O vypuštěných rybnících jihomoravských*. Sborník Československé společnosti zeměpisné. s. 158-164.
- [4] HAVLÍČEK, M., PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., SKOKANOVÁ, H. (2014). The long-term development of water bodies in the context of land use: The case of the Kyjovka and Trkmanka River Basins (Czech Republic). *Moravian Geographical Reports*, 22(4): 39–50.
- [5] MACKOVČIN, P., JATIOVÁ, M., DEMEK, J., SLAVÍK, P. a kol. (2008). *Brněnsko, Chráněná území ČR, svazek IX*. Brno, Praha, Ekocentrum, AOPK ČR. 932 s.
- [6] HLAVINKA, K., NOHÁČ, J. (1926). *Vlastivěda moravská II. Místopis Moravy, č. 45, Hodonský okres*. Muzejní spolek Brno. 259 s.
- [7] MACKOVČIN, P. (2009). Land use categorization based on topographic maps. *Acta Pruhoniciana*, 91: 5-13.
- [8] HURT, R. a kol. (1970). *Vlastivěda moravská. Kyjovsko*. Muzejní spolek Brno. 537 s.
- [9] LÖW, J., MÍCHAL, I. (2003). *Krajinný ráz*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 552 s.

Poděkování

Príspevek byl v rámci Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. podpořen z institucionální podpory VUKOZ-IP-00027073, v rámci Palackého univerzity v Olomouci byl zpracován s podporou projektu QJ1220233 NAZV MZe ČR.

LOKALIZACE A VÝVOJ HISTORICKÝCH RYBNIČNÝCH PLOCH V ČÁSTI ÚDOLNÍ NIVY HORNÍHO TOKU ŘEKY ODRY

LOCALIZATION AND DEVELOPMENT OF HISTORICAL PONDS AREAS
IN THE PART OF THE UPPER Odra RIVER FOODPLAIN

Petr HŮLA✉, **Bořivoj Šarapatka**

*Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, tř. 17. listopadu 12,
771 46 Olomouc
✉hulaa.petr@seznam.cz*

Abstract

The aim of this study was to identify and map historical ponds areas in the part of the upper Odra river floodplain. The research was based on a study of historical maps, aerial photographs, literature, historical sources and field survey. The study also includes a detailed description of the historical development of individual sites as well as the current state of land use of these areas, the state of surface drainage and basic characteristics related to soil fertility on the areas of defunct ponds.

Keywords

historical ponds areas, land use, historical maps, defunct pond

1 ÚVOD

Rybníkářství v oblasti horního povodí řeky Odry má dlouhou tradici sahající pravděpodobně až do 14. stol. [1]. Z celkové plochy povodí Odry na území ČR se nejvíce rybníků a rybníčních soustav zachovalo v části povodí spadající k CHKO Poodří, na jehož území se v současnosti nachází 58 rybníků o celkové ploše téměř 700 ha [3]. Nicméně dle historických mapových podkladů a archivních materiálů se v této oblasti v minulosti nacházelo rybníků daleko více. Cílem této práce je historické rybníky na vybraném území identifikovat, a tam kde je to možné se pokusit o zakres jejich ploch do současného mapového podkladu. Ke konkrétním lokalitám historických rybníků byl dále zjišťován jejich historický vývoj, zachovalost hrází a náhonů, současný způsob využití půdy a další. Zjištěné informace mohou představovat soubor základních údajů, využitelných například při orientačním výběru lokalit, u kterých by byla teoretická možnost rybníků obnovit.



2 METODIKA

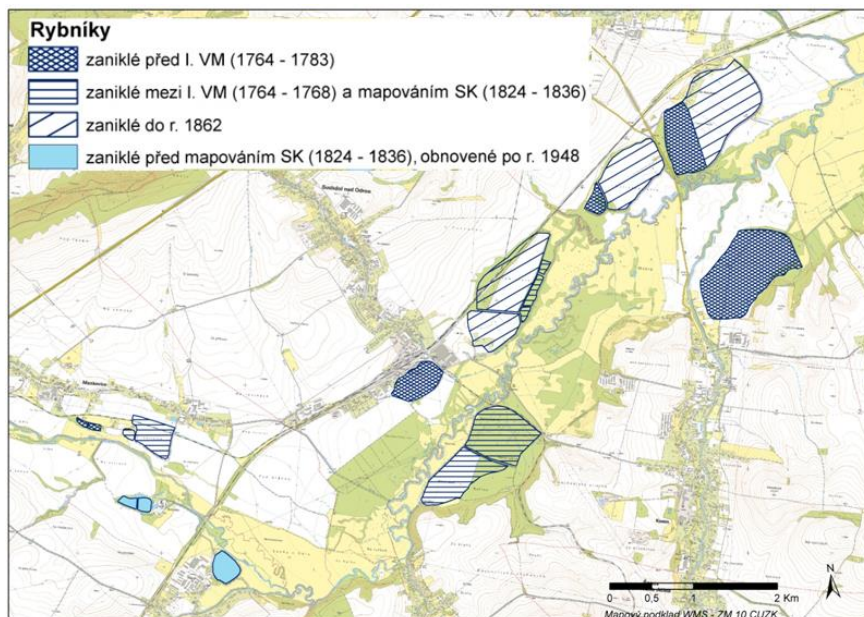
Plochy historických rybníků byly zjišťovány v k. ú. obcí Mankovice, Jeseník nad Odrou, Bernartice nad Odrou, Suchdol nad Odrou, Hladké Životice a Kunín, přičemž nebylo zkoumáno celé území těchto katastrů, ale pouze oblast náležící k údolní nivě řeky Odry. Toto území se nachází v Moravskoslezském kraji, v západní části okresu Nový Jičín. Území leží v údolní nivě horního toku řeky Odry zhruba mezi 75 a 56 říčním kilometrem a z hydrologického hlediska náleží k povodí III. řádu - Odry po Opavu. Všechny identifikované historické rybníky spadají do jihozápadní části CHKO Poodří. Porovnáváním historických mapových podkladů s informacemi z dříve publikovaných studií, archivních údajů a současnými i historickými leteckými snímky, bylo možné si udělat předběžný obrázek o historickém umístění jednotlivých zaniklých rybníků v krajině. Z historických map využitelných pro zkoumání historických rybníků bylo využíváno také I. vojenské mapování, zobrazující krajinu v letech 1764 – 1768 v měřítku 1 : 28800. I přes značnou nepřesnost v zákresech map I. vojenského mapování, mohl tento podklad sloužit pro orientační lokalizaci rybníků. Mimo samotných vodních ploch byla pozornost věnována též zakresleným zbytkům hrází a vodním náhonům. Mapový list II. vojenského mapování (1836 – 1852) se pro zkoumané území nedochoval, proto bylo nutné využít indikačních skic, které byly součástí mapování stabilního katastru (1824 – 1843). Na těchto podrobných mapách (měřítko 1 : 2880), na nichž je již většina ploch rybníků zakreslena jako orná půda či plochy trvalých travních porostů, bylo v mnoha případech rozpoznatelné, kde rybník v minulosti existoval. Vodítkem pro identifikaci zaniklého rybníka byly např. zakreslené hráze, vodní náhony nebo směr a způsob parcelace. Pro ověření existence plochy historického rybníka bylo též nahlíženo do map III. vojenského mapování (na Moravě 1876 – 1878). Na nich sice není ve zkoumaném území zakreslen žádný rybník jako vodní plocha, nicméně poměrně přesné zákresy dochovaných hrází dávají tušit plochy a tvary zaniklých rybníků. Předběžně lokalizované plochy historických rybníků byly dále porovnány se současnými a historickými leteckými snímky (1955), neboť velká část zachovaných hrází je na nich stále patrná. Letecké snímky z roku 1955 byly použity zejména z důvodu zjištění průběhu reliktů hrází na dnes zalesněných plochách, které byly v době snímkování bezlesé. Historií rybníkářství v této oblasti se zabýval Hurt [1][2][4][5][6][7][8], jehož dílo bylo pro účely práce nejcennějším zdrojem historických informací. Mezi další autory zabývajícími se touto problematikou v oblasti horní Odry patří např. Oppl [12] a Kadlčík [10]. Mnoho cenných informací poskytovaly také publikace v regionálních periodických týkající se např. hospodaření panství a statků, rozborů urbářů jednotlivých panství a příspěvků k dějinám jednotlivých obcí. Obzvláště

činným ve vydávání studií tohoto typu byl Turek [13]. Ve většině případů bylo možné teoretické informace z literatury spojit s konkrétními plochami historických rybníků na zkoumaném území. Údaje o velikosti historických rybníků nejsou ve většině případů dohledatelné, nicméně základní představu o velikosti rybníka je možné si udělat na základě množství rybí násady, kterou byly schopny pojmout. Z tohoto důvodu je také kapacita, která byla uváděna v kopách ryb, u jednotlivých lokalit zmiňována. Terénním průzkumem jednotlivých předběžně vytipovaných lokalit bylo dřívější umístění rybníka ověřeno, v některých případech upřesněno. Zjišťován byl také stav a dochovanost hrází a náhonů a současný způsob využití ploch zaniklých rybníků. Následný zákres ploch historických rybníků, stejně jako jednoduché plošné analýzy, byly provedeny v programu ArcGIS 10.3. Data o odvodněných plochách a bonitovaných půdně ekologických jednotkách (BPEJ) byla převzata z grafické části územně analytických podkladů ORP Nový Jičín, dostupných na mapovém portálu města Nový Jičín.

3 VÝSLEDKY

Na zkoumaném území bylo celkem identifikováno 20 historických rybníků. Na Obr. 1 jsou rozděleny do čtyř kategorií, vymezených orientační dobou jejich zániku, podle výskytu v jednotlivých historických mapováních, případně letopočty zjištěnými z literatury. Šest rybníků zaniklo ještě před I. vojenským mapováním, na kterém byly v některých případech zakresleny pouze jejich hráze. K zániku sedmi rybníků došlo v období mezi I. vojenským mapováním a mapováním Stablního katastru a poslední čtyři rybníky zanikly do roku 1862. Poslední kategorii tvoří tři rybníky u Jeseníka nad Odrou, které zanikly v době mezi I. VM a mapováním Stablního katastru a jako jediné v této části Poodří byly po roce 1948 obnoveny. Charakteristické pro rybníky na zkoumaném území (stejně jako pro ostatní rybníky v Poodří) byla skutečnost, že tvořily ucelené soustavy. Na levém břehu řeky Odry to byla soustava rybníků na k. ú. Mankovic a dále spojená soustava rybníků suchdolských a životických. K pravobřežním soustavám patřily již zmíněné rybníky u Jeseníku nad Odrou, dále rybníky bernartické a rybník u obce Kunín, který tvořil soustavu s rybníky v barošovickými, které již na zkoumaném území neleží. V následujícím textu bude uveden historický vývoj a podrobný popis zaniklých rybníků na k. ú. Suchdol nad Odrou a Hladké Žitovice.





Obr. 1. Historické rybníky ve zkoumaném území podle doby jejich zániku

3.1 Historické rybníky u obce Suchdol nad Odrou

Suchdolské rybníky, stejně jako většina rybníků v této oblasti, byly napájeny vodou z oderských přítoků. Lužní rybník byl napájen Kletenským potokem, rybníky Polní, Polakovský, Dlouhý, Přední a jeden bezejmenný mlýnským náhonem, který odbočoval z potoka Suchdolského. Voda z těchto rybníků byla dále použita na rybníky u Hladkých Životic, se kterými tvořily další z rybníčních soustav v horním Poodří. Písemná zmínka o suchdolských rybníčních pochází z roku 1586, kdy byl do zemských desek vložen závazek o „ ... *pouštění vody přes grunty a přes rybník u vsi Sukdolu na rybníky žvotské*... “[11].

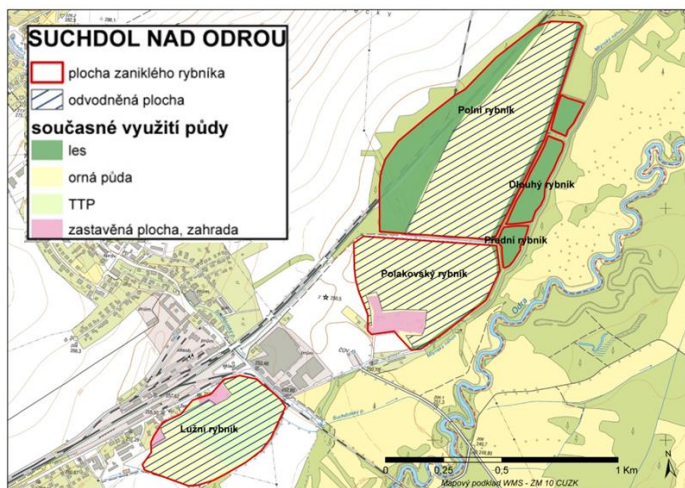
Největší ze suchdolských rybníků byl rybník Polní, jehož kapacita byla odhadována na 166 nebo 148 kop násady. Kapacita Lužního rybníka byla odhadnuta na 80 kop a rybník Polakovský se odhadoval na 60 kop kapří násady. Tyto tři rybníky byly rybníky výtažnými, hlavními. Zbývající tři rybníky byly pomocné. Všechny rybníky ležely na rozhraní polí a luk a hrázemi byly obklopeny ze všech čtyř stran. Roku 1717 se rybníční síť rozrostla o novou mlýnskou příkopu odbočující od splavu na řece Odře, od této doby byly rybníky napájeny jak vodou z Kletenského potoka, tak ze samotné řeky Odry [2]. Také Suchdolské rybníky se osazovaly smíšenou rybí obsádkou. Polní rybník byl v roce 1723 osazen 166 kopami kaprů a 10 kopami línů. Lín v této době

představoval hlavní vedlejší chovanou rybu v oblasti horního Poodří, nahradil zde dříve běžnějšího karase. Nejcennější chovnou rybou byla však štika, která se měla podle příkazu hraběte Serenyiho z roku 1697 vkládat do kaprových rybníků až druhým rokem na podzim. Kopa vážných štik byla v roce 1757 odhadována na 14 zlatých, kopa kaprů na 6 zlatých [6].

Lužní rybník zanikl ze suchdolských rybníků jako první, na mapě I. vojenského mapování již není zakreslena ani jeho hráz. Hráz je dochovaná a je pouze ve své pooderské části, o výšce kolem 2 metrů. Ostatní hráze se nedochovaly, na jejich místě v současné době stojí zástavba a železniční trať Nový Jičín – Suchdol nad Odrou. O dávné době zániku tohoto rybníka podává svědectví mohutný solitérní dub, nacházející se ploše bývalého rybníka. Plocha Lužního rybníka je téměř celá odvodněna a v současnosti využívána jako TTP a orná půda. Na části plochy se nachází rekreační areál a malá část je zastavěna. Obec Suchdol nad Odrou v roce 2005 rozhodla o obnově části Lužního rybníka, proč stavba dosud nebyla realizována, se zjistit nepodařilo. Plochy ostatních rybníků jsou na mapách I. vojenského mapování ještě zakresleny jako rybníky, na indikačních skicích Stabliního katastru jsou však již zakresleny pouze dva rybníky a to Polní a Polakovský. V období mezi těmito mapováními tedy došlo k zániku všech tří pomocných rybníků. Hráze těchto malých rybníků odděluje od mlýnského náhonu málo zřetelná, přibližně 1, 5 metru vysoká hráz, jejíž těleso je na některých místech narušeno meandrujícím náhonem. Příčné hráze oddělující od sebe jednotlivé rybníčky jsou o něco vyšší. Hráz, která pomocné rybníky oddělovala od Polního rybníka, je mohutná, asi 5 m vysoká. Plochy všech tří malých rybníků jsou v současnosti zalesněny. Jedná se o podmáčenou lokalitu, existují zde stálé nebo periodické tůně. Zánik posledních dvou rybníků u Suchdola nad Odrou – Polního a Polakovského je možné datovat zhruba do poloviny 19. století. Ve čtyřicátých letech 19. století byla plocha rybníků značně dotčena výstavbou Severní dráhy císaře Ferdinanda, což také pravděpodobně uspišilo jejich zánik. Zachovalá hráz mezi Polním a Polakovským rybníkem je mohutná, přes 5 metrů vysoká a kolem 4 metrů široká v koruně. Už v době existence rybníků po ní vedla cesta do mlýna, jehož objekt v blízkosti rybníků také stále stojí. Nejspíše v místě bývalé výpusti mezi těmito dvěma rybníky je hráz prokopaná. Boční hráze směrem k mlýnskému náhonu a řece Odře dosahují podobných, na některých místech i větších rozměrů jako hráz příčná a jsou na ní staleté liniové porosty dřevin, převážně dubů.

Většina ploch bývalých rybníků je dnes odvodněna a využívána jako orná půda. Část plochy zaniklého Polního rybníka v blízkosti železniční trati Přerov – Bohumín je pokryta mladým lesním porostem, na části plochy Polakovského rybníka stojí rodinné domy s přílehlými zahradami (Obr. 2).





Obr. 2. Současné využití historických rybníků na k. ú. Suchdol nad Odrou



Obr. 3. Současné využití historických rybníků na k. ú. Hladké Životice

3.2 Historické rybníky u obce Hladké Životice

Hladké Životice patřily v minulosti i se svými rybníky k fulneckému panství a tvořily velkou a podstatnou část jeho příjmu [12]. Nejvýznamnějšími a jedněmi z největších rybníků nejen v okolí Hladkých Životic, ale i v celé oblasti této části Poodří byly Nový rybník a rybník zvaný Steger. Oba rybníky spolu s menším bezejmenným rybníkem nacházejícím se nad Stegerem byly zásobovány vodou

z mlýnské strouhy od Suchdolu nad Odrou a spolu s rybníky suchdolskými tvořily jednu z rybníčních soustav v této oblasti. Zmínka o těchto rybnících z roku 1584 se vztahuje ke koupi fulneckého panství včetně rybníků Janem starším Skrbenským z Hříště [13]. Další zmínka o životických rybnících pochází z roku 1586, kdy byl do zemských desek vložen závazek o „ ... *pouštění vody přes grunty a přes rybník u vsi Sukdolu na rybníky životické...*“ [11]. Do Nového rybníka se vkládalo 150 kop kapří násady, do rybníka Steger 100 kop [5]. Rybník Steger byl nejhlubším rybníkem v této části Poodří, jeho maximální hloubka u hráze činila 10 střeoviců – 3, 16 metrů [7]. V roce 1644 bylo z Nového rybníka vyloveno 157 kop a 34 kusů ryb [10] a celkový výnos za slovené ryby činil 1754 zlatých a 24 grošů [12].

Roku 1802 byl Nový rybník osazen kombinovaným způsobem, tři až čtyřletou násadou [6]. Do rybníka Steger se ve druhé čtvrti 19. století přidávalo k 92 kopám kaprů různé velikosti 14 kop línů [7]. Ještě v letech 1839 - 1842 představoval roční užitek jen z rybníka Steger přes 1856 zlatých. Přesto však byly oba životické rybníky po roce 1862 zrušeny [8].

Na mapě I. vojenského mapování jsou zakresleny životické rybníky nejspíše již v redukované podobě, původně Nový rybník a Steger od sebe oddělovala pouze hráz [7]. Na indikační skice Stabilního katastru jsou zachyceny stále ještě plošně rozlehlé rybníky Nový a Steger, v poslední fázi své existence. Po zrušení rybníků byly jejich plochy využívány jako louky a role. Dnes je téměř celá plocha zaniklých rybníků odvodněna sítí kanálů a využívána jako orná půda (Obr. 3). Na malé části Nového rybníka se nachází zástavba rodinných domů se zahradami, drobné části ploch, zejména v blízkosti dochovaných hrází jsou zalesněny. Hráze rybníků Nový a Steger jsou z větší části dochovány, zanikla jen část, kde se nyní nachází zástavba. Hráze jsou největší v této části Poodří, jejich výška přesahuje v některých úsecích i 6 metrů. Většina dochovaných hrází slouží jako pozemní komunikace.

4 SHRUTÍ A ZÁVĚR

V rámci širšího sledování rybníků v ČR byla na základě II. vojenského mapování vytvořena vrstva a databáze historických rybníků v ČR. Podle této databáze bylo v polovině 19. století na území celé České republiky 10952 historických rybníků nad 0,5 ha, z nichž 3416 (31,2 %) do současnosti zaniklo [14].

Na území popisovaném v tomto příspěvku došlo k zániku většiny identifikovaných rybníků již před II. vojenským mapováním, ve výše zmíněné databázi jsou uvedeny pouze čtyři rybníky. Z celkového počtu dvaceti rybníků, jich šestnáct zaniklo dříve. V době II. vojenského mapování (resp.

mapování Stablního katastru) se v oblasti nacházela již jen $\frac{1}{5}$ z původního počtu rybníků. Pokud by se tento trend potvrdil i v jiných modelových územích, pak by bylo možné spekulovat o tom, kolik rybníků v České republice zaniklo ještě před II. vojenským mapováním.

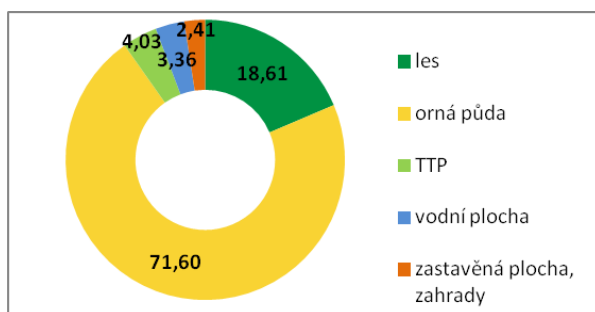
Zakreslené plochy historických rybníků a uvedené plošné charakteristiky mají spíše informativní (orientační) charakter, není možné je považovat za absolutně přesné. Ke zpřesnění zákresu by mohla přispět rekonstrukce historických vodních ploch na základě podrobných výškopisných dat digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace. Tato data zatím pro zkoumanou oblast k dispozici nejsou, do budoucna by však bylo zajímavé se o tuto rekonstrukci pokusit a výsledky dosažené oběma metodami vzájemně porovnat.

Celkový počet identifikovaných a lokalizovaných historických rybníků na zkoumaném území je 20, z tohoto počtu byly 3 rybníky obnoveny. Konkrétní absolutní i relativní plošné údaje poskytuje tabulka 1, ze které je patrné, že z celkové plochy historických rybníků 409,8 ha bylo obnoveno pouze 13,3 ha, což představuje 3,4 %. V tabulce je také uvedeno, že 334,3 ha (84 %) z celkové plochy zaniklých rybníků je v současnosti odvodněno, což může být překážkou pro jejich případnou obnovu.

Tab. 1. Plošné charakteristiky historických rybníků

	plocha (ha)	plocha (%)
celková plocha historických rybníků	409,82	100
plocha zaniklých rybníků	396,49	96,75
plocha obnovených rybníků	13,33	3,36
odvodněná plocha zaniklých rybníků	334,32	84,32

V současném využití půdy na plochách historických rybníků výrazně převládá orná půda (Obr. 4) s vysokým podílem odvodněných ploch. Vzhledem ke skutečnosti, že všechny zkoumané lokality náleží do CHKO Poodří, dal by se předpokládat větší podíl ploch s extenzivním hospodařením a podílem TTP. Trvalé travní porosty však zaujímají z celkové plochy historických rybníků pouze 4 %. Překvapující je poměrně vysoké zastoupení lesních porostů na plochách historických rybníků (18,6 %). Vodní plochy se 3,36 % představují tři obnovené rybníky v Jeseníku nad Odrou. Poslední kategorií plocha zástavby, do níž byly zahrnuty také zahrady přiléhající k objektům, která zaujímá 2,4 % ploch historických rybníků v této oblasti



Obr. 4. Současné využití půdy na plochách historických rybníků

Na plochách zaniklých rybníků spadajících do zemědělského půdního fondu (ZPF) byla na základě vymezených BPEJ zjišťována mj. i třída ochrany ZPF. 45,9 % zemědělských ploch spadá do II. třídy ochrany. Na těchto plochách se nacházejí půdy, které mají nadprůměrnou produkční schopnost a jsou vysoce chráněné. Mírně převažující kategorií představují s 47,3 % půdy s průměrnou produkční schopností, tedy s III. třídou ochrany. Poslední zastoupenou kategorií ochrany ZPF je třída V. – půdy s velmi nízkou produkční schopností, u kterých nelze předpokládat efektivnější zemědělské využití. K případné obnově rybníka by tedy byly z tohoto pohledu nejvíce vhodné tyto plochy, představují však pouze 6,8 % ploch zaniklých rybníků spadající do ZPF na zkoumaném území.

Literatura

- [1] HURT, R. (1960). *Dějiny rybníkářství na Moravě a ve Slezsku. I. díl.* Ostrava: Krajské nakladatelství. 274 s.
- [2] HURT, R. (1960). *Dějiny rybníkářství na Moravě a ve Slezsku. II. díl.* Ostrava: Krajské nakladatelství. 323 s.
- [3] WEISSMANNOVÁ, H. a kol. (2004). *Chráněná území ČR, svazek X. Ostravsko - Poodří.* Praha: AOPK ČR. 24 s.
- [4] HURT R. (1960). Rybníkářství na Novojicku. *Novojicko č. 3.* Ostrava: Krajské nakladatelství Ostrava . s. 15.
- [5] HURT R. (1961). Rybníkářství na Novojicku. *Novojicko č. 4.* Nový Jičín: Okresní dům osvěty. s. 10 – 11.
- [6] HURT R. (1962). Rybníkářství v okrese Nový Jičín. *Novojicko č. 5.* Nový Jičín: Okresní dům osvěty. s. 3 – 5.
- [7] HURT R. (1963). Rybníkářství v okrese Nový Jičín. *Novojicko č. 6.* Nový Jičín: Okresní dům osvěty. s. 15 – 16.
- [8] HURT R. (1964). Rybníkářství v okrese Nový Jičín. *Novojicko č. 7.* Nový Jičín: Okresní dům osvěty. s. 11 – 12.

- [9] JUROK J. (2000). Hospodaření Jana z Žerotína a komorního velkostatku města Nového Jičína podle urbářů z let 1558 a 1558 – 1574. *Vlastivědný sborník okresu Nový Jičín*, č. 52 – 53. Nový Jičín: Okresní vlastivědné muzeum v Novém Jičíně. s. 53 – 76.
- [10] KADLČÍK K. (1953). Rybníkářství a rybařství na Novojicku. *Kravařsko*, roč. X., č. 4 – 5. Nový Jičín: Osvětový sbor kultury 1948.
- [11] MATĚJEK F. *Moravské zemské desky 1567 - 1642, kraj Olomoucký*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- [12] OPPL S. (1931). Jak se pěstovalo kdysi rybníkářství na Fulnecku. *Český lid*, roč. XXXI. Praha.
- [13] TUREK A. (1949). Poddanství na Kravařsku do roku 1848. *Kravařsko*, roč. XI, č. 6 – 7. Nový Jičín: Osvětová rada Nový Jičín.
- [14] PAVELKOVÁ R., FRAJER J., NETOPIĽ P a kol. (2014). *Historické rybníky České republiky – srovnání současnosti se stavem v 2. polovině 19. století*. Šumperk: VÚV TGM. 167 s.

Poděkování

Autoři článku děkují Národní agentuře pro zemědělský výzkum, která podpořila projekt QJ 1220233 *Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR*, v rámci něhož byl vypracován i tento příspěvek.

POSOUZENÍ VZTAHU MEZI KVALITOU VODY A FUNKCEMI PŘI REALIZACI MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ S VYUŽITÍM PLOCH ZANIKLÝCH RYBNÍKŮ

ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN WATER QUALITY AND
FUNCTIONS OF SMALL WATER RESERVOIRS FOR THEIR CONSTRUCTION
USING AREAS OF ABANDONED PONDS

**Miloš ROZKOŠNÝ^{1,✉}, Zdeněk Adámek², Miriam Dzuráková¹,
Pavel Sedláček¹, Hana Hudcová¹**

¹Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., Mojžírovo náměstí 2997/16, 612
00 Brno

²Laboratoř aplikované hydrobiologie, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Husova tř. 458/12 370 05 České
Budějovice

✉ milos_rozkosny@vuv.cz

Abstract

Small water reservoirs are one of the principal elements of agricultural landscape in the Central European context. In the years 2013 to 2015 was carried out monitoring of the quality of the aquatic environment of selected ponds and small reservoirs (SWR) in areas of southern and central Moravia and the Vysočina Region. The intention was to pay attention to the influence of surface streams and water quality ponds and SWR taking into account their economic use, carry out a field survey on the current situation of selected sample locations. Ecosystems of monitored sites significantly eliminate the strong pollution brought by tributaries, as was the case of the reservoir Želeč. Monitored localities have a positive impact on the nitrogen and phosphorus retention and uptake from polluted surface waters and diluted wastewaters produced by settlements. Also the reduction of microbial contamination was significant by the monitored ponds and reservoirs. It was confirmed that the character of changes in the quality of water flow ponds is fundamentally influenced by the quality of the inlet water. The results obtained from the monitored locations indicate that it is necessary to properly determine the primary purpose and function of the locality (ponds and other small water reservoirs).

Keywords

Water quality, small water reservoirs, ponds, abandoned ponds, land-use

1 ÚVOD

Malé vodní nádrže jsou ve středoevropském prostoru jedním ze základních elementů zemědělské krajiny [1]. Představují jednu z nejhodnotnějších přírodě blízkých složek kulturní krajiny, jinak zcela transformované intenzivní lidskou činností [2]. Rybníky, jako jeden z typů malých vodních nádrží, jsou významným typem biotopů vybudovaných jako umělé stavby v místech s příznivou konfigurací terénu. Postupem doby se staly organickou součástí krajiny a nahradily tak jezera, která se u nás prakticky nevyskytují. Osídleny byly pestrým společenstvem vodních a bažinných organismů. Je známo, že kvalita vody se v rybnících často zásadně mění, podle míry znečištění dochází k posunu v kvalitě vody, a to buď pozitivnímu (v případě silného organického zatížení přítoku – např. [3][4][5][6], nebo negativnímu, v případě neznečištěného přítoku – např. [7]. V důsledku přísunu živin z povodí i vstupů ve formě krmiv a hnojiv aplikovaných v rámci rybářského hospodaření lze většinu českých rybníků považovat za eutrofní až hypertrofní vodní ekosystémy. Také další typy malých vodních nádrží mohou plnit více funkcí v krajině, včetně eliminace znečištění transportovaného říční sítí. Z ekologického hlediska jsou významným lokálním biocentrem, zvyšujícím biodiverzitu v krajině [8]. Vodohospodářsky zadržují vodu v povodí a ovlivňují její další distribuci, mají nezanedbatelný vliv na hladinu podzemní vody a půdní vláhu, při správné manipulaci s retenčním prostorem jsou schopné transformovat povodňové vlny [5][10]. Přes svoji nezastupitelnost v krajině tvoří malé vodní nádrže také jeden z ohrožených ekosystémů v Evropě, který je pod neustálým antropogenním tlakem. Nejvíce náchylné jsou malé vodní nádrže v blízkosti velkých sídel nebo v zemědělsky intenzivně obhospodařované krajině. Zde čelí riziku znečištění vod splašky, eutrofizace vlivem používání umělých hnojiv, drenáže mokřadních litorálních zón atd. [2].

2 LOKALITY A METODIKA

V letech 2013 až 2015 je průběžně prováděno sledování kvality vodního prostředí vybraných rybníků a malých vodních nádrží (MVN) v oblastech jižní a střední Moravy a Vysočiny. Záměrem je věnovat pozornost vzájemnému ovlivnění jakosti povrchových tekoucích vod a jakosti vody rybníků a MVN při zohlednění jejich hospodářského využití, provést terénní šetření aktuální situace

na vybraných vzorkových lokalitách a monitorovat stav jejich vodního prostředí a působících vlivů. Při řešení je využívána databáze výsledků z let 2000 až 2010, získaných v rámci řešení předchozích výzkumných projektů, např. [10][11]. Nově byly sledovány následující malé vodní nádrže:

- 1. MVN - obec Želeč - 49.3472344N, 17.1273514E / hlavní funkce – retence vody, podpora biodiverzity v zemědělsky obhospodařovaném povodí (prakticky 90 % půdy využíváno jako orná v povodí)
- 2. MVN - obec Dražovice - 49.1990025N, 16.9417000E / hlavní funkce – sportovní rybolov, rekreace
- 3. MVN - obec Němčice - 49.4342464N, 16.7091728E / hlavní funkce – protipovodňová ochrana, retence vody v krajině, podpora biodiverzity
- 4. MVN - obec Velký Rybník - 49.4860272N, 15.3088683E / hlavní funkce – protipovodňová ochrana, retence vody v krajině, podpora biodiverzity

Hodnocení změn v míře znečištění vodního prostředí bylo zaměřeno na nutrienty, ukazatele kyslíkového režimu a biologické ukazatele. Odběry vzorků vody byly prováděny několikrát ročně (4 – 6x) v typických cyklech nádrží. V terénu byly přímo měřeny fyzikálně-chemické parametry vodního prostředí (teplota vody, rozpuštěný kyslík, nasycení kyslíkem, pH, elektrická vodivost), a to přístrojem HACH Lange HQ40d. Měření byla prováděna při hladině a v různých hloubkách v případě nádrží a bodově v případě přítoků a odtoků. V laboratoři byly stanovovány ukazatele jakosti vod reprezentující organické znečištění, jednotlivé formy dusíku, fosforu a uhlíku, mikrobiologické ukazatele znečištění vod a obsah nerozpuštěných (suspendovaných) látek. Hodnocení potenciálu redukce nutrientů sledovaných lokalit bylo založeno na metodických doporučeních komise pro ochranu Dunaje [12][13]. Tyto metody jsou založeny na srovnání vstupních a odtokových hodnot látkových zatížení (koncentrací) jednotlivých ukazatelů kvality vody.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této části jsou prezentovány výsledky ze dvou lokalit - Dražovice a Želeč. Obě nádrže jsou využívány pro rekreační činnosti, zejména rybaření. Tyto lokality se nacházejí v povodích s převahou orné půdy. V Tab. 1 a Tab. 3 jsou uvedena vybraná měření popisující vodní prostředí obou nádrží a jeho vývoj v průběhu roku 2014. V následujících Tab. 2 a Tab. 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty parametrů kvality vody analyzovaných ze vzorků odebraných v přílivu a odlivu profilů umístěných na retenčních nádržích.

V případě lokality Dražovice byla výstavba nádrže dokončena v roce 2012, před začátkem monitoringu, což je zřejmé i ze stavu její kolonizace faunou a flórou. Přitékající voda je odtokem z nádrže situované o cca 400 m výše, tudíž nedocházelo k její degradaci zdržením v akumulaci. Povodí nádrže je tvořeno takřka výlučně polními plochami. Slabá vrstva sedimentů (4 cm) je tvořena takřka výlučně jemnými jílovitými částicemi. Do nádrže byly na podzim 2013 a na jaře 2014 vysazeny ryby, což vedlo k eliminaci velkých perlooček rodu *Daphnia* (*D. magna*, *D. longispina*).

Tab. 1. Abiotické parametry prostředí nádrže Dražovice zjištěné při odběrech *in situ*.

Ukazatel/Datum		4. 3. 2014	27. 5. 2014	5. 8. 2014	7. 10. 2014
Hloubka	cm	110	120	120	100
Teplota hladina	°C	6,6	23,5	24,6	13,6
Teplota dno	°C	6,3	23,2	22,6	13,6
O ₂ hladina	mg/l	13,19	8,64	8,27	9,61
O ₂ dno	mg/l	13,84	8,41	5,12	9,59
Nasycení O ₂ hladina	%	107,9	102,3	99,4	92,7
Nasycení O ₂ dno	%	111,4	98,9	58,7	92,5
Průhlednost	cm	110 (dno)	66	27	16
Sedimenty	cm	4	4	5	4

Nasycení vody kyslíkem během roku 2014 odpovídalo teplotním poměrům v nádrži a nepředstavovalo problém pro plnění funkcí nádrže, i s ohledem na její nízké zatížení organickými látkami na přítoku (Tab. 2). Průhlednost nádrže se postupně snížila v důsledku nasazení ryb a víření sedimentů dna, i když celkový obsah sedimentů je nízký (Tab. 1).

V Tab. 2 jsou výsledky monitoringu nádrže v Dražovicích rozděleny na dvě období, před nasazením první rybí obsádky (období A) a po nasazení rybí obsádky, zahrnující i její doplňování (období B). Výsledné dlouhodobé účinnosti čištění jsou ovlivněny tím, že se jedná o výpočty z poměrně malých koncentrací.

Celkově je zatížení organickými látkami velmi nízké (ukazatele BSK5, TOC). To platí i pro nutrienty (ukazatele celkový dusík – Ncelk a celkový fosfor – Pcelk). V případě fosforu se účinnost zadržení snížila v období s rybí obsádkou, což je ale spíše souvislost s vířením sedimentů a materiálu dna (původní místní zemina) a jeho odnosem, na nějž je fosfor vázán. Významný rozdíl, dokladovaný i daty v první tabulce (průhlednost), nastal v odtokových koncentracích nerozpuštěných látek (NL), ve druhém období B jsou tyto koncentrace vyšší.

Tab. 2. Průměrné hodnoty ukazatelů kvality vody na přítoku (In) a odtoku (Out) z nádrže v Dražovicích během dvou období (A, B).

Profil / Ukazatel	BSK5	TOC	NL	Ncelk	Pcelk
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DR-A-In	1,48	7,0	6,6	0,83	0,06
DR-A-Out	1,67	6,85	7,3	0,64	0
DR-B-In	4,09	12,85	20,9	4,33	0,11
DR-B-Out	3,78	12,85	44,3	3,28	0,07
Účinnost čištění (období A)	- 13 %	2 %	- 12 %	22 %	100 %
Účinnost čištění (období B)	8 %	0 %	- 112 %	24 %	37 %

Nádrž na Želečském potoce (5,29 ha) slouží jako víceúčelová s cílem řízení odtokových poměrů v povodí. Svým charakterem představuje nádrž retenční s protipovodňovou funkcí a slouží i k rekreaci. V době minimálních průtoků zajišťuje požadovaný minimální průtok 1 l/s. Skutečností však je, že slouží víceméně jako stabilizační rybník pro eliminaci komunálního znečištění z obce s minimální možností rekreačního využití z důvodu velmi nízké kvality vody a extrémně silného výskytu vodních květů. Je situována mezi polními plochami v otevřené krajině. Vrstva sedimentů na dně dosahuje u hráze setrvale cca 10 cm a je tvořena černým anaerobním bahnem. V podzimním období bylo registrováno razantní zvýšení mocnosti sedimentů na 20 cm. V důsledku anaerobie dna se v nádrži v létě 2014 nevyskytoval zoobentos, ojedinělé oživení dna bylo registrováno až v podzimním termínu (7. 10. 2014), kdy se v zoobentosu objevily tolerantní larvy pakomárů *Chironomus plumosus* (222 ind a 0,44 g na m²).

Silné organické zatížení se projevilo značnou rozkolísaností kyslíkových poměrů na konci jarního období, kdy bylo na hladině naměřeno stoprocentní

nasyčení (9,90 mg/l O₂ a 102,6% nasyčení), zatímco u dna v hloubce pouhých 140 cm byla registrována hluboká hypoxie (v podstatě anoxie 0,16 mg/l O₂ a 1,9% nasyčení).

Expozice nádrže působení větrů v otevřené krajině vede často k promíchání vrstev vody a její intenzivní aeraci, takže například za větrného počasí v srpnu 2014 byly rozdíly mezi hladinou a dnem výrazně menší než v období stratifikace (hladina 10,07 mg/l O₂, resp. 116,4% a dno 5,39 mg/l O₂, resp. 62,1%). V období podzimní cirkulace pak byla stratifikace zcela eliminována a kyslíku bylo v celém vodním sloupci dostatek (7. 10. 2014, hladina 14,51 mg/l O₂, resp. 145,3% a dno 15,70 mg/l O₂, resp. 152,0%). Podobně teplota vody u dna byla v těchto obdobích prakticky shodná s teplotou u hladiny (Tab. 3).

Tab. 3. Abiotické parametry prostředí nádrže Želeč zjištěné při odběrech in situ.

Ukazatel/Datum		4.3.2014	27.5.2014	5.8.2014	7.10.2014
Hloubka	cm	160	160	160	160
Teplota hladina	°C	6,6	22,3	22,4	14,0
Teplota dno	°C	5,8	17,9	22,1	13,8
O ₂ hladina	mg/l	30,42	9,99	10,07	14,51
O ₂ dno	mg/l	18,14	0,47	5,39	15,70
Nasyčení O ₂ hladina	%	249,8	114,0	116,4	145,3
Nasyčení O ₂ dno	%	143,1	4,9	62,1	152,0
Průhlednost	cm	39	30	21	30
Sedimenty	cm	10	9	9	20

V případě monitoringu nádrže na Želečském potoce je nutné zohlednit vliv znečištění přítékajícího kanalizačním systémem obce Želeč. V obci je Želečský potok zatrubněn a na profilu výusti je voda poměrně značně znečištěná. Bakteriální znečištění odpovídá 5. třídě čistoty vod, organické znečištění 3. až 5. třídě, koncentrace amoniakálního dusíku 4. až 5. třídě, nerozpuštěné látky 2. až 3. třídě a celkový fosfor 4. až 5. třídě. Vzdálenost od tohoto profilu do konce vzdutí retenční nádrže je cca 1 300 m. Délka retenční nádrže je cca 650 m, z toho přibližně polovinu délky protéká voda rozsáhlým litorálním pásmem rákosin. Na

konci vzduší MVN, tedy na přítoku do litorální zóny, je míra znečištění potoka nižší.

Účinnost čištění MVN Želeč je vysoká pro ukazatele mikrobiálního znečištění (enterokoky a fekální koliformní bakterie – indikátory používané pro hodnocení tzv. koupacích lokalit), formy dusíku a celkový fosfor (Tab. 4). Podobně jako v případě dražovické nádrže, průměrné účinnosti odstranění pro BSK, TOC a nerozpuštěné látky byly negativní, což je ovlivněno biologickými procesy probíhajícími ve vodním útvaru v průběhu vegetačních období. Organické znečištění pocházející z kanalizačního systému obce Želeč je vysoce redukováno, avšak s výsledkem nárůstu primární produkce projevující se nárůstem koncentrací těchto ukazatelů.

Tab. 4. Průměrné hodnoty ukazatelů kvality vody na přítoku (In) a odtoku (Out) z nádrže na Želečském potoce.

Profil / Ukazatel	BSK5	TOC	NL	Enterokoky	Fekální Koliformní bakterie
	mg/l	mg/l	mg/l	KTJ/1 ml	KTJ/1 ml
ZEL In	6,38	7,60	10,1	29	50
ZEL Out	14,87	24,75	60,0	2	1
Účinnost čištění	- 133 %	- 225 %	- 494 %	92 %	98 %
Profil / Ukazatel	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	Ncelk	Pcelk
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ZEL In	3,72	4,01	0,41	8,66	0,81
ZEL Out	0,49	1,12	0,08	5,07	0,46
Účinnost čištění	87 %	72 %	79 %	42 %	43 %

4 ZÁVĚRY

Extenzivní a polo-intenzivní hospodaření, typické pro české rybníční akvakultury, zahrnuje komplexní výrobní metody s mnoha významnými vazbami v rámci prostředí rybníku samotného, s vazbami na jiné rybníky v soustavě a na okolní ekosystémy [8]. Malá vodní nádrž může podstatně změnit hydrologický režim a ekologickou kvalitu recipientů, opět s potenciálně pozitivními nebo negativními dopady na fungování povodí [14]. Hlavními prvky kontaminujícími

vodní prostředí jsou fosfor (P) a dusík (N). V podmínkách střední Evropy je zachycení a uložení P a N považováno za důležitou funkci rybníků [8][14]. Nejvyšší hodnoty P byly obvykle nalezeny v deponovaných sedimentech, a to 100-1000 krát vyšší než ve vodách.

Uvedené sledované malé vodní nádrže jsou příklady nádrží budovaných po roce 1989 v krajině České republiky. Cílem jejich sledování bylo doplnění podkladů pro metodické a rozhodovací výstupy zpracovávané v rámci projektu QJ1220233, jenž mají být nástroji pro rozhodování o vhodnosti obnovy či budování rybníků a obecně malých vodních nádrží. Kvalita vody a možnosti jejího zlepšení, nebo naopak zhoršení v důsledku realizace MVN, jsou jedním z klíčových parametrů pro tato rozhodování, a to s cílem plnění požadavků Rámcové směrnice o vodách.

Ekosystémy sledovaných lokalit významně eliminovaly i silné znečištění přinášené přítoky, jak tomu bylo v případě nádrže Želeč. Výrazný přínos je patrný pro eliminaci mikrobiálního znečištění a zadržení a využití nutrientů, avšak zde je již riziko vysoké primární produkce a rozvoje sinic v prostředí nádrží. Otázkou je také správné a optimální nastavení a složení rybích obsádek nádrží.

Z výsledků získaných na sledovaných lokalitách je možné konstatovat, že je nezbytné správně stanovit primární funkci jejich účelu a provozu a tomu přizpůsobit další funkce v krajině a vodním hospodářství, zejména pokud se předpokládá zapojení rybníků a malých vodních nádrží do protipovodňové ochrany území.

Literatura

- [1] JUSZCAK, R., KĘDZIORA, A. (2003). Threats to and Deterioration of Small Water Reservoirs Located within Wysocé Catchment. *Polish Journal of Environmental Studies*. 12(5): 567-573.
- [2] WALDON, B. (2012). The conservation of small water reservoirs in the Krajeńskie Lakeland (North-West Poland). *Limnologica* 42: 320-327.
- [3] ADÁMEK, Z., JIRÁSEK, J. (1989). Vývoj kvality vody a produkce v organicky zatěžovaných rybnících. In: *Význam malých poľnohospodárskych nádrží pre rybárstvo a ochranu vodného prostredia krajiny*. Nitra, 85–90.
- [4] ADÁMEK, Z., JIRÁSEK, J., VACHTA, R. A ZAPLETAL, V. (1987). Chemismus a biologie škrobárenských akumuláčnických rybníků. In: *Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody*. Velké Meziříčí, 62–66.
- [5] GERGEL, J., KALENDA, M. (1983). Vliv rybníků na kvalitu povrchové vody. *Sborník ÚVTIZ meliorace*, 2, 93–102.

- [6] HETEŠA, J., MARVAN, P. A KUPEC, P. (2002). Úvalský a Šibeník – rybníky splující funkci čis-tíren odpadních vod. In Spurný, P. (ed.): *V. Česká ichtyologická konference*, 25. 9. 2002. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 45–51.
- [7] GUZIUR, J., ADÁMEK, Z. (1987). Změny kvality rybníční vody při intenzivním minerálním hnojení NPK. In: *Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody*. Velké Meziříčí, 100–107.
- [8] PECHAR L. (2000). Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. *Fisheries Management and Ecology*. 7: 23–31.
- [9] BERAN, J. (2005). *Rybníční soustavy jižních Čech*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- [10] ROZKOŠNÝ, M. a kol. (2010). Identifikace antropogenních tlaků na kvalitativní stav vod a vodních ekosystémů v oblastech povodí Moravy a Dyje. In: Šunka, Z. (ed.): *Výzkumná zpráva*, VÚV TGM, Brno. 2010.
- [11] ROZKOŠNÝ, M., ADÁMEK, Z., HETEŠA, J., VŠETIČKOVÁ, L., MARVAN, P., SEDLÁČEK, P. (2011). Vliv rybníků na vodní ekosystémy recipientů jižní Moravy. *VTEI*. 53(1):18-21.
- [12] TICKNER, D. a kol. (2004) *Monitoring and Assessment of Nutrient Removal Capacities of Riverine Wetlands*. Project Comp.4.3. UNDP/GEF Danube Regional Project. WWF.
- [13] TOMSCHI, H. (ed.) *Technical studies for the Design of Wetland Restoration and Nutrient Trapping. Final Report*. Wetland Restoration and Pollution Reduction. Project GEF TF 024837. 2001.
- [14] VŠETIČKOVÁ L., ADÁMEK Z., ROZKOŠNÝ M., SEDLÁČEK P. (2012). Environmental impacts of carp pond farming on discharged water quality. *World Aquaculture*. 44(4): 46–49.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory projektu NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“.

RYBNÍKY NA HORNÍ SÁZAVĚ ZA POVODNĚ V R. 1714

FISHPONDS ON UPPER SÁZAVA CATCHMENT DURING A 1714 FLOOD

Libor ELLEDER^{1,✉}, Jakub Krejčí², Jolana Šírová³

¹ČHMÚ Praha, Oddělení hydrologického výzkumu, Na Šabatce 17, 19306

²Aqualogic, Roklinka 224, 252 44 Psáry-Dolní Jirčany j.krejci@agualogic.cz

³ČHMÚ Praha, Oddělení hydrofondu, Na Šabatce 17, 19306

✉elleder@chmi.cz

Abstract

The flash flood that occurred at the turn of July and August 1714 in the Bohemian-Moravian Highlands on the Sázava, Svratka, Loučná and Novohradka catchments is probably the most important case of its kind in the Czech lands, and may likely be ranked among the most notable occurrences of extreme weather even within the larger Central European context. In this study we focused on upper and middle part of the Sázava catchment (ca 2000 km²). On the upper part of this catchment the torrential rain and consecutive flash flood caused abruption of ca 70 fishponds. The aim of the study is reconstruction of this event with special focus on fishponds.

Keywords

1714, flash-flood, reconstruction, hydrological model

1 ÚVOD

Přivalová povodeň na přelomu července a srpna 1714 na Českomoravské vrchovině je vedle květnové povodně roku 1872 asi nejvýznamnějším případem svého druhu v českých zemích. Můžeme ji řadit zároveň mezi nejpozoruhodnější extrémny ve středoevropských souvislostech.

V povodí Sázavy vystoupila hladina vody na horním toku cca tři metry nad úroveň nejvyšších hydrologicky zaznamenaných povodní a vysoko nad nejvyšší historické značky povodní z let 1845 a 1862. S ohledem na období, tj. počátek 18. století, jsou některé dobové popisy povodně nezvykle podrobné. Obsahují nejen popis škod, ale i údaje o maximální výšce vody a v hlavních rysech i časový průběh vodních hladin.

Povodeň tehdy způsobila obrovské materiální škody, protrhlo se přitom 70 rybníků a byly zničeny prakticky všechny mosty, těžce postižena nebo zničena byla většina vodních mlýnů a hamrů, zahynulo přes 240 osob.

Přibližné odhady průtočného množství představují na horním toku cca čtyřnásobek stávajících hodnot Q_{100} . Jak ale ovlivnily průběh povodně protřžené rybníky na panství Žďár nad Sázavou a Polná-Přibyslav? A které rybníky se protřhly? Cílem příspěvku je upozornit na doposud prakticky neznámý povodňový extrém ale také možný vliv protřžených rybníků.

2 STRŽENÍ RYBNÍKŮ ZA JINÝCH HISTORICKÝCH POVODŇOVÝCH SITUACÍ

V historických pramenech nacházíme v souvislosti s povodněmi zprávy o přetečení hrází rybníků, případně o jejich protřžení anebo o zanesení rybníka. Všechny tyto události měly často fatální vliv na další existenci rybníka nebo rybníků pod ním.

V dějinách povodní na českém území najdeme zprávy o stržení či zanesení rybníků přinejmenším od 14. století. Frekvence záznamů o poškození rybníků je vysoká již od druhé poloviny 15. a po celé 16. století. Postiženy anebo v ohrožení byly naše největší rybníky jako Velký rybník u Doks (Máchovo jezero), rybník Svět, Rožmberk, Staňkovický a také dnes již přes 140 let zrušený Mladotický rybník (z hlediska objemu asi polovina Rožmberka). Zvláštním případem je v tomto ohledu rybník Dářko, ale tato kapitola souvisí již s povodní 1714.

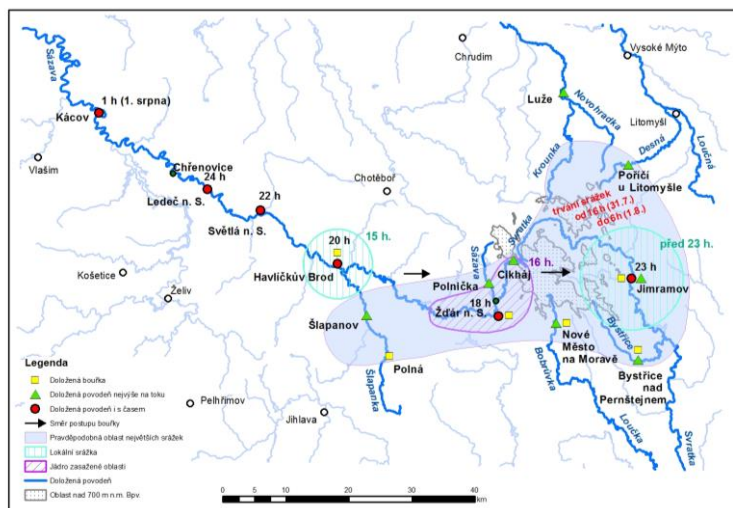
Téměř žádná z velkých regionálních povodní se neobešla bez havárie rybníků. Platí to především o povodních 1432, 1501, 1598, 1655, 1675, 1784, 1890 a 2002. Na tomto místě můžeme jmenovat význačné přívalové povodně, během nichž došlo k těžkým škodám na rybníčních soustavách. Jako příklad uvádíme katastrofu na rybníční soustavě Klenice v r. 1570, podobně v povodí Lomnice v r. 1586 [2], Rakovnického potoka v r. 1698, Sázavy v r. 1714 a v r. 1757 na Smutné. Také katastrofální povodeň v r. 1843 na Úpě zmíněná v Babičce Boženy Němcové byla provázená protřžením hrází rybníků. Méně známé jsou přívalové povodně v povodí Nežárky v r. 1853 (kdy se protřhly rybníky kolem Mnichu) a Tendražického potoka r. 1854 (zánik Černíčského rybníka), [2]. Následky posledních dvou stržení rybníků na Lomnici z r. 1895 a 2002 můžeme dnes porovnávat podle povodňových značek [2].

Je pravděpodobné, že nejvýznamnější událostí tohoto druhu byla povodeň v r. 1872 v povodí Berounky a Blšanky, kdy se údajně protřhly hráze stovky rybníků a zahynulo kolem 300 osob, [4].



3 POPIS PŘÍČIN POVODNĚ

Rozboru povodňové události, její pravděpodobné příčině, odhadu průtoku, srážek a věrohodnosti povodně se věnovala zvláštní studie [3]. Hlavní příčinou byly přívalové srážky pravděpodobně na Polensku a ve Žďárských vrších, jak uvádí např. F. Hammerschmid [5] a z něj vycházející paměti měšťana Keglera: „...*neb celá obloha pošmourným mračnem potažena byla. Množství dešťův a lijavcův vypadlo, takže lid domejšlel se býti a při(c)házeti poslední den soudný, neb vodní oblak se strhl“.*



Obr. 1. Přibližné vymezení oblasti zasažené nejvíce přívalovými srážkami (modrá plocha). Možný postup bouřky (tyrkysová šrafa, šipky), s vyznačením jádra srážkové oblasti (fialová šrafa). Vodní toky s doloženou povodní (modře), lokality s doloženou bouří (žlutý čtverec), nejvyšší záznam o povodni na příslušném vodním toku (zelený trojúhelník), nejdůležitější škody (červenou kroužek) a oblasti nad 700 m n. m. (tečkované).

Chronologický sled událostí, které započaly v 15 hodin u Havlíčkova Brodu odpoledne 31. července 1714, je znázorněn v Obr. 1. Kolem 17. hodiny se bouře přesunula ke Žďáru nad Sázavou. Po jedné až dvou hodinách přívalového deště se vlivem prudkého přítoku vody do soustavy rybníků protrhla většina velkých i malých rybníků jak na horní Sázavě, tak v povodí Stržského potoka (Obr. 1).

Podle zaměření výšek vody, které dokládají kroniky posázavských měst, hladina Sázavy vystoupila většinou 2 až 3 m nad úroveň nejvýznačnějších povodní, resp. nad úroveň místy dochovaných značek povodní z let 1845, 1862,

1891 a 1909. V Havlíčkově Brodě byl prudký nástup povodně pravděpodobně někdy kolem 20. hodiny, maximum dosáhla hladina ve 2 hodiny v noci. Povodeň prošla celou Sázavou a v Praze odnesla zásoby dřeva a soli [5]. Podobně zasáhla celou Svratku až pod Brno, Novohradku a Loučnou.

4 RYBNÍČNÍ SOUSTAVA HORNÍ SÁZAVY

4.1 Identifikace stržených rybníků

Rybníční soustava a vodní síla na horní Sázavě kolem kláštera ve Žďáru n. S. sloužila původně velké části pohonu hamrů, ale i vodních mlýnů a později klášterní papírny. Koncem 15. století vznikl rybník Dářko (pův. snad Žďářsko). Podle některých neprověřených novějších místních zdrojů a tradice se právě tento rybník v r. 1714 protrhl. Tuto skutečnost se dobovými prameny nepodařilo potvrdit. Rybník se údajně protrhl v 17. století (ústní sdělení Lopauer, Muzeum Žďár nad Sázavou). Silné rozvodnění v r. 1633 a 1635 skutečně potvrzuje kronikář Jelínek z Havlíčkova Brodu. O rybnících k povodni r. 1714 máme dvě autentické zprávy. Tehdejší páter Severin z augustiniánského kláštera z Havlíčkova Brodu zdůraznil rychlý sled událostí: „...a voda tam přišla tak náhlá, že během doby několika hodin nastala pohroma hrozivá a dosud nevidaná po celé krajině, kterou do krajnosti rozšířily (zesílily) přečetné rybníky, u nichž se protrhly hráze, takže zde bylo vidět jakoby jediné moře“ [1].

Anály Žďáru n. S. (Krátké popsání, 1727) jsou, pokud jde o výčet protřazených rybníků nejpřesnější: „Léta 1714 dne 31 juli v pamětný den svatého Ignatia tak velký déšť přikvapila rozvodnění, né tak snad slýchané, se stalo okolo 6 hodiny večerní. Tak že mnoho jak velikých tak i malých rybníkův se strhalo jako zejména v Cikháji, Světňově, okolo kláštera in specie Branský a Konvetský, Pilský, za Polničkou [hydrologicky samozřejmě nad Polničkou] Hamrmlýnský, Křivý, Bezmerky[sic!], Dívku tak nazvaný rybník“, [6].

Na Sázavě se protrhl podle toho zdroje až rybník Hamerský (pod Dářkem), Pilský a Branský. Na jejím levostranném přítoku, Stržském potoce se protrhly neznámé rybníky v Cikháji (dnes je zde Mlynářův rybník a rybník Myslivna), ve Světňově snad dnešní Stržanovský rybník a rybník Konvetský. Na Šabravě (přítok zleva u Žďáru) nad Frendlovým hamrem se protrhl rybník Křivý, nad Fiklovým hamrem rybník Dívka na bezejmenném potoce. Dále je uvedeno, že se protrhl rybník „Bezmerky“. Existenci rybníka tohoto jména se nepodařilo doložit, proto předpokládáme, že šlo o dnešní rybník Rejznarka na stejnojmenném potoce. Tento potok je zaústěn do náhonu na bývalý Najdecký hamr. To je celkem přinejmenším 8 (počet rybníků v Cikháji a Světňově není uveden) rybníků (Obr. 2). Přesně tolik pro panství Žďár n. S. uvádí pražský



kronikář Hammerschmid [4]. K tomu však dodává ještě 50 protržených rybníků na velkostatku Polná-Přibyslav, 7 na velkostatku Pohled a 6 u Mírovky, tedy celkem 71 rybníků. Nejprostší vysvětlení pro identifikaci 7 stržených rybníků kláštera v Pohledu vyplývá z dobové situace podle I. vojenském mapování. Mezi klášteřem a obcí Simtany (tedy proti proudu) bylo totiž podél Sázavy původně 6 či 7 rybníků (dnes je zde pouze jeden z nich). U Mírovky, tedy na tehdejší panství Střítež, v povodí Šlapánky lze oněch šest rybníků identifikovat na přítoku Šlapánky od Vysoké (nad Mírovkou vyznačeno ještě na I. a II. voj. mapování). Z této soustavy zbyl dnes Novosvětský rybník a v Mírovce rybník Návesní.

Pokud jde o 50 stržených rybníků na Panství Polná-Přibyslav, šlo nejpravděpodobněji o rybníky na přítocích Sázavy mezi Sázavou u Žďáru n. S. a Přibyslaví, kolem Polné se totiž nepodařilo najít žádné záznamy o škodách (je potřeba nezaměňovat místopisný název „Polensko“, který užíli někteří kronikáři, a který souvisí s územím velkostatku Polná- Přibyslav, a dnešním okolím Polné).

4.2 Problém rybníka Peklo

V článku [3] jsme se věnovali i problému rybníka Peklo u Žďáru (nejde o známější rybník Peklo u Polné), kde mělo být jádro bouřky. Problémem totiž je, kde byl vlastně rybník, který popisuje dobová zpráva z farní kroniky: „*31. července na řece Sázavě, která přišla o čtvrté hodině odpolední z průtrže mračen v okolí Žďáru u většího rybníka zvaného Peklo*“, [8].

Tento rybník, pokud skutečně existoval a nejde-li o omyl, mohl být např. nad tzv. Pekelským mlýnem (nebo ještě hamrem) nedaleko Horní Sázavy. Další možností je údolí Sázavy pod Polničkou, které je v mapě cisterciáckého zeměměřiče Jana Jiřího Vogta (1669-1730) z r. 1712 označeno jako Peklo Vallis – údolí Peklo (Obr. 3). Mapa je, pokud jde o velikost Dářka a o umístění Žďáru n. S. značně nepřesná. Klášter leží podle dnešního pojmenování vodních toků na soutoku Stržského potoka a Sázavy a město Žďár na soutoku Sázavy a potoka Staviště. Takže se nabízí možnost záměny Pilského rybníka za rybník Peklo, při frekvenci názvu Peklo na horní Sázavě by nebylo divu.



Obr. 2. Rybníky na horní Sázavě a situace mlýnů a hamrů na horní Sázavě. Zeslabením podkladu mapy (pod Dářkem) je naznačena přívalem zasažená oblast, tak jak ji předpokládáme podle dostupných zdrojů, žlutě stržené rybníky.



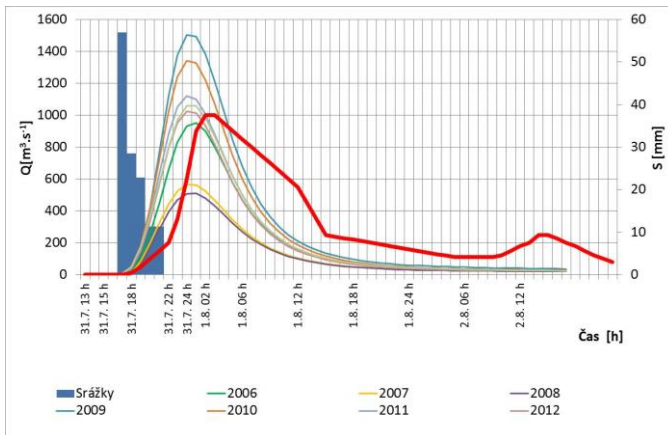
Obr. 3. Zasažené území na Vogtově mapě z r. 1712.

4.3 Role rybníků za přívalové povodně

Je velmi obtížné hledat v posledních sto či sto padesáti letech, tedy v době moderní hydrologie, nějakou analogii k povodni z r. 1714. Asi jedinou možností je přívalová povodeň v r. 1872 na Berounce, případně přívalové povodně z r. 1925 v západních Čechách.

Dynamické jevy v r. 1872 jako prudký vzestup hladin Litavky nebo Stroupínského potoka o několik metrů ve velmi krátké době několika minut můžeme připisat asi jen vlivu prudkého odtoku bezprostředně pod protrženými hrázi rybníků [4]. S tím byla spojena jistě i překvapivost události a vysoký počet obětí, a v tom jsou situace 1782 a 1714 asi podobné.

Vzhledem k popisu výšky vody i relativně podrobnému popisu průběhu povodně z r. 1714 jsme mohli přibližně rekonstruovat hydrogram a odhadnout kulminační průtok v Havličkově Brodě [3]. S využitím hydrologického systému Aqualog [3][9] jsme mohli potvrdit, že zjištěný objem povodně mohly způsobit extrémně vydatné a intenzivní srážky. Varianty hydrogramu povodně podle reálných okrajových podmínek v den povodně (31. 7.) ale v různých letech (2006 až 2013) by měly objem cca 30 až 60 mil. m³ vody (Obr. 4), a ten samozřejmě několikanásobně přesahuje objem všech identifikovaných rybníků (zřejmě i včetně Dářka).



Obr. 4. Porovnání možného průběhu povodně podle kronikářských popisů [1] (červeně) s výpočty podle scénářů nasycenosti z let 2006 až 2013.

Proto následná translační vlna z protržených rybníků zřejmě jen zrychlila nástup povodně a zvýšila na krátkou dobu maximální hladinu. Překvapivé je konstatování kroniky kláštera Augustiniánů [1], že voda začala výrazněji klesat až druhý den v poledne, tedy 10 hodin po kulminaci! To dokazuje, že rybníky

skutečně jen „zostřily“ nástup povodně zejména v lokalitách pod strženými rybníky.

5 ZÁVĚR

Povodeň byla hydrologické a vodohospodářské veřejnosti prakticky neznámá. Počtem obětí a počtem stržených rybníků se zjevně řadí mezi nejvýznamnější případy u nás. Podle některých dobových kronikářů souvisely velké škody povodní s protržením několika desítek rybníků. Podle současných znalostí a předložené rekonstrukce mohly povodeň způsobit pouze srážky. Je ale zřejmé, že protržené rybníky přinejmenším zvýraznily dynamiku povodně. Mínilo tím především zrychlení nástupu povodně. Právě tento aspekt pravděpodobně souvisí s vysokým počtem obětí. V naší historii můžeme doložit téměř spojitou řadu velkých vod, které provázely poruchy rybníků. Přestože naprostá většina rybníků po dobu své životnosti plní svou funkci spolehlivě, patří jejich havárie, působené většinou povodněmi, téměř neodmyslitelně k povodňové historii v Čechách (jak víme, platí to i v současnosti). Případ z r. 1714 si proto, jako jeden z nejvýznamnějších, zaslouží další studium a pozornost.

Literatura

- [1] *Annales Nostris: Annales Nostris Discalceato-Augustiniani ascertii*, 1733. SOkA Havlíčkův Brod, Sběrka rukopisů, Kn.1, pag. 372-376.
- [2] ELLEDER, L.; LHOTÁK, J.; ŠÍROVÁ, J.; DRAGOUN, Z. 2014. Historické povodně na Otavě v letech 1432 až 1900 a jejich dokumentární zdroje (Historical floods in Otava River basin from 1432 to 1900 and their documentary sources, *Vlastivědný sborník Šumavy*, VIII, 2013, s. 183-326,
- [3] ELLEDER, L.; MUNZAR, J.; ŠÍROVÁ, J.; ONDRÁČEK, S.; KREJČÍ, J.; LOPAUER, M.; DRAGOUN, Z. Přívalová povodeň v létě 1714 na Českomoravské vrchovině – rekonstrukce katastrofy po 300 letech, *Meteorologické zprávy* roč. 67-2014, č. 6, s. 161-173, ISSN0026-1173.
- [4] ELLEDER, L.; ŠÍROVÁ, J.; DRAGOUN, Z. 2014. Dokumentace mlýnů a jiných venkovských hospodářských objektů poškozených katastrofální povodní v květnu 1872 In: *Vesnické technické stavby 2013*, sborník referátů ze semináře, Regionální museum Vysoké Mýto, s. 119-169, ISBN: 978-80-904401-5-9.
- [5] HAMMERSCHMID, J., F. *Prodromus gloriae Pragenae etc. Vetero-Pragae, Typis et impensis Wolfgangi Wickart*. Cap. XVII, 1723, 700 s.

- [6] Krátké popsání: *Krátké popsání a správa odkud Zdiar swuj počatek pojal, a kterak hned od prwniho založení swého stál, 1727.* Archiv města Brna, fond V3, knihovna A. B. Mitrovského – Hofferiana – Žďár nad Sázavou. Rukopis.
- [7] MACEK, L., ed.,1999. Paměti kantora Jelínka. In: *Havlíčkobrodsko*, sv. 15, Havlíčkův Brod: Muzeum a SOKA, s. 70–108.
- [8] *Matrix ecclaesiae teutobrodensis, Kniha mateřní všech paměti a případností kostela hlavního Nanebevzetí Blahoslavené Panny Marie a jiných filiálních též sv. Vojtěcha a špitálu sv. Kateřiny*, MZA Brno–SOKA Havlíčkův Brod, fond. Děkanský úřad, Id.1, kn. 2, fol. 114.
- [9] <http://aqualogic.cz/en/submit-an-article/60-modelovaci-nastroje/57-aqualog>

ZANIKLÝ RYBNÍK U POPOVIC V POVODÍ CHOTÝŠANKY EXTINCT POND BY POPOVICE IN THE CATCHMENT OF CHOTÝŠANKA

Václav DAVID✉, Tereza Davidová, Ondřej Kysela

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací
a krajinného inženýrství, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice
✉ vaclav.david@fsv.cvut.cz

Abstract

In this paper, the analysis of area of extinct pond Wozlitz Teich is presented. This pond is located 45 km southeast of Prague in the catchment of Chotýšanka. The analysis is focused on the calculation of extinct pond volume with aim to assess the possible restoration of water reservoir function or the use of this area for purposes of flood protection in a form of polder. For this purpose, detail elevation data available as Digital model of relief of 5th generation provided by Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre. The results show that the total available volume corresponding to historical state is nearly 60 000 m³. The area was also assessed using volume index to express the effectiveness of the reservoir in terms defined by actual standards. The value of volume coefficient is about 10 for considered dimensions which falls in range of optimal values. Thus, this extinct pond can be considered as suitable for restoration from the point of view of terrain morphology.

Keywords

extinct pond, pond restoration, water retention, flood protection, Chotýšanka, Wozlitz

1 ÚVOD

Využití zaniklých rybníků pro potřeby lepšího hospodaření s vodními zdroji se v poslední době stává aktuálním tématem, a to i v souvislosti s očekávanými dopady klimatických změn. Ty se mají v prostoru České republiky projevit jak častějším výskytem extrémních srážkových událostí a tak častějšími a déle trvajícími výskyty období sucha. Tyto dopady souvisí především s tím, že se očekává změna rozložení srážek v čase, byť změny v celkových ročních úhrnech se neočekávají příliš výrazné. Je tedy zřejmé, že nároky na hospodaření s vodními zdroji se budou do budoucna zvyšovat. Vodní nádrže jsou bezesporu jedním z nejdůležitějších prvků hospodaření s vodou a v porovnání



s kupříkladu s hospodařením s vodou v půdě se jedná o prostředek, který lze využít k operativním opatřením s poměrně rychlou odezvou.

Zatímco omezování negativních dopadů sucha v malých povodích a na malých tocích je poměrně složité, technická řešení spočívající v opatřeních pro transformaci povodňových průtoků jsou relativně proveditelná a účinná. Jedním z možných způsobů je transformace povodňových průtoků suchými nádržemi. Využití prostor zaniklých rybníků k tomuto účelu může být výhodné především proto, že v mnoha případech je při výstavbě možné využít reliktů původních hrází. Rovněž se zpravidla jedná o profily, které jsou k budování nádrží vhodné s ohledem na morfologii terénu.

V případě záměru využití prostoru zaniklého rybníka platí stejná pravidla jako v případě záměru stavby nádrže nové. Nejprve je zapotřebí provést analýzu území a stanovit základní objemové charakteristiky nádrže, jelikož ty jsou zásadní pro vodohospodářské řešení. V minulosti byl standardně využíván postup hodnocení objemů na základě měření zatopených ploch pro jednotlivé úrovně hladiny. Současný rozvoj nástrojů GIS a množství dostupných výškopisných dat s vysokou měrou přesnosti umožňuje rutinní nasazení těchto nástrojů ve značně automatizovaném procesu.

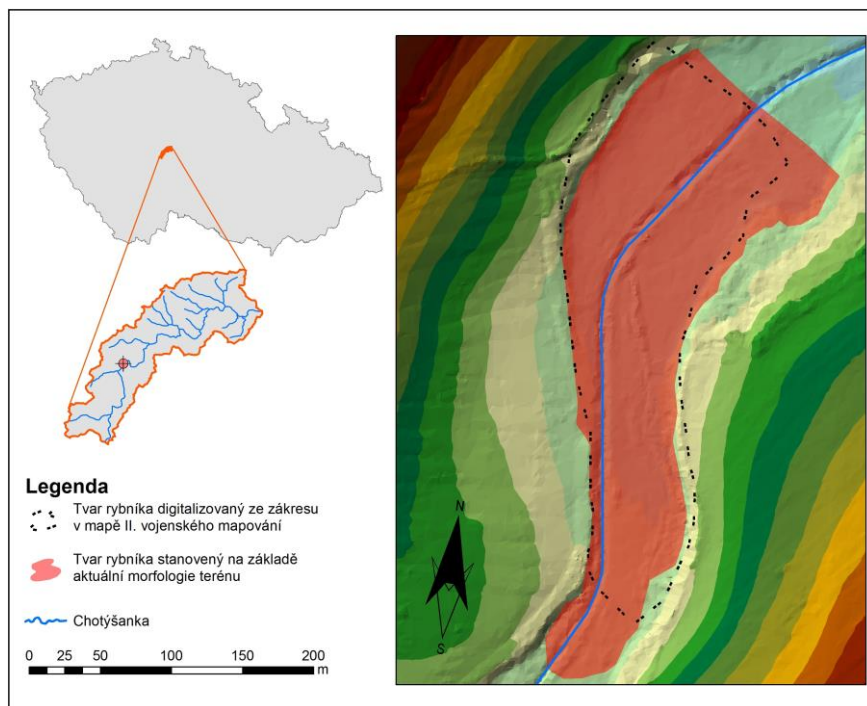
Tento příspěvek prezentuje analýzu území zaniklého rybníka Wozlitzer (Wozlicer) Teich na toku Chotýšanky zaměřenou na stanovení objemové charakteristiky, tj. závislosti úrovně hladiny a celkového objemu nádrže. Mimo to je zde prezentováno stanovení efektivnosti profilu s ohledem na současné technické požadavky. V obou případech je analýza založena na vyhodnocení podrobných výškopisných dat s využitím nástrojů GIS.

2 POPIS ÚZEMÍ

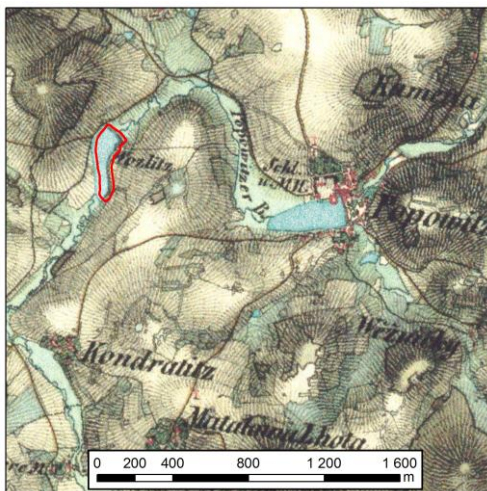
Zájmová lokalita se nachází v povodí Chotýšanky cca 50 km JV od Prahy na Benešovsku (viz Obr.). Nejbližší větší obcí jsou níže na toku položené Popovice, kde se na Chotýšance nachází Popovický rybník. Geologicky spadá území do Českého masivu. Z hlediska klimatických podmínek jde dle Quitta [2] o mírně teplý vlhký region označovaný MT4. Plocha povodí k profilu zaniklého rybníka činí 35 km².

V rámci historického vývoje lokality zaniklého rybníka došlo k řadě proměn, které dospěly až k současnému stavu, kdy jsou stopy po původním osídlení i nádrži patrné pouze při podrobnějším zkoumání. Lokalita byla osídlena zřejmě již ve čtrnáctém století, jelikož první zmínky o osídlení se datují do roku 1377 [3]. Na místě stála kamenná tvrz, která se nacházela na výběžku do vodní nádrže. V blízkosti tvrze na pravém břehu se vyskytovala i další obydlí. Od počátku patnáctého století spadá tvrz s přílehlými staveními pod obec Popovice.

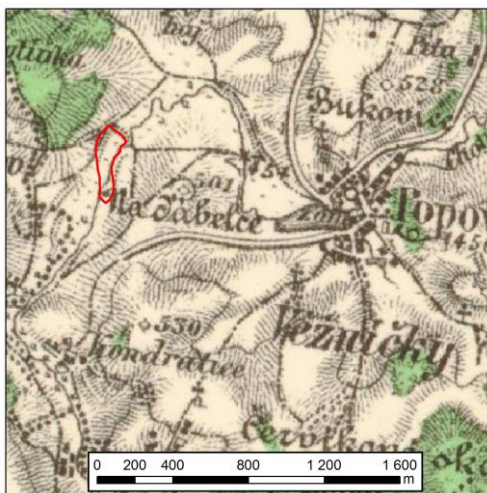
V první polovině šestnáctého století tvrz zpusťla. Na jejím místě byl v roce 1574 vystavěn dvůr s vesnicí, který je však již v roce 1630 opět uváděn jako zpusťlý. Jeho pozůstatky definitivně zmizely při regulaci toku po povodni v roce 1906. Samotný rybník nejspíše existoval asi do poloviny devatenáctého století, jelikož na mapách II. vojenského mapování, které probíhalo v letech 1819 až 1858 [4], je ještě patrný (viz Obr. 2). Z map je také patrné, že tvrz a později statek byly vodou obklopeny ze všech stran. Dá se tedy předpokládat, že rybník plnil z části i fortifikační funkci. Jeho zánik není v historických pramenech zachycen, na mapách III. vojenského mapování, které probíhalo v letech 1870 až 1883 [5], však již tato vodní plocha zachycena není (viz Obr. 3). Na těchto mapách je však ještě zaznamenána hráz. Lze tedy předpokládat, že hráz byla definitivně zrušena při regulaci toku na počátku dvacátého století.



Obr. 1. Zákres zátopy zaniklého rybníka digitalizovaný na podkladu map II. vojenského mapování a zákres korigovaný s ohledem na aktuální morfologii terénu v lokalitě.

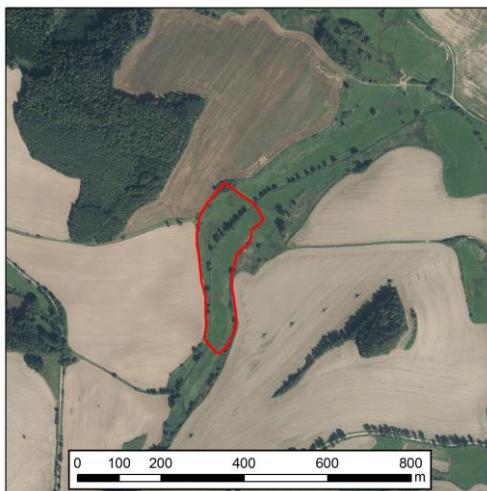


Obr. 2. Zákres zátopy zaniklého rybníka z databáze historických rybníků na mapě II. vojenského mapování.



Obr. 3. Zákres zátopy zaniklého rybníka z databáze historických rybníků nad mapou III. vojenského mapování, kde se již vodní plocha nenachází.

V současné době je tok Chotýšanky v celém úseku v zájmové lokalitě upraven a napřímen. Koryto má lichoběžníkový příčný profil se šířkou ve dně 1.2 m, sklony břehů cca 1:4 a průměrnou hloubkou 0.8 m. V celé ploše historické zátopy se v současnosti nachází trvalé travní porosty (viz Obr. 4).



Obr. 4. Zákres zátopy zaniklého rybníka z databáze historických rybníků nad ortofoto snímkem.

3 METODIKA A DATA

Analýzy prezentované v tomto příspěvku byly zpracovány s využitím dat pořízených metodami DPZ a nástrojů GIS. Podkladem pro stanovení historického rozsahu vodní nádrže byla mapa II. vojenského mapování.

3.1 Vstupní data

Polygon historické zátopy rybníka Wozlitzer Teich byl převzat z mapy historických rybníků zpracované v rámci výzkumného projektu NAZV KUS QJ1220233. Jedná se o polygonovou vrstvu vodních ploch zachycených na mapách II. vojenského mapování korigovanou s ohledem na polohu vodních ploch existujících do současnosti a s ohledem na morfologii [6].

Hlavním podkladem pro hodnocení byla výškopisná data Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR5G) poskytovaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK). Na základě těchto dat byl vytvořen digitální model terénu v podobě nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN). Ten byl vstupem pro další analýzy zaměřené na objemové charakteristiky nádrže a profil hráze potřebný pro odhad objemu hráze.

3.2 Analýza historické zátopy

I přes relativně vysokou přesnost map II. vojenského mapování a prostorové korekce prováděné na digitalizované vrstvě historických rybníků bylo nutno provést podrobnou analýzu zátopy historického rybníka především s ohledem na případné využití tohoto prostoru pro obnovu vodní nádrže či pro transformaci povodňové vlny. Je zřejmé, že území bylo v rámci úprav souvisejících s regulací toku do jisté míry upraveno. Taktéž došlo k úpravě místa, na kterém původně stála tvrz a následně statek. V tomto případě byly pravděpodobně odstraněny i základy a násep, na kterých se tyto stavby nacházely.

Prostor zátopy byl posuzován na základě současné morfologie. Hranice historického rozsahu vodní plochy byly vytvořeny tak, že kopírovaly vrstevnici s přihlédnutím k plošnému rozsahu zátopy zanesenému v mapě II. vojenského mapování. Předpokládaná poloha osy hráze byla stanovena podle zákresu v historické mapě, přihlédnuto však bylo také k tvaru terénu v tomto místě.

Pro stanovení čáry zatopených ploch byla použita procedura vycházející z nástroje *Surface Volume* (ArcGIS, 3D Analyst) a jeho opakované aplikace v rozsahu výšek od nejnižšího uvažovaného bodu zátopy po úroveň hladiny stanovenou s ohledem na původní rozsah zátopy a současnou morfologii. Vzhledem k tomu, že procedura byla plně zautomatizována, bylo možno provádět výpočet s poměrně malým výškovým krokem 0.1 m a dosáhnout tak přesnějšího popisu prostoru zátopy.

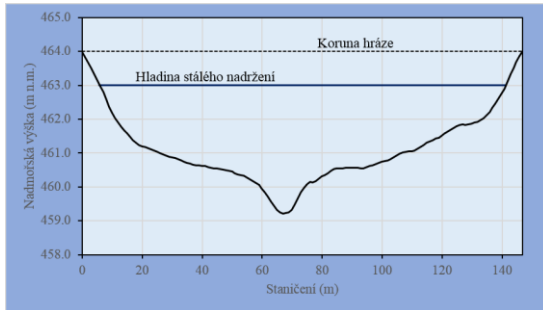
3.3 Analýza profilu hráze

V předpokládané ose původní hráze byl pro potřeby dalšího hodnocení vykreslen profil terénu s využitím nástroje *Stack Profile* (ArcGIS, extenze 3D Analyst). Profil byl vykreslen v rozsahu odpovídajícím převýšení koruny hráze o 1 m nad odhadnutou hladinu vody na kótě 463.0 m n. m. (viz Obr. 5). Výšky terénu byly odečítány v kroku o délce 1 m.

Pro potřeby stanovení objemu hráze byl předpokládán nulový sklon terénu ve směru kolmém na osu hráze a parametry hráze vyhovující v současnosti platným normám. Šířka koruny hráze byla uvažována 4 m a sklony návodního a vzdušního líce 1:3.7 a 1:2.2, což jsou minimální hodnoty doporučované normou [7] pro homogenní hráze a platí pro hlíny s nízkou až střední plasticitou a jíly s nízkou až střední plasticitou. Výpočet objemu hráze s danými parametry pak byl proveden na základě rovnice:

$$V_h = \sum_i \left(b \cdot h_i + \frac{1}{2} \cdot h_i^2 \cdot (m_n + m_v) \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot (l_{i-1} + l_{i+1}) \quad (1)$$

kde V_h je objem hráze (m^3), b je šířka koruny hráze (m), h_i je výška hráze nad terénem v i -tém profilu (m), $1:m_n$ je sklon návodního svahu hráze (-), $1:m_v$ je sklon vzdušního svahu hráze a l_{i-1} a l_{i+1} jsou vzdálenosti k předchozímu a následujícímu profilu (m).



Obr. 5. Profil terénu v odhadnuté ose původní hráze.

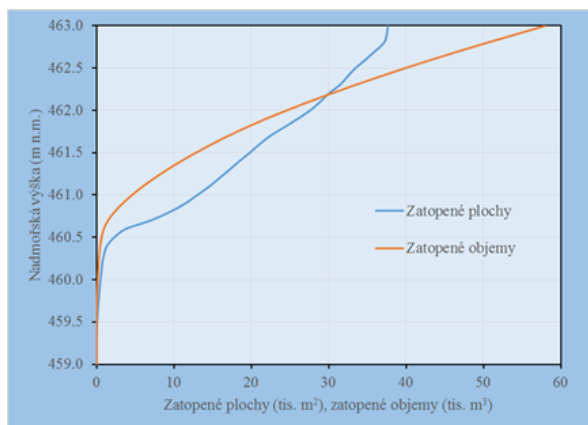
Pro prostor nádrže byla vypočtena hodnota objemového ukazatele zakotveného v normě ČSN 75 2410 [7]. Tento ukazatel slouží k orientačnímu posouzení efektivity malé vodní nádrže a stanovuje se na základě poměru:

$$\eta = \frac{V_z}{V_h} \quad (2)$$

kde η je objemový ukazatel (-), V_z je objem zásobního prostoru (m^3) a V_h je objem hráze (m^3). Jeho hodnota by neměla klesnout pod 4, dřívější znění normy uvádělo hodnotu 10 a vyšší jako optimální. I přes to, že tento ukazatel je definován pro potřeby posouzení malých vodních nádrží, lze jej samozřejmě jistým způsobem aplikovat i pro nádrže suché. Na tomto místě je však nutno zdůraznit, že v případě posuzování suchých nádrží má z hlediska efektivity mnohem vyšší vypovídací hodnotu transformační účinek, pro jehož stanovení je však nutno znát průběh návrhové povodňové vlny.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na základě objemové analýzy zátopy zaniklého rybníka Wozlitzer Teich byl zjištěn celkový objem $57\,967\,m^3$ odpovídající korigovanému rozsahu historické zátopy při uvažování současné morfologie tohoto prostoru, plocha zátopy činí 3.76 ha.



Obr. 6. Čáry zatopených ploch a objemů vykreslené s ohledem na historický rozsah vodní plochy a současnou konfiguraci terénu.

Celkový objem hráze stanovený na základě prezentovaného postupu a uvedených předpokladů činí $5\,803\text{ m}^3$. Hodnota objemového ukazatele pro určený objem zásobního prostoru a stanovený orientační objem hráze činí 9.99. Z tohoto pohledu se tedy jedná o profil, který je velmi vhodný pro vybudování nádrže. Nádrž by bylo možno využít buď pro zásobní účely v případě, že v budoucnu vzroste potřeba vody, nebo pro potřeby transformace povodňových průtoků, pokud by nádrž byla využívána jako suchá.

5 ZÁVĚR

Tento příspěvek se zabývá analýzou stavu území zaniklého rybníka a posouzením možnosti jeho obnovy či způsobu využití ve formě suché nádrže. Výsledky provedených analýz ukazují, že se jedná o nezanedbatelný prostor, který by mohl sloužit pro akumulaci vody či pro transformaci povodňové vlny. S ohledem na možnou zásobní funkci je možno celkový stanovený objem porovnat s hodnotou průměrného průtoku Chotýšanky v profilu Smikovského rybníka s plochou povodí 78 km^2 , tedy více než dvojnásobnou, než je plocha povodí rybníka. Hodnota průměrného průtoku zde činí $0.38\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Objem akumulárního prostoru tak odpovídá 42 hodinám průtoku v profilu s více než dvojnásobně velkým povodím. Hodnota stoletého průtoku v profilu Smikovského rybníka činí $42.4\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Při srovnání s objemem dostupného retenčního prostoru analyzovaného rybníka se jedná o průtok, který by v tomto prostoru mohl být zadržován beze zbytku po téměř 23 minut bez uvažování odtoku. Při uvažování méně než poloviční plochy povodí a možnosti

transformace povodňové vlny v nádrži je zřejmé, že i z hlediska povodní se u zaniklého Wozlitzer Teich jedná o významný objem.

Analýzy prezentované v tomto příspěvku jsou pouze předběžné. Podrobné analýzy budou následovat s využitím hydrologických údajů poskytovaných Českým hydrometeorologickým ústavem. Tyto analýzy jsou součástí širšího posuzování vybraných zaniklých rybníků v rámci výzkumného projektu NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR“. Širší posuzování je krom obnovy funkce vodní nádrže či využití pro transformaci povodňových průtoků orientováno i na další možné způsoby využití těchto specifických ploch. Posuzováno tak bude jak zemědělské využívání různého charakteru, tak revitalizační úpravy území. Vyloučeny z hodnocení nebudou ani kombinace jednotlivých způsobů.

Literatura

- [1] Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., & Kaspar, F. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change*, 2006, **75**(3), 273-299.
- [2] Quitt, E. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 1971.
- [3] *Kronika obce Popovice 1920-1960*. Digitalizovaná 2015.
- [4] Zimova, R., Pestak, J., & Veverka, B. Historical military mapping of the Czech lands—Cartographic Analysis. In: *International Conference on Cartography and GIS*, Borovets, Bulgaria, 2006.
- [5] Veverka, B., Čechurová, M. Georeferencování map II. a III. vojenského mapování. *Kartografické listy*, 2003, 11, s. 103-113.
- [6] Pavelková Chmelová, R., Šarapatka, B., Frajer, J., Pavka, P., Netopil, P. Databáze zaniklých rybníků v ČR a jejich současné využití. *Acta Environmentalica Universitatis Comeniae*, 2013, **21**(2), 87-98.
- [7] ČSN 752410 *Malé vodní nádrže*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 48 s.

Poděkování

Tento článek prezentuje výsledky řešení výzkumného projektu NAZV KUS QJ1220233 „Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR“ financovaného Ministerstvem zemědělství ČR“.

ZADRŽENÍ VODY A ŽIVIN V KRAJINĚ - PŘIROZENÁ FUNKCE A PODSTATA EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽEB RYBNÍKŮ

THE RETENTION OF WATER AND NUTRIENTS - INHERENT FEATURES
AND PRINCIPLES OF ECOSYSTEM SERVICES OF FISHPONDS

Jan POKORNÝ^{1,✉}, Libor Pechar^{1,2}, Marek Baxa¹

¹ENKI, o.p.s, Dukelská 145. 37901 Třeboň

²Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta,
Studentská 13, 370 05 České Budějovice

✉enki@enki.cz

Abstract

The oldest fish ponds were founded about 800 - 1 000 years ago; thus from the point of view of biocenoses and ecosystem development, this period has little significance. The origin of stagnant water biocoenoses (i.e. including fish ponds) needs to be looked for in older habitats such as alluvial pools, backwaters and fluvial lakes. Despite fishponds being artificial reservoirs, their management regime may have consequences that are very similar to that of the natural processes. Water level fluctuations and the periodical drying of fishponds, varying amounts of fish stock, varying supply of nutrients, are factors determining the condition of fishpond biocenoses. Thus fishpond environment does not differ much from the original localities and fishponds are basically similar to natural small shallow lakes. Integration of fishpond into landscape and high level of their natural features give the opportunity to provide important ecosystem goods and services:

- water retention in the landscape, which is important during drought periods, which will probably become more frequent during the current climatic changes

- fishponds also provide important water regulatory services as it was evident during the flood of August 2002

- located mostly in agricultural landscapes, fishponds thus can capture sediments and nutrients eroded from arable land, nutrients captured in plants and fish are removed through their harvesting

- as important elements of the landscape fishponds provide a biodiversity sustaining, cultural and social service

Fishponds represent a centuries-old and proven method of water retention in a cultivated landscape. However, finding a sustainable balance between the

economy of fish production, biodiversity, hydrological and other ecological functions of the fishponds is an important pressing issue.

Keywords

landscape, fishponds, ecosystem services, retention of water and nutrients

1 ÚVOD

Rybníky, ač uměle vytvořené a mladé vodní nádrže (nejvýše 1000 let), se blíží svým charakterem přírodním biotopům. Nejstarší rybníky byly u nás založeny asi před 800 až 1000 lety. Z hlediska vývoje biocenóz a ekosystémů je tento časový úsek prakticky bezvýznamný. Přesto jsou rybníky velmi podobné mnohem starším mělkým jezerům, jejichž biocenózy se formovaly v Evropě od posledního zalednění., tj. po dobu asi 10 000 – 20 000 let. To je dostatečně dlouhá doba pro formování stabilních společenstev a vytváření specifických vztahů, které jsou podstatou toho, co dnes vnímáme jako nenarušenou přírodu. Původ biocenóz stojatých vod (tj. jezerních i rybníčních) je třeba hledat v ještě starších lokalitách, jimiž jsou aluviální tůň, slepá ramena a poříční jezera. Aluviální tůň ("jezera") představují velmi proměnlivé vodní prostředí. Vlivem střídání povodní a delších období beze srážek v nich značně kolísá výška vodního sloupce, některé lokality mají vodu jen po část sezóny. Kontakt s řekou během povodní, možnost vysychání tůní, pravděpodobnost kyslíkových deficitů, např. pod ledem, jsou určující faktory pro přítomnost nebo absenci ryb v tůních. Stáří tůň, její okolí (les nebo louka), různé možnosti napájení vodou diverzifikují chemismus vody tůní a rozsah dostupných živin. Takto variabilní podmínky působily po celou dobu vývoje systému tůní a umožnily vznik druhů i celých společenstev, které jsou na takovou úroveň kolísání klíčových parametrů dobře adaptované. Z tohoto pohledu se prostředí rybníků od původních lokalit stojatých vod příliš neliší, a proto rybníky vykazují velkou míru přirozených ekologických vlastností. Tato skutečnost je důležitá nejen z hlediska fungování rybníční biocenózy, ale také pro velmi rychlé začlenění rybníků do složitých ekologických vazeb v krajině. Staletý proces integrace rybníků do hydrologického režimu a celkově do krajiny nebyl hospodářskou aktivitou člověka příliš ovlivňován až do konce minulého století. Výsledný stav, který byl zaznamenán koncem 19. stol. lze z ekologického hlediska právem považovat za výsledek přirozených přírodních procesů.

V průběhu minulého století a zejména v jeho druhé polovině došlo k závažným změnám v zemědělském hospodaření, včetně rybářství, které lze celkově označit jako intenzifikaci využívání produkčního potenciálu krajiny. Tradiční zemědělství mírného pásma je založeno na plodinách, které nesnášejí

zaplavení kořenů vodou. Zemědělec musí takovému zaplavení bránit odvodněním půdy. Na území České republiky bylo ve druhé polovině 20. století odvodněno trubkovou drenáží více než 1 milion hektarů zemědělské půdy, zahloubeno a narovnáno na 14 000km drobných vodních toků, vytvořeno na 11 000km odvodňovacích kanálů (z toho 4500 zatrubněno). V kombinaci s globální klimatickou změnou hrozí naší vnitrozemské zemědělské krajině častější sucha. Z odvodněných zemědělských polí odtéká voda o vysoké koncentraci rozpuštěných látek (kovů alkalických zemin a dalších živin), často i s vysokým obsahem nerozpuštěných látek (z eroze půd). Z jednoho hektaru odtéká za rok i několik set kilogramů rozpuštěného vápníku, draslíku a hořčíku. Celkového fosforu odtéká průměrně půl kilogramu za rok [1]. Labem ve Hřensku odtéká za rok na milion tun čistých alkálií [2]. "Zdravé" fungování krajiny lze hodnotit podle efektivity s jakou je udržována v krajině voda a do jaké míry jsou minimalizovány ztráty alkálií a živin, tj. N a P, odtékající vodou. Rybníky mají přirozený potenciál tyto funkce - ekosystémové služby - v kulturní krajině plnit. Je však zřejmé, že existují limity, jejichž dosažení znamená, že rybníky některé funkce ztrácejí a že dochází k jejich degradaci. Tyto limity lze dobře dokumentovat jednak historickým vývojem a jednak řadou příkladů ze současnosti.

2 VÝVOJ VODNÍCH NÁDRŽÍ OD OLIGOTROFIE K EUTROFII AŽ HYPERTROFII

2.1 Oligotrofní stadium

V oligotrofních vodách je růst fytoplanktonu a rostlin omezen nedostatkem živin. Průhlednost vody je vysoká a pouze rostliny schopné přijímat živiny svými kořeny ze sedimentu mohou v těchto podmínkách růst. Rostlinná biomasa je pouze u dna nádrže, růst fytoplanktonu je minimální, protože ve vodním sloupci je nedostatek živin. Hodnoty pH a koncentrace kyslíku se během dne a noci nemění. Ve vertikálním profilu, tedy od hladiny ke dnu jsou hodnoty pH i koncentrace kyslíku vyrovnané. Koncentrace kyslíku se pohybují okolo 100% nasycení; voda i povrch dna jsou tedy trvale prokysličený. Takový stav je typický pro velmi čistá severská jezera (tzv. lobeliiová jezera s rody *Littorella*, *Lobelia*, *Isoetes*). U nás se zachovaly oligotrofní nádrže jen výjimečně v horních částech převážně lesních povodí.

2.2 Dlouhodobé oligotrofní až mesotrofní stádium

Ve vodách s vyšším obsahem živin se vodní vegetace skládá z většího počtu druhů. Průhlednost vody dosahuje 2 metry i více a rostlinná biomasa je rovnoměrně rozmístěna od vodní hladiny ke dnu. Vrcholky prýtlů ponořených rostlin jen zřídka dosahují k vodní hladině, u některých z nich se tvoří vzplývavé listy. Druhá rozmanitost nárostů (perifytonu) na makrofytech a podobně rozmanitost bentosu v blízkosti jejich kořenů je též vysoká.

Koncentrace živin ve vodě zůstává nízká během celé sezóny a rozvoj planktonních řas je limitován nedostatkem živin. Stínění a spotřeba oxidu uhličitého perifytonem významně neomezuje růst ponořených makrofyt, neboť perifyton je ve velké míře požírán měkkýši, larvami hmyzu a rybami.

Koncentrace kyslíku ve vodě se přibližně rovná hladině nasycení vzduchem a nedochází k výrazným rozdílům mezi koncentracemi ve dne a v noci ani od hladiny ke dnu. Fotosyntetický příjem oxidu uhličitého jen málo ovlivňuje hodnoty pH, nedochází k výkyvům pH.

V tomto stadiu jsou živiny vázány v rostlinné biomase, ve vodě je živin málo, takže produkce rostlin je omezena nedostatkem živin ve vodě. V současné době jsou vodní nádrže tohoto typu vzácné, ale koncem 19. století se většina rybníků podobala současným mělkým mezotrofním a mírně dystrofním jezerům, jaká jsou např. v severovýchodním Německu a Polsku [3].

2.3 Počáteční stádium progresivní eutrofizace

Vyšší přísun živin do vodních nádrží působený jak přímou aplikací organických i minerálních hnojiv, tak vodou stékající ze zemědělských ploch i bodových zdrojů znečištění, vyvolává bujný růst makrofyt a jejich porosty houstnou. Biomasa rostlin se hromadí při vodní hladině a stíní hlubší vodu. Průhlednost vody se snižuje a dokonce i v nádržích mělčích než 1 metr nemusí intenzita slunečního záření pronikající na dno dostačovat pro fotosyntézu (nedosahuje světelného kompenzačního bodu fotosyntézy). Zatímco u hladiny převládá fotosyntéza (výdej kyslíku a příjem oxidu uhličitého), u dna převládá respirace (dýchání – spotřeba kyslíku a uvolňování oxidu uhličitého). Během dne, pokud nedochází k promíchávání vodního sloupce vzhledem k teplotním rozdílům mezi vodní hladinou (voda teplejší) a dnem (voda studenější), se vyvíjí gradienty koncentrace kyslíku a hodnot pH.

S pokračujícím přísunem živin se zmenšuje druhová rozmanitost vodních rostlin, avšak biomasa jejich porostů narůstá. Toto stádium je též charakteristické masovým rozvojem perifytonu, který potlačuje růst některých makrofyt. Rychlost dýchání celého společenství je vyšší než u předcházejících stádií, a proto u dna často vzniká nedostatek kyslíku. Rychlý rozklad organické hmoty u

dna je příčinou nízkých koncentrací kyslíku a uvolňování živin ze sedimentu. Vnitřní přísun živin ze sedimentu do vodní nádrže začíná hrát důležitou roli. Pokud je přítomná dostatečně silná rybí obsádka, která omezí velké druhy filtrujícího zooplanktonu, perlooček, dochází k rozvoji vegetačního zákalu, který je způsobený nárůstem biomasy fytoplanktonu. To znamená snížení průhlednosti vody a omezení ponořené vegetace. Důsledky pro vertikální zónaci v koncentracích rozpuštěného kyslíku a v pH jsou však stejné.

2.4 Eutrofní až hypertrofní stádium

Při vysokém zatížení živinami si rostliny konkurují o světlo a oxid uhličitý. Makrofyta jsou velmi často přerůstána rychle rostoucími vláknitými řasami, které zvyšují pH k hodnotám až 11. Jindy převládnu okřehky, které zcela zastíní vodní sloupec. Typické jsou husté porosty stolístku, které na podzim po odumření klesají ke dnu a mělké nádrže se rychle zazemňují.

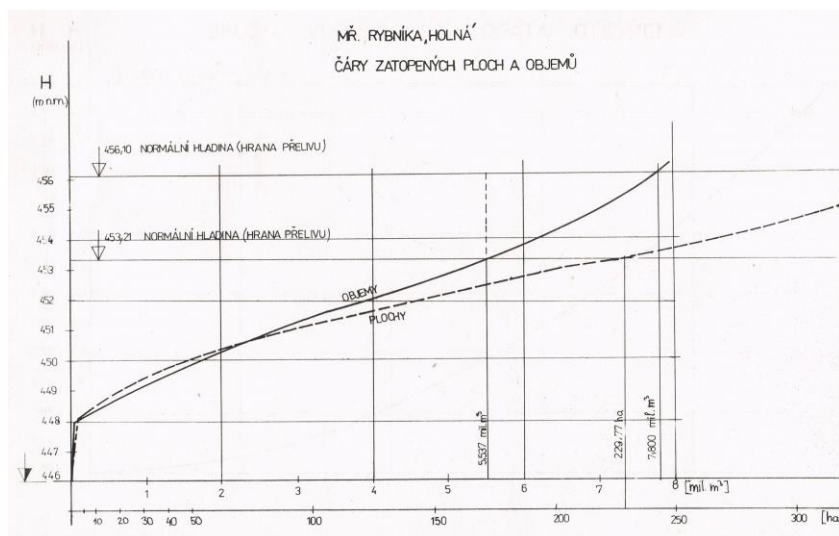
V podmínkách vysokého přísunu živin hraje rybí obsádka klíčovou roli jak pro rozvoj vodní vegetace, tak pro celou rybniční biocenózu. Nižší rybí obsádka (sezónní průměrná biomasa okolo 350kg/ha) nedokáže eliminovat velké dafnie. Vysoký predační tlak perlooček rodu *Daphnia* brání růstu řas a průhlednost vody je i přes značný obsah živin vysoká. Dobré světelné podmínky potom umožňují rozvoj makrofyt a může tak dojít k tzv. zdánlivé "oligotrofii": živiny jsou vázány v biomase makrofyt a koncentrace živin ve vodě je poměrně nízká. Přestože externí zátěž živinami je vysoká, makrofyta jsou schopna živiny využít a vázat v biomase. Hrozí ovšem náhlé uvolnění živin po odumření makrofyt na podzim. Velká rybí obsádka žracím tlakem eliminuje velký filtrující zooplankton (perloočky rodu *Daphnia*) a nastává intenzivní rozvoj fytoplanktonu. Těžší ryba navíc omezuje růst kořenujících makrofyt i mechanicky, rytím ve dně a zvyšuje tak i anorganický zákal. Maximální biomasa fytoplanktonu je zaznamenána zpravidla v druhé polovině léta, kdy velmi často sinice tvoří vodní květ [4].

3 RYBNÍKY TAK JAK JE ZNÁME – FUNKCE RYBNÍKŮ

3.1 Retence vody v krajině

Rybníky tvoří v několika oblastech velmi důležitou složku hydrologické sítě. Od počátků zřizování rybníků měly významnou vodohospodářskou funkci, zadržaná voda se využívala k pohánění vodních kol mlýnů, hamrů, při zpracování kovů, skla i pro pohon důlních čerpadel. Rybníky tvořily též součást opevnění, příkladem je v raném středověku založený rybník Vajgar v Jindřichově Hradci [5] nebo rybníky v Telči. Rybníky poskytují v naší

vnitrozemské krajíně velmi důležitou a někdy opomíjenou regulační službu. Na obrázku č. 1 je kopie záznamu z manipulačního plánu pro rybník Holná na Jindřichohradecku. Při normální hladině je objem akumulované vody (akumulační objem) 5,537 milionů m^3 při zatopené ploše 170 ha (kóta 453, 2 metry nad mořem), dosáhne-li hladina vody k přelivové hraně bezpečnostního přelivu (kóta 456,1 metry nad mořem), je zaplavena plocha 229,77 ha a celkový objem vody v rybníce je 7,8 milionů m^3 . V retenčním prostoru rybníka (nad normální hladinou) se tedy zdrželo 2,3 milionů m^3 vody. Rybník se rozlévá po své katastrální ploše, zaplavují se litorální porosty a nedochází ke škodám, které by vznikly na zaplavovaných plodinách.



Obr. 1. Záznam z manipulačního plánu rybníka Holná

Pozoruhodný je poměr mezi akumulacním a retenčním prostorem u našeho největšího rybníka Rožmberka: objem vody při normální hladině 5 milionů m^3 , objem vody retenční 14,2 milionů m^3 , povodňová retence 50 milionů m^3 . Využívá se rozlivu do mokřadů Mokřých luk u Třeboně, opět nedochází ke škodám na majetku a na plodinách. Správně konstruované rybníky mají tedy významnou retenční kapacitu a nelze je pokládat za pevnou plochu při hodnocení CN křivek.

Zásadní úloha rybníční krajiny s mokřady v zadržení vody se prokázala při srpnové povodni v roce 2002. Denní suma srážek tehdy překročila 100 mm několik dnů po sobě, průtok vody Vltavou v Praze byl stokrát vyšší nežli průtok průměrný a přesáhl 5000 $m^3 \cdot s^{-1}$. Několik čtvrtí bylo zaplaveno, zaplavené bylo i

metro a na 50 tisíc obyvatel muselo být rychle evakuováno. Škody by byly ještě větší, kdyby Třeboňská rybníční krajina nezadržela více než 100 milionů m³ vody, vrchol povodňové vlny Lužnice se tak zdržel o více než dva dny [6], [7].

3.2 Reakce rybníků na zvýšený přísun živin

Zvyšování intenzity rybářského hospodaření přináší zvýšený přísun živin, na který vodní nádrže reagují nárůstem primární produkce. Rybníční biocenóza přechází postupně od limitace živinami až k nadbytku živin a limitaci světlem a nedostatkem volného oxidu uhličitého. To jsou přirozené mechanismy, kterými se rybníky „snaží“ udržet svoje fungování, ale zároveň se může měnit jejich role v krajině a vliv na recipient směrem po proudu vody.

Krajina, stejně jako rybníky, je pod silným tlakem hospodaření. Do krajiny je dodáváno velké množství živin, které se dříve nebo později, přímo nebo zprostředkovaně (jako znečištění z výroby a sídel) dostávají do vodního prostředí. Nutné je též zdůraznit, že živiny se uvolňují z odvodněných půd při mineralizaci organických látek. Tuto situaci dobře dokumentují výsledky bilančních studií v povodí řeky Stör (Německo, tab 1., [8]). Ve druhé polovině minulého století dlouhodobě převyšoval přísun živin, zejména fosforu a alkálií, nad „vytěžením“ živin přes produkci ryb, případně přes sklizeň litorální vegetace nebo odbahněním. Tím došlo k vytvoření zásoby živin v sedimentech rybníčního dna i v litorálním substrátu.

Tab. 1. Srovnání odnosu látek z povodí řeky Stör (Německo, data představují rozsah hodnot zjištěných pro 7 dílčích povodí) a přísunu látek atmosférickou depozicí.

Povodí	Plocha povodí (km ²)	(kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)						
		Celkové rozpuštěné látky	SO ₄ ²⁻	Ca	K	Mg	Total N	Total P
Stör	605,57	831-1718	147-338	195-394	13,1-37,6	13,1-33,2	10,7-54,4	0,49-1,40
Atmosférická depozice		161	46,8	7,64	5,36	3,34	21,6	0,59

Jestliže rybníky mají ve většině případů velkou živinovou zátěž, znamená to, že mají tendenci k tvorbě velké biomasy fytoplanktonu, vláknitých řas a dalších makrofyt. Za této situace je třeba, aby tato produkce byla racionálně využita v hospodářském cyklu, tj. aby dodané živiny byly zpětně vytěženy v rybách, rostlinné biomase apod. To však předpokládá přiměřenou strukturu planktonu a bentosu, která umožní efektivní přenos látek a energie od primárních producentů

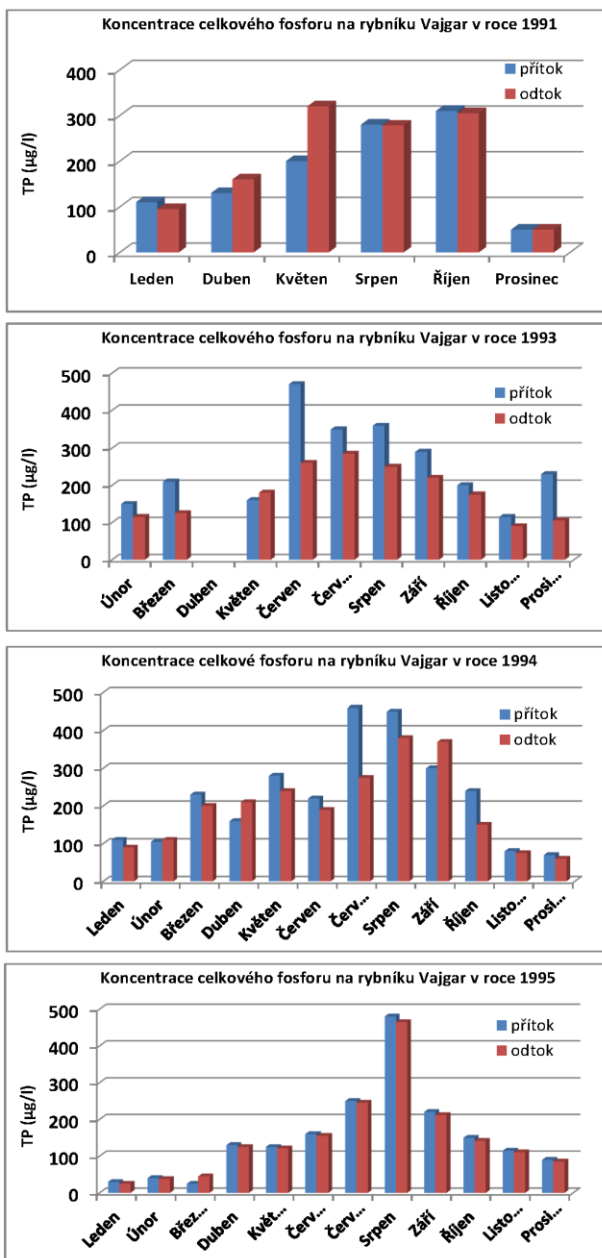
do ryb. V hypertrofních rybnících s nadměrným rozvojem řas a sinic k takovému efektivnímu přenosu nedochází, koloběh látek se zkracuje v tzv. bakteriální smyčce a symptomy nadměrné eutrofizace se prohlubují. Přičemž klíčovým prvkem, který rozhoduje o stavu rybníčních biocenóz je nepochybně fosfor.

3.2.1 Fosfor

Často diskutovanou otázkou posledních let je, za jakých podmínek rybníky zadržují fosfor a za jakých fosfor uvolňují. Zásadní úlohu v dynamice fosforu hraje sediment. V aerobním sedimentu se fosfor váže, v anaerobním sedimentu se uvolňuje.

Proměna „zdroje fosforu“ na „past“ je zdokumentována na rybníce Vajgar v Jindřichově Hradci. Rybník Vajgar je průtočný s velkým povodím o rozloze více než 200 km² a po celá desetiletí nebyl vypouštěn. Enormní přísun živin a organických látek vytvořil silnou vrstvu sedimentů, kde během teplé poloviny roku pravidelně nastávaly anaerobní podmínky. Rybník už v dubnu měl vyšší koncentrace fosforu na výtoku nežli na přítoku. Byl to následek typického uvolňování fosforu z otepleného anaerobního sedimentu. Koncentrace na přítoku byla 0,2mg, koncentrace na výtoku byla 0,32 mg. Po odbahnění rybníka v letech 1991 - 1992, přesněji po selektivním odstranění anaerobní eutrofní vrstvy sedimentu, byly koncentrace fosforu na vtoku zřetelně vyšší, nežli na výtoku (Obr. 2). Aerobní sediment vázal fosfor. Rybník Vajgar po odtěžení zadržoval v letních měsících okolo 10 kg P na hektar za měsíc [9].

Rybníky jsou považované za řízené ekosystémy (managed ecosystem). Hospodařící rybáři mají možnost ovlivnit hydrologický režim většiny rybníků, přísun živin z krmení ryb a z hnojení a především velikost a složení rybí obsádky. Tyto faktory do značné míry určují, jak se bude celý rybníční ekosystém chovat a zda může poskytovat předpokládané ekologické služby. To, co rybáři ovlivnit nemohou, je enormní nekontrolovaný přísun živin a organických látek z povodí. Jen částečně mohou ovlivnit rozsah uvolňování fosforu ze sedimentů, které v rybnících vznikaly desítky let. Pokud budeme uvažovat jen produkci ryb, potom odlovení 1000kg z ha odstraní 7kg fosforu (biomasa ryb obsahuje 0,7% P v čerstvé hmotnosti). Pokud by byla sklížena rostlinná biomasa, při roční produkci 10 tun sušiny na hektar a obsahu fosforu 0.35% se odstraní 35kg fosforu z jednoho hektaru. Podaří-li se nastavit rovnováhu mezi přísunem živin (především fosforem) a produkcí (tj. zpětné vynesení fosforu z rybníčního ekosystému), pak rybníky budou poskytovat kromě produkce i ostatní ekologické funkce.



Obr. 2. Grafy koncentrací TP na přítoku a odtoku rybníka Vajgar v letech 1991 (před odbahněním), 1993, 1994 a 1995.

4 ZÁVĚR

Rybniční ekosystémy vykazují vysokou míru přírodě blízkých rysů a jejich fungování je velmi podobné přirozeným mělkým jezerům. To jsou vlastnosti, které umožňují, aby obhospodařované rybníky, které si zachovávají přirozené funkční a regulační mechanismy, poskytovaly v zemědělské, kulturní krajině následující mimoprodukční funkce, čili ekosystémové služby [10].

- Recyklace živin v potravním řetězci a jejich odstranění z ekosystému (stripping) se sklizenou biomasou mokřadních rostlin a s odlovenými rybami.
- Vyrovnávání extrémů místního klimatu krátkým oběhem vody: výpar z vodní plochy a evapotranspirace litorální vegetací s následnou kondenzací vodní páry v chladné atmosféře nebo na chladných plochách při zemi [11].
- Centra bohatosti a diverzity druhů živočichů a rostlin přizpůsobených k mokřadnímu prostředí. Nadměrná úživnost (eutrofie, hypertrofie) rybníků často biodiverzitu snižuje.
- Rybníky nezátížené nadměrným množstvím živin (z povodí, nadměrným hnojením nebo krmením) se využívají pro rekreaci tj. plavání a další vodní sporty. Jiné pro sportovní rybolov nebo pozorování ptáků.
- Positivní estetický vliv na krajinný ráz. Podle Zákona na Ochranu přírody a krajiny (114/92 Sb.) jsou všechny rybníky důležitým krajinným prvkem.
- Hlavní socio-ekonomickým přínosem (službou) rybníků je zaměstnanost spojená s rybářstvím, údržbou krajiny a poskytováním služeb pro návštěvníky turisticky a rekreačně atraktivních míst.
- V neposlední řadě, rybníky jsou ekosystémy vhodné pro vědecký výzkum, poznání a výchovu o struktuře a funkci mokřadů a jejich bioty.

Z holistického hlediska, tedy z hlediska celkového hospodaření v kulturní krajině, by bylo výhodné zdůraznit a rozvíjet ekosystémové funkce rybníků a podporovat rybniční hospodaření směřující k recyklaci živin v daném povodí, zlepšování kvality vody a setrvalému hospodaření v povodí. Rybníky by měly být pojímány jako nutná integrální část zemědělské krajiny.

Literatura

- [1] RIPL, W. 2003. Water: The Bloodstream of the Biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 358: 1921–1934. doi:10.1098/rstb.2003.1378
- [2] POKORNÝ, J., ČEŘOVSKÁ, K., MACÁK, M. AND PECHAROVÁ, E. (2003): Matter losses from large catchment expressed as acidification

- how much does acid rain cause? In: *Vymazal J. (ed.), Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 293–306.
- [3] PŘÍKRYL, I., 1996. Historical development of Bohemian fishpond management and its reflection in zooplankton structure (A possible criterion of biological value of ponds). In: Flajšhans, M. (ed.), 1996. *Proceedings of Scientific Papers to the 75th Anniversary of Foundation of the Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology*, pp.153 - 166. ISBN 80-85887-04-5. Res. Inst. for Fish Cult. and Hydrobiol., Vodňany.
- [4] PECHAR, L., PŘÍKRYL, I., FAINA, R., 2002. Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of nineteenth century. In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L. (eds.), *Freshwater Wetlands and their Sustainable Future. A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic*, pp. 31–62. UNESCO, Paris, and Parthenon Publishing, Boca Rayton.
- [5] JANKOVSKÁ V., POKORNÝ J. (2002): Palaecology of a medieval fishpond system (Vajgar, Czech Republic). *Folia Geobotanica*, 37: 253-273.
- [6] LHOTSKÝ, R., 2010. The role of historical fishpond systems during recent flood events. *J. Water Land Dev.*, 14: 49–65.
- [7] POVODÍ VLTAVY, 2003. *Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002. (Comprehensive Report on the Flood of August 2002.)*. Vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, s.p., Praha. In Czech.
- [8] RIPL, W, HILDMANN, C., 2000. Dissolved load transported by rivers as an indicator of landscape sustainability, *Ecological Engineering*, Volume 14: 373-387.
- [9] POKORNÝ, J., HAUSER, V. 2002. The restoration of fish ponds in agricultural landscapes. *Ecological Engineering*, 18: 555-574.
- [10] POKORNÝ, J., KVĚT, J, in press, Fishponds in the Czech Republic, *Wetland Encyclopedia*, Springer, ed. M. Finlayson
- [11] GEIGER, R., ARON R.H., TODHUNTER P., 2009. *The Climate near the Ground*, 7th ed. 642 pp.- Rowman and Littlefield Publishers, Inc., Lanham, USA.

RETENCE ŽIVIN V RYBNÍCÍCH JAKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PRO ZLEPŠENÍ KVALITY VODY V POVODÍ

NUTRIENTS RETENTION IN FISHPONDS AS AN EFFECTIVE TOOL FOR
BETTER WATER QUALITY IN RIVER BASIN

Jan POTUŽÁK^{1,✉}, Jindřich Duras²

¹*Povodí Vltavy, státní podnik, Vodohospodářská laboratoř, Emila Pittera 1,
370 01, České Budějovice*

²*Povodí Vltavy, státní podnik, Oddělení plánování v oblasti vod, Denisovo
nábřeží 14, 304 20, Plzeň
✉Jan.Potuzak@pvl.cz*

Abstrakt

Fishponds exhibit naturally high retention potential of phosphorus and nitrogen coming in them from non-point, diffusion, small point sources and also from fishery management. Results of a mass balance monitoring (esp. of total phosphorus – TP and total nitrogen - TN) of nine large fishponds (60 – 449 ha) during 2010 – 2014, showed high nitrate retention (>80%) and both negative (P release) and positive (P trapped) retention of TP. Conditions for nutrient retention in fishponds are discussed in terms of hydrology (retention time, water depth, bottom/surface water outflow), sediment quality (aerobic, anaerobic), management measures (fertilizing, feeding, fish stock), fish harvest (how to prevent transport of suspended solids). High amounts of TP, TN and other nutrients are deposited in fishpond sediments and could be exploited in agriculture what means that nutrient cycle could be closed in small river basins. This concept could bring better quality of surface waters, decrease of water reservoirs infilling and also elimination of nutrients and soil particles loss from agricultural landscape. Nutrient recycling belongs to fishponds important ecological functions and is necessary for effective landscape management.

Keywords

fishponds, nutrients, retention, ecosystem services

1 ÚVOD

Rybníky jsou běžným prvkem naší krajiny. Nacházejí se v lesích, mezi poli, v hustě osídlené krajině i ve městech. Početnost rybníků v naší krajině je vysoká. Jejich počet se odhaduje na 24 000 s celkovou plochou přibližně 51 800 ha [1]. Jiné odhady hovoří až o zhruba 32 000 rybníků [2].



Rybníky mohou kromě všeobecně známé funkce rybochovné plnit i řadu dalších celospolečensky významných funkcí. Jednou z nich je retenční funkce živin a látek, které se do rybníků dostávají z bodových, plošných a difúzních zdrojů či z rybářského obhospodařování.

Jediným objektivním nástrojem pro posouzení živinové retenční funkce rybníků je stanovení jejich živinových bilancí. Pokud zapátráme v historii, zjistíme, že donedávna existovaly údaje o látkové bilanci pouze u několika málo rybníků, a to ze 70. let minulého století [3]. Proto i úvahy o vlivu rybníků na jakost vody byly obvykle založeny na nepočtených údajích koncentračních, čímž byly tyto úvahy často silně spekulativní.

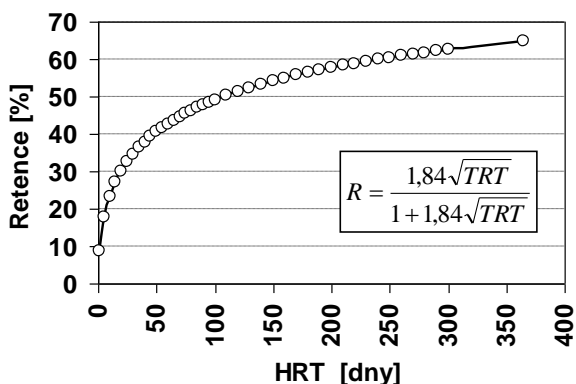
Tab. 1. Základní hydrologické parametry bilančně sledovaných rybníků v letech 2010 – 2014 (HRT – teoretická doba zdržení vody).

Lokalita	Období monitoringu	HRT [dny]	Vodní plocha [ha]	Objem [10^3 m^3]	Prům/max hloubka [m]
Rožmberk	2010 - 2014	16 - 24	449	5 953	1,2/4,1
Horusický	2012 - 2013	84 – 230	415	3 970	1,0/6,0
Staňkovský	2011	96	246	6 330	2,6/10,0
Dehtář	Od 2010	146 - 445	228	4 713	2,4/6,0
Labuť	2012 - 2014	91 - 146	100	1 873	1,8/5,0
Hejtman I	2011	17	80	1 460	1,8/6,0
Ratmírovský	2012 - 2013	15	78	1 300	1,7/6,0
Hejtman II	2012	19	68	1 600	2,3/6,0
Buzický	Od 2012	24 - 61	60	900	1,3/4,0

Při zpracovávání podkladů pro první etapu Plánů oblastí povodí a v konkrétní podobě například při zpracovávání projektu Revitalizace nádrže Orlík bylo zřejmé, že absence dat o látkových bilancích rybníků je významným nedostatkem [4]. V případě silně eutrofních až hypertrofních rybníků, které jsou zdrojem fosforu a inokula sinic pro níže ležící vodní nádrže, byla situace dlouho nejasná. Jako viníci vysokých koncentrací fosforu na odtoku z rybníků byli označováni produkční rybáři (hnojení, krmení), kteří ale poukazovali na zemědělce (eroze, splachy hnojiv) a obce (odpadní vody). V povodích bohatých

na rybníky a jejich soustavy (např. povodí Lužnice a Lomnice v povodí eutrofizované nádrže Orlík) tak byla situace v zásadě neřešitelná. Jediným možným přístupem bylo získat doposud chybějící data o látkových bilancích rybníků. Proto byl od roku 2010 monitoring jakosti povrchových vod realizovaný státním podnikem Povodí Vltavy zaměřen tímto směrem. Pozornost byla soustředěna primárně na ty rybníky, které byly samostatnými vodními útvary, jež bylo nezbytné hodnotit v souvislosti s implementací tzv. Rámcové směrnice o vodách.

Do současnosti bylo živinově bilanční sledování provedeno na 9 významných jihočeských rybnících (Tab. 1). V rámci tohoto monitoringu bylo realizováno také sledování několika menších rybníků, které mělo za cíl posoudit úlohu drobných vodních nádrží a rybníků v zachycování živin a přispět tak k rozvinutí celkové koncepce využití rybníků v recyklaci živin a látek v malých povodích. Popis a postup živinově - bilančního monitoringu lze nalézt např. v publikacích [5][6].



Obr. 1. Vztah mezi teoretickou dobou zdržení (dny) a retencí celkového fosforu (%) [8].

2 VÝPOČET RETENCE A CELKOVÝ PŘÍSTUP K BILANCI ŽIVIN V RYBNÍCÍCH

Rybníky a nádrže obecně mají přirozenou schopnost retence živin. Zadržování fosforu ve vodní nádrži určuje zejména teoretická doba zdržení vody (HRT) [7][8]. Graf na Obr. 1 ukazuje závislost mezi teoretickou dobou zdržení vyjádřenou ve dnech a retencí fosforu v procentech přísunu. Z průběhu křivky je patrný počáteční strmý nárůst retence, což znamená, že i silně průtočné

rybníky s teoretickou dobou zdržení dva až tři týdny (např. Rožmberk, Ratmírovský, Hejtman I, II) mohou zadržovat kolem 30 % fosforu, který do nich vstoupí z povodí. Z toho vyplývá, že i průtočné rybníky mohou významně ovlivňovat koncentraci hlavního eutrofizačního prvku – fosforu v níže ležícím povodí, a tedy v důsledku i přítomnost sinicového vodního květu v níže situované přehradní nádrži.

U rybníků, kde jsou látkové toky ovlivňovány hospodářskými zásahy, je třeba rozhodnout, jak k hodnocení živinové bilance (zejména pak fosforu) přistupovat. Možné postupy pro výpočet bilance celkového fosforu rybníků uvádí [5][6].

Hodnocení dat získaných bilančním monitoringem rybníků není jednoduchá záležitost. Komplikováno může být například:

- víceletým hospodářským cyklem, kdy navíc v průběhu jednoho cyklu může být ryba dosazována nebo odlovována, v jednotlivých letech se liší i intenzita krmení a hnojení, někdy i výška hladiny, tedy i objem vody a teoretická doba zdržení vody v rybníce;
- strojením (vypouštění) a následným výlovem rybníka, který obvykle znamená v exportu látek z rybníka položku zásadního významu, ale probíhá až na konci víceletého cyklu hospodaření a je obtížné látkový tok kvantifikovat;
- naháněním (napouštění) rybníka po výlovu, které v případě velkých rybníků s hydrologicky málo vodním povodím může v principu znamenat, že velkou část vegetační sezóny z rybníka žádná voda neotéká, což má významný (často pozitivní) vliv na celkovou živinovou retenci;
- nárazovým vstupem látek, a to jak erozního materiálu tak živin a sedimentů z vypouštění jiného rybníka nebo látek pocházejících z odlehčení kanalizačních řadů či ČOV;
- povodňové stavy, které u průtočných rybníků mohou znamenat výrazné zkrácení teoretické doby zdržení, a tím například i snížení celkové fosforové retence.

Rybníky jsou člověkem vybudované vodní ekosystémy, které primárně slouží k chovu ryb. Ten se řídí určitými pravidly a postupy, na které při bilančním hodnocení musíme brát zřetel. V principu není tedy úplně korektní přistupovat k hodnocení živinové retence rybníků stejně, jako je tomu například u mělkých jezer či přehradních nádrží. Zde se pracuje převážně s roční retencí živin (leden – prosinec), při relativně stabilní úrovni hladiny. V případě rybníků je objektivnější posuzovat retenci v rámci celého hospodářského cyklu. Zjednodušeně řečeno: od ukončení jednoho výlovu do ukončení druhého výlovu.

V případě rybníků, které jsou obhospodařovány tzv. dvouhorkovým způsobem (období mezi výlovy trvá zhruba dva roky) může být někdy účelné porovnávat vzájemně retenci za jednotlivá horka (neodpovídá kalendářnímu roku). I v tomto případě bychom však měli respektovat rozložení hospodářského cyklu, kdy rok nezačíná lednem, ale měsícem po výlovu.

3 RETENCE FOSFORU A DUSÍKU V RYBNÍCÍCH

3.1 Hlavní výsledky

Hlavní výsledky, které byly získány v rámci bilančního monitoringu 9 velkých jihočeských rybníků v letech 2010 – 2014, ukázaly, že rybníky se významným způsobem podílejí na transformaci fosforu a dusíku.

Tab. 2 a Tab. 3 sumarizují výsledky retencí celkového (Pc) a rozpuštěného fosforu (Pr), celkového dusíku (Nc) a jeho anorganických forem. Retence je vyjádřena jak v procentech tak i absolutním množstvím (tuny). Obrázek 2 znázorňuje porovnání mezi reálně zjištěnou retencí celkového fosforu a retencí potenciální, vypočítanou na základě teoretické doby zdržení [8].

Absolutně nejvyšší množství celkového fosforu zadržel rybník Buzický, a to i přes vysoký roční specifický přísun fosforu ($8,6 - 9,3 \text{ g m}^{-2}$) a přes svůj silně hypertrofní charakter. Buzický rybník leží pod městem Blatná a je do něj sveden odtok z čistírny odpadních vod (ČOV), která není vybavena technologií na odstraňování P. Současně je do rybníka svedeno i odlehčení kanalizační sítě, které vlivem špatného technického stavu často odlehčuje i průběhu bezdeštného období. Vstup Pc z Blatné představuje asi 80 % celkového zatížení rybníka tímto prvkem [9]. Na příkladu rybníka Buzický je také možné ukázat, že vhodně zvolená intenzita rybářského hospodaření (úměrná ve vztahu k množství živin, které do rybníka vstupují) se zřejmě pozitivně projevuje na bilanci celkového fosforu.

Naopak příkladem rybníka, kde byla zjištěna prakticky nulová retence Pc za hospodářský cyklus, byl rybník Dehtář (Tab. 2, Tab. 3, Obr. 2). Negativní vliv na retenci Pc má na tomto rybníce zejména jeho morfologie a intenzita rybářského hospodaření. Dehtář je poměrně hluboký rybník a snadno se zde vytváří teplotní a kyslíková stratifikace, přičemž u dna se hromadí sloučeniny P. Ty jednak přecházejí do odtoku (část vody je odpouštěna spodní výpustí), a jednak po promíchání celého vodního sloupce obohacují i povrchové vrstvy vody a P odtéká přelivem. Negativně se na retenci fosforu podílí také vysoký specifický vnos P s krmením a zejména pak hnojením, který byl nejvyšší ze všech studovaných rybníků (první horko 2011 – krmení $0,48 \text{ g m}^{-2}$, hnojení $0,26 \text{ g m}^{-2}$; druhé horko 2012 – krmení $0,77 \text{ g m}^{-2}$, hnojení $0,48 \text{ g m}^{-2}$). Živiny a organická

hmota, která je dodána ve formě organického hnojení není dle našeho názoru z velké části realizována v potravním řetězci a její nadměrná aplikace může naopak přispívat k prohloubení problému s kyslíkovým režimem, který negativně ovlivňuje i retenci fosforu a dusíku [10].

Rekreačně využívané rybníky Staňkovský a Hejman I leží nedaleko Chlumu u Třeboně a nejsou využívány k produkčnímu chovu ryb. Probíhá zde pouze sportovní rybolov. Rybník Staňkovský patří mezi naše nejhlubší rybníky (u hrázového tělesa má hloubku kolem 10 metrů). Rybník je v průběhu vegetační sezóny stabilně teplotně stratifikován, u dna panují výrazně anaerobní podmínky (H_2S). Nebylo však prokázáno významnější uvolňování fosforu ze sedimentu [11]. Důvodem je pravděpodobně skutečnost, že v sedimentech Staňkovského rybníka je fosfor vázaný převážně v komplexech s hliníkem a v těžko rozložitelných organických látkách. Tyto vazby nejsou redox labilní, jako je tomu v případě vazby P-Fe, a tudíž zůstávají stabilní i v anoxických a anaerobních podmínkách. Uvolňování P ze sedimentu tak zásadní měrou neovlivňuje fosforovou bilanci a to ani při stálém odtoku spodní vody. Podobná situace s vazbou P v sedimentech je i v níže ležícím rybníce Hejman I (Chlum u Třeboně). Oba rybníky mají ještě společný poměrně nízký přísun P přítoky, ale liší se výrazně v době zdržení vody (Hejman I je silně průtočný – HRT = ~17 dní, Staňkovský – HRT = ~ 96 dní). Rybníky Staňkovský a Hejman I se vyznačují tím, že u nich byla zjištěna retence P_c vyšší či přibližně rovná retenci potenciální (Tab. 2 a Tab. 3). Oba rybníky jsou důkazem, že i při nízkém přísunu P_c a při nízké úživnosti vody (Staňkovský P_c 0,025 - 0,035 $mg.l^{-1}$ a Hejman P_c 0,030 - 0,050 $mg.l^{-1}$) může docházet k vysoké retenci P. I v povodích s nízkým transportem P se mohou rybníky uplatnit jako protieutrofizačně působící prvky.

Rožmberk je silně průtočný rybník s historicky obrovskými vstupy P i organických látek z velkochovu prasat R.A.B a ČOV Třeboň. Látková bilance P byla mírně negativní, přičemž ale rozdíl za dvouletí 2011 - 2012 mezi reálně zjištěnou a potenciální retencí P činil ~11,0 t. To je množství, které je už samo o sobě významné i z pohledu eutrofizace níže ležící nádrže Orlík. Rybářské hospodaření se na negativní bilanci významně nepodílí (1 - 3 % látkového toku), ale lze zde do jisté míry uvažovat o přetrvávajícím zatížení uvolňujícím se ze sedimentů, případně nezcela podchyceným vstupem nečištěných odpadních vod z města Třeboň do jednoho z přítoků rybníka Rožmberk (odlehčení ČOV, nečištěné OV ze staré zástavby atd.). Významný vliv mají i úniky usazenin při výlovu, přestože je prováděno pravidelné odbahňování loviště (sediment je ale čerpán z loviště do jiné části rybníka).

Zajímavá je situace rybníka Labuť na Kostrateckém potoce. Jedná se o rybník poměrně málo zatížený vstupem P z povodí a se zjištěnou negativní bilancí P_c (-15 % oproti potenciální ~44 %) (Obr. 2). Pokud odečteme únik P_c

při výlovu a odtokem spodní vodou během vegetační sezóny, zůstane stále ještě reálná retence Pc v průměru zhruba na polovině retence Pc odpovídající době zdržení vody. Rybník se i přes nízké zatížení Pc a poměrně dlouhou dobu zdržení vody choval eutrofně až mírně hypertrofně (za vegetační sezónu 2013/2014 průměrná koncentrace Pc 0,130/0,140 mg.l⁻¹ a chlorofylu_a 61/82 µg.l⁻¹). Hodnocení dat stále ještě probíhá, ale předběžně se lze domnívat, že hlavní příčinou nízké retence Pc byla intenzita rybářského hospodaření, která nebyla přiměřená aktuálnímu vstupu Pc (hospodaření bylo intenzivnější než přirozená dispozice rybníka, a tak působilo významně pro-eutrofizačně).

Jednohorkově obhospodařované silně průtočné a vysoce eutrofní rybníky Ratmírovský a Hejtman II (u Strmilova) vykazovaly mírný záchyt Pc (retence 6 a 10 %). Nízká účinnost retence Pc (ve srovnání s retencí potencionální) byla způsobována jednak každoročním únikem Pc se sedimentem při výlovu a jednak odtokem vody se zvýšenou koncentrací Pc ode dna rybníků (Obr. 2).

Tab. 2. Reálná retence (%) celkového (Pc) a rozpuštěného fosforu (Pr), celkového (Nc) dusičnanového (N-NO₃) a amoniakálního dusíku (N-NH₄) zjištěná na studovaných rybnících v letech 2010 – 2014.

Rybník	Hospodářský cyklus	Pc [%]	Pr [%]	Nc [%]	N-NO ₃ [%]	N-NH ₄ [%]
Rožmberk	2010 - 2012	-7	50	6	44	-
Horusický	2011 – 2013	32	59	55	89	31
Staňkovský	2011	66	63	46	58	-16
Dehtář	2010 - 2012	0	57	9	90	-
Labuť	2012 – 2014	-15	28	29	39	0
Hejtman I	2011	30	35	10	16	50
Ratmírovský	2012 – 2013	6	18	17	22	36
Hejtman II	2011 – 2012	10	30	11	19	29
Buzický	2011 - 2013	47	78	57	72	78

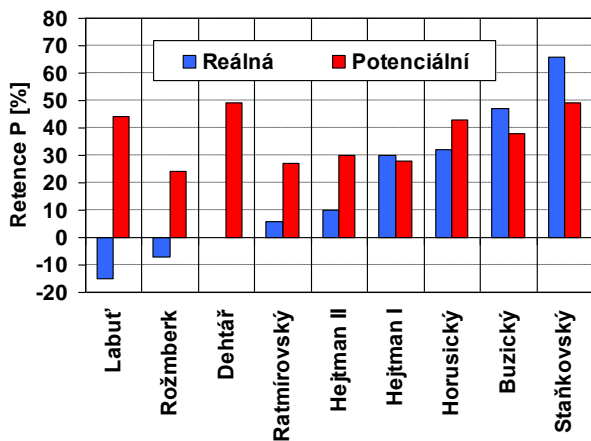
V případě celkového rozpuštěného fosforu (Pr) vykázaly všechny ze studovaných rybníků pozitivní retenci (rozpuštěný fosfor zadržovaly). Retence se pohybovala v rozmezí od 18 do 78%. Absolutně nejvyšší množství rozpuštěného fosforu zadržel rybník Rožmberk (7,70 t). Důvodem byla pravděpodobně vysoká

míra asimilace fytoplanktonu, který velkou část vstupujícího rozpuštěného fosforu navázal do své biomasy. Naopak nejnižší množství Pr zadržel rybník Labuť (0,17 t). Jedním z důvodů (obdobně jako u Pc) byla nízká úroveň vstupu rozpuštěného fosforu z povodí.

V případě celkového resp. dusičnanového dusíku se prokázalo obecně známé tvrzení, že rybníky fungují jako „efektivní denitrifikační stanice“. V případě rybníka Dehtář dosahovala retence dusičnanového dusíku až 90%. Nejnižší retenci dusičnanového dusíku vykázal naopak rybník Hejtman I. Důvodem byl celoročně nízký vstup dusičnanového dusíku, kdy rybník v zásadě neměl co odstraňovat. Nad rybníkem Hejtman I leží rybník Staňkovský, z kterého trvale odtékala pouze „spodní voda“, která po většinu vegetační sezóny obsahovala prakticky nulové koncentrace dusičnanového dusíku. Negativně se tento fakt projevil u retence amoniakálního dusíku (Tab. 2 a Tab. 3).

Tab. 3. Reálná retence (tuny) celkového (Pc) a rozpuštěného fosforu (Pr), celkového (Nc) dusičnanového ($N-NO_3$) a amoniakálního dusíku ($N-NH_4$) zjištěná na studovaných rybních v letech 2010 – 2014.

Rybník	Hospodářský cyklus	Pc [t]	Pr [t]	Nc [t]	$N-NO_3$ [t]	$N-NH_4$ [t]
Rožmberk	2010 - 2012	-2,25	7,70	28,9	153,0	-
Horusický	2011 – 2013	2,34	2,21	70,8	72,6	4,0
Staňkovský	2011	1,64	1,64	26,5	23,2	-1,0
Dehtář	2010 2012	0	1,20	3,7	22,0	-
Labuť	2012 – 2014	-0,20	0,17	16,6	17,7	0
Hejtman I	2011	0,50	0,25	3,8	3,0	4,3
Ratmírovský	2012 – 2013	0,30	0,30	32,0	30,0	4,5
Hejtman II	2011 – 2012	0,50	1,70	15,0	18,0	3,6
Buzický	2011 - 2013	4,70	6,00	80,3	62,8	20,1



Obr. 2. Porovnání reálné retence celkového fosforu (%) s retencí potenciální, vypočtené dle [8].

4 RYBNÍKY JAKO NÁSTROJ PRO RECYKLACI ŽIVIN V KRAJINĚ

Několik let systematického výzkumu látkových bilancí rybníků jednoznačně potvrdilo předpoklad, že rybníky jsou v krajině (povodí) mocné regulátory látkových toků. Rybníky mají potenciál velmi účinně zadržovat fosfor a eliminovat z vodního prostředí sloučeniny dusíku. To nás přivedlo i na myšlenku systematického využití rybníků, resp. rybníčních sedimentů v procesu recyklace živin v krajině. V praxi se jedná o vrácení rybníčních usazenin zpět na zemědělskou půdu. Metoda recyklace živin využívající rybníčních sedimentů je snahou o propojení zpřetrhaných látkových a energetických toků v naší krajině. Je zřejmé, že tento přístup nebude v budoucnu možné aplikovat plošně, ale své uplatnění by mohl najít např. v malých zemědělsky využívaných povodích, ve kterých je zvýšené riziko půdní eroze. Důvod je jednak ekonomický, tedy nutnost udržet náklady na převoz materiálu co nejnižší, a jednak riziko kontaminace sedimentů cizorodými látkami, jejichž zdroje jsou pravděpodobnější ve velkých povodích (např. města), než v přehledném mikropovodí. Ač se to na první pohled nezdá, zavedení systému recyklace rybníčních sedimentů, může mít pozitivní vliv i na zlepšení kvality povrchových vod. Výsledky ukazují, že například odtěžením sedimentu z loviště odstraníme z rybníka nemalé množství fosforu (až jednotky tun), který by se během výlovu mohl transportovat níže po toku [12].

Nově získané výsledky dále ukazují, že fosforu a dusíku přístupného polním plodinám (výluh Mehlich III) je ve srovnání s jejich celkovými obsahy v sedimentu relativně málo. Na druhé straně sedimenty z produkčních rybníků obsahují obecně vysoké koncentrace celkových živin, u nichž je předpoklad jejich postupného uvolňování [13]. Ve srovnání s průmyslově vyráběnými hnojivy je tedy hnojení rybníčními sedimenty investicí do budoucna – výsledný pozitivní efekt na úrodnost a následnou produkci se totiž bude projevovat během několika let po aplikaci.

Účinné recyklaci látek v mikropovodích zatím brání řada faktorů. Jedná se například o nedostatečně propracovanou metodiku odstraňování sedimentů z rybníků, která musí být ekonomicky únosná a aplikovatelná i v malém měřítku, zejména při cyklickém odbahňování lovišť menších rybníků. Velké rezervy má legislativa, dotační politika i přístup vodoprávních úřadů, to vše spojené s celkovou administrativní náročností, která doprovází legální aplikaci sedimentu na zemědělskou půdu. Ta společně s nemalými náklady na nezbytné chemické analýzy, řadu hospodařících subjektů od aplikace odradí. Velmi omezené jsou také možnosti řídit procesy v jednotlivých povodích.

Další důležitou ekosystémovou službu rybníků spatřujeme ve využití přirozených samočisticích procesů, které v rybnících probíhají, k zachycování fosforu a dusíku z drobných bodových a difuzních zdrojů (malá sídla a usedlosti). Máme za to, že bez využití přirozených způsobů retence živin nelze docílit ani významnějších úspěchů v zápase s eutrofizací, a to právě proto, že nejsme schopni ošetřit malé zdroje fosforu, jichž je v naší krajině velké množství. První předběžné výsledky ukazují, že rybníky jsou kromě živin schopné účinně odstraňovat i některé moderní mikropolutanty, jako jsou například léčiva (paracetamol – 70%, diclofenac – 70%), mošusové látky (galaxolide – 91%, tonalide - 82%) či antibiotika [14].

5 SOUHRN

Zjištěné výsledky prokázaly, že rybníky mohou mít vysoký retenční potenciál v zadržování živin. Na druhé straně si však musíme přiznat, že rybníky dokáží být také významným zdrojem živin pro navazující vodoteče. Hlavní rozdíl mezi tím co by rybník mohl zadržovat (potencionální retence) a tím co rybník ve skutečnosti zadrží (reálná retence) je dán řadou faktorů. Jedná se zejména o jeho hydromorfologii, intenzitu rybářského hospodaření, strojení a výlov rybníka, odpouštění spodní vody, nepodchycené vstupy nečištěných odpadních vod atd.

Retence živin a látek v rybnících je významnou ekosystémovou funkcí, jejíž vliv na látkové a energetické toky v povodích nebyl doposud příliš studován.

Musíme si však uvědomit, že bez pochopení fungování rybníků z pohledu transformace protékajících živin nedokážeme ani efektivně plánovat opatření k potlačení eutrofizace našich povrchových vod ani k nastavení celkově efektivního hospodaření v naší krajině.

Literatura

- [1] *Operační program rybářství 2007 – 2013*, Česká republika. Schváleno usnesením vlády č. 855/2007 den 25. července 2007, Ministerstvo zemědělství ČR, červenec 2007. (www.mze.cz; 17. 12. 2007).
- [2] KOUTEK, T., 2008: *Nejkrásnější české rybníky*. Brána, Praha. 440 s.
- [3] FAINA, R., PAŘÍZEK, J. (1975): *Výzkum rybářského obhospodařování rekreačních rybníků*. Dílčí závěrečná zpráva za subetapu ŽV-4-3-2/1 (3645).
- [4] HEJZLAR, J., BOROVEC, J., MOŠNEROVÁ, P., POLÍVKA, J., TUREK, J., VOLKOVÁ, A., ŽALOUĐÍK, J. (2010): *Bilanční studie zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík*. Biologické centrum AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav. České Budějovice.
- [5] HEJZLAR, J. (2010): *Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí*. Biologické centrum AV ČR, v.v.i. Hydrobiologický ústav. 11 s
- [6] DURAS, J., POTUŽÁK, J. (2012): Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících. *Vodní hospodářství* 62 (6). 210 – 216 s.
- [7] VOLLENWEIDEWER, R. A. (1976): Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33, 1976. 53-83p.
- [8] HEJZLAR, J., ŠÁMALOVÁ, K., BOERS, P., KRONVANG, B. (2006): Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 6: 487-494.
- [9] POTUŽÁK, J., DURAS, J., ROHLÍK, V. (2014): Bodové zdroje a problematika jejich hodnocení. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací* 23(4): 6-9.
- [10] POTUŽÁK, J., DURAS, J. (2013): Vliv struktury planktonu na efektivitu rybí produkce v eutrofních a hypertrofních rybnících. *Chov ryb a kvalita vody II. Sborník referátů Rybářské sdružení České republiky*, 21. – 22. únor 2013, České Budějovice, Česká republika, Urbánek M. (Edit.), 43 – 52 s, ISBN: 978-80-87699-02-07.
- [11] POTUŽÁK, J., DURAS, J., ROHLÍK, V., KUBELKA, A. (2011): Látkové bilance vybraných rybníků v povodí VN Orlík. In: *Borovec, J., Očástková, I., (eds.), Sborník příspěvků Revitalizace Orlické nádrže 2011*, 4. ročník odborné konference. Písek, Říjen 4 – 5, 2011, Svazek



- obcí regionu Písecko, Povodí Vltavy, státní podnik a BC AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, 43-62 s, ISBN 978-80-260-2491-0.
- [12] POTUŽÁK, J., DURAS, J. (2014): Jakou roli mohou hrát rybníky v zemědělské krajině? *Sborník konference Vodárenská biologie 2014*, 5. – 6. února 2014, Praha, Česká republika, Říhová Ambrožová Jana (Edit.), 176 – 184 s, ISBN 978-80-86832-78-4.
- [13] POTUŽÁK, J., DURAS, J. (2015): Rybníční sediment – kam s ním? In: Urbánek M. (ed.), *Sborník referátů z 3. ročníku odborné konference Rybářského sdružení ČR*, 59 – 66 s, ISBN 978-80-87699-04-1.
- [14] DURAS, J., POTUŽÁK, J., MARCEL, M. (2015): Rybníky, producenti či příjemci znečištění? In: Urbánek M. (ed.), *Sborník referátů z 3. ročníku odborné konference Rybářského sdružení ČR*, 67 – 72s, ISBN 978-80-87699-04-1.

RYBNÍKY A JAKOST VODY FISHPONDS AND WATER QUALITY

Jindřich DURAS^{1,✉}, Jan Potužák^{2,3}, Michal Marcel¹

¹*Povodí Vltavy, státní podnik, Oddělení plánování v oblasti vod, Denisovo nábřeží 14, 304 20, Plzeň*

²*Povodí Vltavy, státní podnik, Vodohospodářská laboratoř, Emila Pittera 1, 370 01, Č. Budějovice*

³*Botanický ústav AV ČR, v.v.i., Oddělení vegetační ekologie, Lidická 25/27, 602 00 Brno*

✉ *Jindrich.Duras@pvl.cz*

Abstract

Fishponds went through dynamic changes since half of 20. Century. As a result we have mostly eutrophic and hypertrophic ponds, now. Recreational activities are inhibited by high trophic state of ponds – only several out of thousands of fishponds are suitable for swimming. Special projects must be run to reach better water quality for recreation, but many factors complicate such efforts. This fact should be taken into account when new ponds are planned. Highly eutrophic fishponds with carp production as a dominant purpose receive often phosphorus from point sources, but there are still over fertilized ponds due to fish production technique, too. Monitoring of ponds and their water quality is difficult due to wide variability in space and time – it results in lack of adequate data what hampers proper assessment of fishponds. It appears that despite their overall positive role in a landscape fishponds negatively influence the streams: hydromorphology, physical and chemical characteristics and biota as well. The approach to ecological status of streams influenced by fishponds should be formulated. Important legislative document aimed on regulation of fishpond management is in preparation and should bring new perspective in whole the problematic.

Keywords

fishponds, nutrients, water quality, biomanipulation, phosphorus

1 ÚVOD

Rybníky jsme zvyklí považovat za přirozenou součást naší krajiny, a to zřejmě oprávněně. Malé vodní nádrže provázely, jakožto zásobárna vody, lidská sídla od nepaměti. Výstavbě rybníků se systematicky věnoval cisterciácký



mnišský řád už od 12. století, posléze i větší města (např. Bolevecká soustava u Plzně pochází už z roku 1450) a šlechtické rody, které na svých panstvích daly uplatnění osobnostem, jako byl Štěpánek Netolický (1460-1538) či Jakub Krčín (1535-1604).

Původně neúživné rybníky s čistou vodou se lovily jednou za 5-6 (i více) let. Rybníky byly pravidelně letněny, aby sediment mohl být vrácen zpět na pole nebo aby mohly být živiny zrecyklovány v úrodě vypěstované na obnaženém dně. K důležitým funkcím rybníků patřilo i např. energetické využití (mlýny, hamry). Přirozená součást naší krajiny ale prodělala zejména po 2. světové válce dramatickou proměnu: chov ryb se stal naprosto dominantní funkcí a roční produkce ryb se zvýšila o řád z dřívějších zhruba 30-35 kg.ha⁻¹ na dnešních v průměru asi 450 kg.ha⁻¹ na Třeboňsku a na více než 600 kg.ha⁻¹ na jižní Moravě [1]. Takového zvýšení bylo možné dosáhnout pouze masivním hnojením rybníků a příkrmováním ryb obilninami (velmi ovšem přispěla i šlechtitelská činnost). Obrovský vstup živin do rybníků zcela změnil jejich charakter: ponořená vegetace zmizela, voda se zakalila vegetačním zákalem fytoplanktonu a také sedimentem vířeným zvýšenou potravní aktivitou zhuštěných obsádek kapra. Letnění rybníků bylo opuštěno, protože by znamenalo dočasnou ztrátu produkční plochy, a tím zhoršení ekonomiky provozu rybníků. Bahno se stalo pro zemědělce nezajímavé a pro rybáře obtížné. Dříve uzavřený živinový cyklus v naší krajině se široce otevřel a živiny začaly být velkoryse exportovány do povodí níže – a do oceánu. Pravděpodobně právě absence letnění značně pomohla k šíření sinic naší hydrosférou, protože populace sinic přestala být omezována „uzamčením“ klidových stádií v utuženém sedimentu či vyvážením na pole, kde by se sinice staly potravou edafonu. Oligo či mezotrofní charakter rybníků nenávratně zmizel a rybníky byly přeměněny na eutrofní až hypertrofní vodní nádrže.

Uvedené změny je třeba mít na paměti, když hovoříme o „přirozených produkčních cyklech“, „tradičním rybářském hospodaření“ či o rybnících jako „přirodních prvcích“. Rybníky jsou jakožto mělká jezera v naší zeměpisné oblasti nestabilní už z principu, protože mají přirozenou tendenci zanikat přechodem do mokřadu a případně do nějakého typu terestrického ekosystému. Jejich přirozená nestabilita se zvýšením úživnosti výrazně prohloubila. Nestabilními jsou rybníky jednak dlouhodobě, protože živinami nabitě usazeniny mohou podpořit extrémně intenzivní růst vegetace (= velmi rychlý přechod do mokřadu), ale také z pohledu krátkodobého. K dramatickým změnám chemismu dochází v průběhu roku, ale také během dne a noci. Z nestability rybníčního ekosystému plyne nutnost „nějakého“ managementu. To je zřejmé, ale otázka je, jak tento management zacílit – na maximalizaci produkce, na jakost vody,

protipovodňovou funkci či na ekosystémové služby jako celek? Jenže ekosystémové služby rybníků zatím moc hodnotit neumíme...

2 JAKOU KVALITU VODY OD RYBNÍKŮ MŮŽEME OČEKÁVAT?

To je důležitá otázka jak z pohledu potenciálního rekreačního využití rybníků, tak z pohledu snah o zvládnání eutrofizace. Tyto snahy vždy nutně končí u honby za fosforem s cílem co nejméně zredukovat zdroje emisí této klíčové živiny. A právě rybníky hrají v látkových tocích fosforu v povodích významnou roli.

2.1 Rekreační využití

K rekreaci koupáním potřebujeme vodu, kde přítomnost sinic schopných tvořit vodní květy je (nejlépe hluboko) pod hygienickými limity a kde je voda co nejprůhlednější. Průhledná voda je atraktivní nejen pro plavce, ale i pro všechny, kdo se do ní dívají ze břehu. Průzračná voda je zážitek, který velmi zvyšuje rekreační účinek: regeneraci, relaxaci a dobrý pocit obecně.

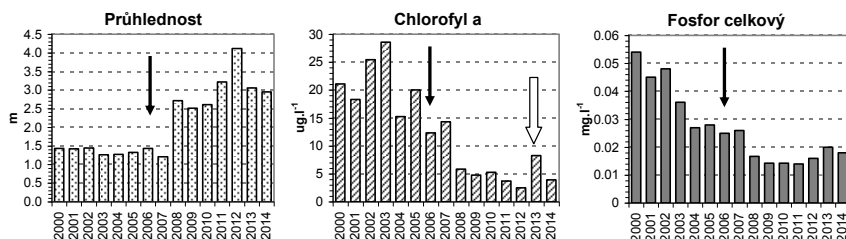
Produkční rybníky zážitek vysoce průhledné vody samozřejmě nespĺňují, nicméně v těch málo úživných (koncentrace P celkového kolem 0,10 mg.l⁻¹) se obvykle koupát dá, a to alespoň v první polovině vegetační sezóny, než začne období sinicových vodních květů. Je ovšem třeba počítat s průhledností pouze 50-80 cm.

Některé málo úživné rybníky využívané pro sportovní rybolov poskytují poměrně dobrou příležitost k rekreaci, včetně koupání. Příkladem mohou být rybníky Staňkovský a Hejtman u Chlumu u Třeboně (P celkový blízko 0,05 mg.l⁻¹, průhlednost obvykle neklesá pod 1,0 m). Ale i zde bývají v některých letech období, kdy je rozvoj fytoplanktonu velmi silný (>100 µg.l⁻¹ chlorofylu a) a sinice předvedou poměrně silný vodní květ.

Chceme-li mít k rekreaci koupáním stabilně dobrou jakost vody bez sinic, nezbyvá v dnešní době než se o to pokusit vhodně koncipovaným projektem založeným nejlépe na kombinaci biomanipulace (zásah do trofického řetězce) a ekotechnologie (nebiologické zásahy). Bohužel, právě rybníky, tedy mělká jezera, nejsou pro projekty cílené na zlepšení kvality vody snadným objektem. Hlavní důvody jsou dva. (1) Usazeniny jsou přímo omývány teplou vodou tzv. produkční vrstvy, kde probíhá růst všeho planktonu. Živiny tak mohou volněji přestupovat z bahna do vodního sloupce a podporovat tam růst řas a sinic. Navíc ryby nacházejí v bahně spoustu potravních organismů (zejména larvy pakomárů – chironomidů), které zkonzumují a v trávicím traktu je přemění na živiny,

z nichž většina se vylučováním dostane do vodního sloupce v podobě výtečně využitelné fytoplanktonem včetně sinic. (2) Dno se v případě zlepšení průhlednosti vody stane dobře osvětleným a silně úživným substrátem, kde dříve nebo později dojde k expanzivnímu růstu ponořené vegetace. Ta proroste celý vodní sloupec. Voda je pak výjimečně čirá, ale nedá se v ní kvůli změti vegetace plavat ani veslovat či jachtařit. Dosáhnout – a hlavně udržet – čistou vodu v rybnících po letech eutrofizace tedy není jen tak.

Příkladem rekreačního využívání je Velký Bolevecký rybník (43 ha) v Plzni [2][3]. Od roku 2005 zde probíhá projekt zaměřený na výrazné omezení výskytu sinic a zvýšení průhlednosti vody. Přirozeně poměrně málo úživný rybník bez zdrojů znečištění ve svém povodí byl podroben souběžně změně rybí obsádky (~90% redukce odlovy, dosazení dravců), opakovaným aplikacím zejména hlinitých koagulantů (PAX-18) a podpoře přítomnosti submerzní vegetace (vysazováním asi 15 domácích druhů). Cílem bylo zpomalit koloběh fosforu (P) v biocenóze (ryby), zabránit uvolňování P z bahna (Al koagulanty) a podpořit průhlednost vody + vytvořit stanoviště pro dravce (vegetace). Z pohledu celého ekosystému bylo cílem změnit jeho typ. Mělké jezero dokáže existovat ve dvou vyhraněných typech ekosystému: pelagickém (kalná voda bez vegetace a s hustou populací ryb) a litorálním (vysoká průhlednost s akvatickou vegetací a řídkou rybí obsádkou). Podrobně např. [4].



Obr. 1. Velký Bolevecký rybník v Plzni – průběh projektu zlepšení jakosti vody. Průměrné hodnoty za vegetační období (IV.-IX.). 2005 – začátek zásahu do rybí obsádky, 2006 – začátek aplikací koagulantů (černá šipka), 2008 – změna ekosystému na litorální typ, 2013 – rok s nezvládnutým sklizením ponořené vegetace (odumření části biomasy, uvolnění živin, podpora fytoplanktonu).

Po dvou letech soustředěného úsilí se rybníční ekosystém skutečně změnil ze stavu pelagického do litorálního. Rázem byly v rybníce výborné podmínky nejen pro plavání a koupání, ale také pro šnorchlování a potápění. Po dalších třech letech ale došlo k explozivnímu růstu ponořené vegetace. Po neúspěšném testování různých postupů byla v roce 2013 zakoupena speciální vyžínací loď, tzv. harvester, který si pokosenou vegetaci rovnou nakládá na palubu. Tím se

dostala ponořená vegetace sice v zásadě pod kontrolu, ale rizikem zůstává rozvoj zelených vláknitých řas, jejichž povlaky dokážou odradit návštěvníky od plavání. Počítat je třeba také s cerkáriovou dermatitidou, protože ve vodě s ponořenou vegetací se daří vodním plžům a vyhledávají ji i vodní ptáci – tak má vývojový cyklus tzv. ptačích motolic vše, co potřebuje, a je už jen otázkou času a souběhu dalších okolností, kdy se „koupáči“ osypou svědivými pupínky [5]. Vývoj situace ve Velkém Boleveckém rybníce je ilustrován grafy na Obr. 1.

Dobré jakosti vody v rybnících systémem poměrně náročných opatření tedy dosáhnout lze, ale je nezbytné vypořádat se nějak s rozvojem ponořené vegetace a zelených vláknitých řas. A to může být limitujícím faktorem jak pro velké rybníky, které by bylo příliš nákladné průběžně kosit (Máchovo jezero), tak pro malé (např. nádrže vznikající při revitalizacích, několikahektarové rybníky u menších obcí), kde je nasazení harvesteru neefektivní a kosení jinými prostředky pracné.

Z pohledu rekreačního koupání by bylo optimální spokojit se s vodou méně průhlednou (průhlednost dle Secchiho desky blízko 1 m), kde by se ponořeným rostlinám a vláknitým řasám příliš nedařilo. To chce ovšem speciální rybí obsádku, přítomnost křemíku, aby podporoval růst rozsivek, jež jsou sinicím konkurencí, a nevyhnuli bychom se ani aplikaci hlinitých koagulantů.

Je třeba upozornit, že pokud jsou nějaké vodní nádrže rybníčního typu součástí projektu s tématem např. revitalizace či protipovodňové úpravy říční nivy, pak by nemělo být místním lidem bez podrobného rozboru situace slibováno paralelní využití i pro rekreaci koupáním. Pravděpodobně tomu totiž situace v lokalitě nebude odpovídat vůbec, nebo jen částečně, nebo až po nějakých opatřeních a za nějakého systému péče.

Zvláštní kategorií (poměrně) mělkých nádrží jsou pískovny, které – pokud se uchrání před průnikem znečištění a před zásahy rybářů (nasazení tzv. bílou rybou a vycytávání dravců), mohou poskytovat výjimečně dobrou jakost vody s vysokou průhledností, přičemž pokud jsou hluboké alespoň 5 metrů, nemusí ani dojít k masovému rozvoji akvatické vegetace. Příkladem mohou být jezera u Ostrožské Nové Vsi na Moravě [6].

2.2 Produkční rybníky

Produkce rybníků je primárně závislá na fosforu, který podporuje rozvoj fytoplanktonu, jenž je potravou plejády vodních organismů, jež jsou zase dále potravou ryb (kapra). Proto se produkční rybáři zejména ve druhé polovině minulého století snažili o hnojení rybníků (hnůj, kejda, superfosfát...). Jakmile jsou potravní organismy kaprem spotřebovány (jejich populace jsou zdecimovány), další hnojení už nepomůže a musí se krmít. Krmivo ovšem



znamená další vnos fosforu. Ten ale fytoplankton dokáže využít jen do určité míry – pak už je vegetační zákal tak hustý, že světelné podmínky pod hladinou nedovolí další růst jeho biomasy. Organická hmota vytvářená primární produkcí (zvýšené hodnoty BSK₅ i CHSK_{Mn}) se ovšem průběžně také rozkládá, takže se zhoršuje kyslíkový režim, objevují se zvýšené koncentrace NH₄-N a následuje celkový úpadek kvality vody.

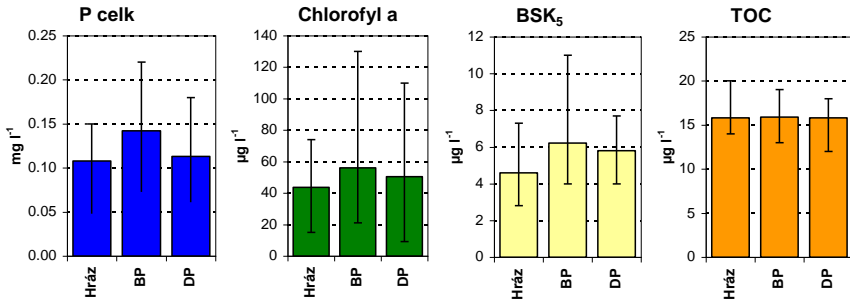
Obecně tedy kvalita vody v rybnících závisí na jejich úživnosti. Vysoká úživnost rybníků je velmi často způsobena přisunem fosforu do rybníka přítokem či přímo zaústěním odpadních vod ze sídel. Ze zemědělských ploch, zejména z orné půdy, se do rybníků sice dostávají obrovské dávky erozního materiálu, ale fosforu v naprosté většině případů jen velmi málo. Na vysoký přisun živin a organického znečištění z povodí musí rybáři reagovat intenzivnějším hospodařením (hustší rybí obsádkou), takže na první pohled nemusí být jasné, zda špatnou kvalitu vody způsobili primárně rybáři nebo vstup znečištění z povodí. Samozřejmě lze snadno najít i hypertrofní rybníky s povodím bez zdrojů znečištění, kde je zřejmé, že na vině je hospodařící subjekt a jeho zásahy (hnojení, krmení).

Jaká je tedy, co se týče kvality vody v rybnících, u nás aktuální situace? Na tuto otázku je velmi obtížná odpověď. Obecně lze rozlišit oblasti s rybníky živinami chudšími a s lepší jakostí vody, kam patří například Tachovsko, Karlovarsko, Vysočina, tedy regiony s méně hustým osídlením (dominantním zdrojem P jsou lidská sídla) a oblasti s rybníky úživnějšími, například jižní Čechy a jižní Morava, kde je osídlení hustší a hospodaření intenzivnější. Tato charakteristika je ovšem jen povšechná a nemůže postihnout širokou škálu reálných podmínek a situací.

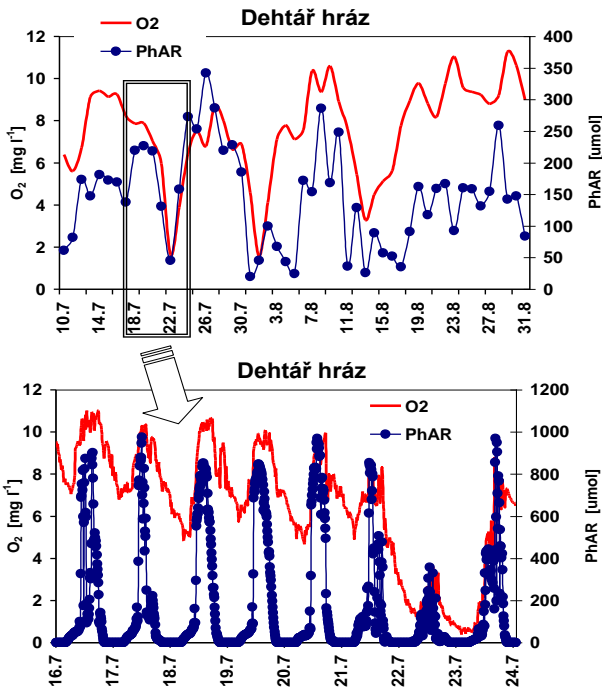
Odpověď na kvalitu vody v rybnících je komplikována také faktory, které znemožňují odběr reprezentativního vzorku, jenž je základem pro zpracovávání výsledků laboratorních analýz. Jedná se o nehomogenitu vlastností vody v různých částech téhož rybníka, proměnlivost jakosti vody během dne, během roku i v rámci víceletého produkčního cyklu (meziroční variabilita).

Výraznou nehomogenitu jakosti vody v rámci jednoho rybníka jsme v rámci provozního monitoringu jakosti vody státního podniku Povodí Vltavy zaznamenali například u rybníka Rožmberk. Východní část byla pod vlivem relativně čisté Lužnice, ale západní část ovlivňovala znečištěná Prostřední stoka a především obrovský vstup znečištění ze špatně fungující společné ČOV pro město Třeboň a velkochov prasat RAB [7]. Jak tady získat reprezentativní vzorek? Roli při vzorkování ale může hrát navíc i nahromadění vodního květu (pylu, kalu) větrem, nebo třeba vzorkování poblíž krmného místa pro rybí obsádku. Obr. 2 ilustroje situaci na rybníce Dehtář u Českých Budějovic, kde je

vidět, že mělčí partie, které jsou navíc pod vlivem přítoků, vykazují obvykle horší jakost vody než hluboká oblast hráze.



Obr. 2. Prostorová variabilita jakosti vody na příkladu rybníka Dehtář. Průměrné hodnoty za vegetační sezónu 2014. BP – zátoka Babického potoka, DP – zátoka Dehtářského potoka.



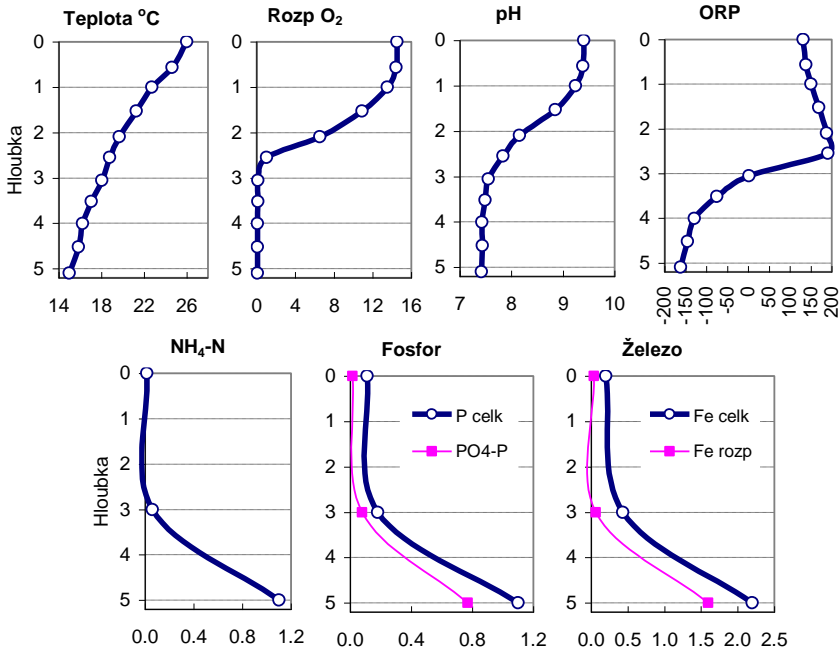
Obr. 3. Krátkodobé změny obsahu rozpuštěného kyslíku v závislosti na příkonu fotosynteticky aktivní radiace (PhAR). Nahoře kolísání denních průměrných hodnot. Dole diurnální změny.

Diurnální proměnlivost jakosti vody (Obr. 3) souvisí se změnami intenzity fotosyntézy podle změn intenzity slunečního záření. Za slunečního počasí probíhá v živinami bohaté vodě bouřlivá fotosyntéza, která vede k přesycení vody kyslíkem, ovšem zároveň i ke zvyšování hodnoty pH do výrazně alkalické oblasti. S produkcí kyslíku souvisí i produkce organické hmoty, jejíž část je uvolňována mimo buňky, kde na ni navazuje prudce zvýšená aktivita bakterií, a tedy i spotřeba kyslíku bakteriálním rozkladem. V noci kyslík nikdo neprodukuje, pH klesá a bakteriální rozklad extracelulárních organických látek ještě dobíhá. Na spotřebě rozpuštěného kyslíku se ale výrazně podílejí i rozkladné procesy zpracovávající odumřelou biomasu planktonu a organický detritus na dně nebo ve vznosu. Změny obsahu kyslíku a hodnoty pH ovlivňují v rybníce řadu procesů, mimo jiné i uvolňování fosforu z usazenin do vodního sloupce.

Velmi dramatické je kolísání základních ukazatelů jakosti vody v silně úživných rybnících také ze dne na den (Obr. 3). Základním řídicím faktorem je opět sluneční svit (řídí i teplotu), k němuž se přidává i počasí: směr, síla a trvání větru. Ve velmi produktivním rybníce, kde lze sledovat diurnální změny, jak byly popsány výše, nastane problém, když klesne intenzita slunečního záření. Tehdy produkce kyslíku nestačí kompenzovat jeho bakteriální spotřebu a koncentrace kyslíku klesají v celém vodním sloupci k nule. Taková událost se netýká jen chemismu vody (hromadění $\text{NH}_4\text{-N}$, uvolňování $\text{PO}_4\text{-P}$ s Fe ...), ale ohrožuje na životě i rybí obsádku. Rybník, jakožto polymiktická nádrž, v létě snadno podlehne i destratifikaci při intenzivním větru, například za letní bouře. Při té příležitosti se bezkyslíkatá voda u dna s vysokými koncentracemi $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, Fe (Obr. 4) promíchá se zbytkem vodního sloupce. Dojde k výrazné změně chemismu, která mívá za následek stimulaci rozvoje fytoplanktonu tím, že byly v prosvětlené vrstvě u hladiny doplněny potřebné živiny. Samozřejmě může být anoxií ohrožena rybí obsádka.

Obvykle pracujeme se zvrstvením (stratifikací) vodního sloupce v případě hlubokých přehradních nádrží, ale ostrý teplotní gradient ve svislici hladina-dno se snadno tvoří i v relativně mělkých rybnících. Příčinou je silný zákal vody. Sluneční záření je tak absorbováno a přeměňováno v teplo už v horní tenké vrstvě, která se tak výrazně prohřívá. Na Obr. 4 byl zachycen teplotní rozdíl mezi hladinou a dnem 11 °C, což je velmi strmý teplotní spád. Důsledkem je gradient řady parametrů kvality vody, včetně fosforu. Je zřejmé, že promíchání vodního sloupce silou větru ovlivní chemismus celého rybníka.

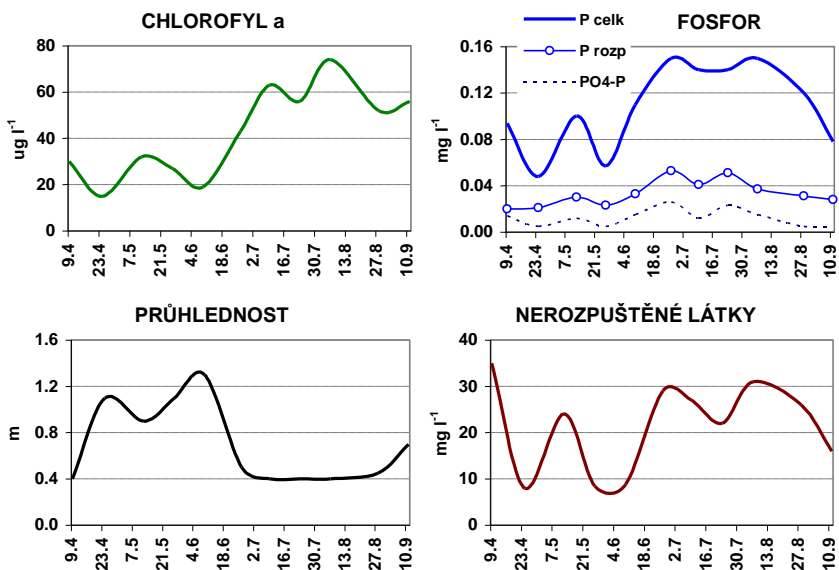
Z grafů na Obr. 4 je zároveň dobře patrné, že je velmi důležité, zda voda z rybníka odtéká hladinovým přelivem nebo ode dna požerákem. Odtok tzv. spodní vody znamená omezení retence fosforu v rybníce a negativní vliv na jakost vody v povodí pod rybníkem.



Obr. 4. Vertikální stratifikace vodního sloupce na příkladu rybníka Dehtář (9. 6. 2014). ORP – oxidoredukční potenciál.

Vývoj kvality vody v průběhu roku probíhá obecně jako zvyšování biomasy fytoplanktonu, snižování průhlednosti vody a zvyšování koncentrací sloučenin fosforu a nerozpuštěných látek. Tento vývoj obvykle kulminuje koncem srpna. Na Obr. 5 je jako příklad uveden rybník Dehtář. Vývoj situace v průběhu vegetační sezóny hodně ovlivňují dusičnanové ionty. Dehtář sice pravidelně už od jara měřitelné koncentrace dusičnanového dusíku nemá, ale více průtočné rybníky se obvykle na jaře naplní vodou s dusičnany (odnos z orné půdy). Dusičnanové ionty, které představují důležitý oxidoredukční pufr, jsou rychle spotřebovány a nastává zlom oxidoredukčních poměrů u dna: ze sedimentů se uvolňuje fosfor spolu s redukujícím se železem. To také znamená pokles účinnosti retence P, často až do záporných hodnot. Rybník pak může právě v kritickém letním období, kdy jsou vodní nádrže na přísun P citlivé, působit jako zdroj P, často velmi významný.

V průběhu vegetační sezóny tedy zjistíme nejlepší kvalitu vody v rybnících jarními vzorky a nejhorší v plném létě. Proto je třeba k charakteristice rybníka odebrat alespoň 3 vzorky (květen, červenec a srpen). Je velmi důležité uvést, že výkyvy v jakosti vody prostorové, denní, sezónní i v hloubkovém profilu jsou tím výraznější, čím úživnější rybník je.



Obr. 5. Sezónní vývoj vybraných parametrů v povrchové vrstvě vody u hráze rybníka Dehtář v r. 2014.

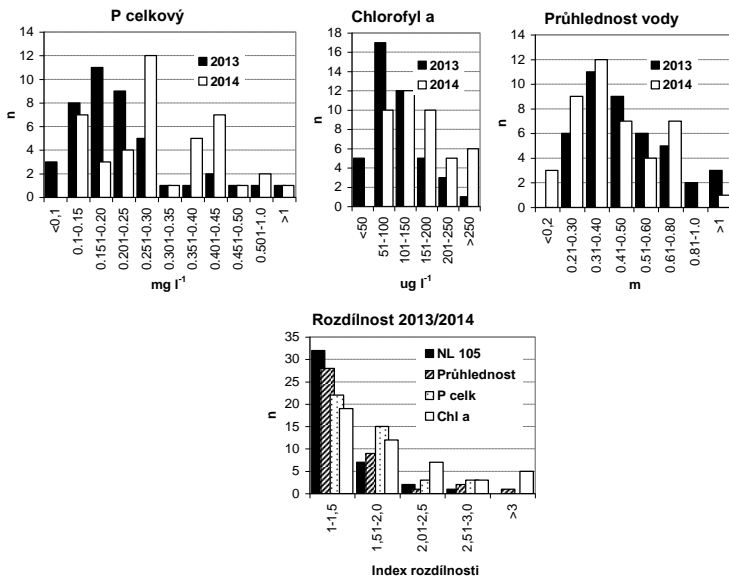
Meziroční variabilita jakosti vody v rybnících je určována jak průběhem produkčního cyklu, tak vodností každého roku. Přitom ale každý rybník na tyto vlivy reaguje specificky.

Jako příklad jsou v grafech na Obr. 6 uvedeny výsledky souboru 43 rybníků v povodí říčky Lomnice (ústí do otavského ramena VN Orlík), které byly sledovány v letech 2013/2014 prostřednictvím vzorků odebíraných jako směsné epilimnetické (integrální vzorek vrstvy 0-1 m). Odběry byly provedeny vždy v měsících V., VII. a IX. (monitoring Povodí Vltavy, státní podnik). V grafech jsou uvedeny průměrné hodnoty za každý rok. V grafech je vidět:

- Rozdělení rybníků podle naměřených hodnot jakosti vody. Např. požadavku nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v aktuálním znění vyhovělo v ukazateli P celkový (průměrná hodnota $<0,15 \text{ mg.l}^{-1}$) pouze 20-25% rybníků. Co do biomasy fytoplanktonu vyhovělo požadavkům na vodu ke koupání ($<50 \mu\text{g.l}^{-1}$ chlorofylu a) naprosté minimum rybníků, a to obvykle v květnu, tedy mimo koupací sezónu.
- Rozdílnost jednotlivých sezón 2013/2014 je nejmarkantnější u koncentrace P celk a u biomasy fytoplanktonu, kde v roce 2013 vykazovaly rybníky lepší hodnoty sledovaných ukazatelů. Otázkou zatím zůstává, zda se na

tomto rozdílu podílela více vodnost roku (2013 poměrně vodný, 2014 spíše suchý) nebo hospodářský cyklus (bude teprve vyhodnoceno). Uvedené grafy jsou pouze početním vyhodnocením, takže neukazují plnou komplikovanost situace. Například některé rybníky, které vykazovaly v jednom roce lepší (nižší) koncentrace chlorofylu a, měly ale zároveň v témže roce horší (vyšší) koncentrace Pcelk. Příčinou byl zásah perlooček rodu *Daphnia*, tedy filtrujícího herbivorního zooplanktonu, který v podmínkách nízké rybí obsádky fytoplankton zkonzumoval, čímž došlo ke zdánlivě protichůdným výsledkům.

- Meziroční variabilita (graf na obr. 6 dole) byla prezentována jako počet rybníků, které se v jednotlivých letech lišily v průměrných hodnotách uvedených ukazatelů v určitém rozpětí indexu rozdílnosti. Tento jednoduchý index byl určen jako násobek (index 2,0 tedy znamená, že v jedné sezóně byly zjištěny dvojnásobné (či poloviční) průměrné hodnoty než v sezóně druhé. Z grafu je vidět, že nejstabilnějším ukazatelem je obsah nerozpuštěných látek a také hodnoty průhlednosti vody. Naopak u nejdůležitějších ukazatelů eutrofizace byla zjištěna meziroční variabilita vysoká: u 35 % rybníků se průměrná koncentrace chlorofylu a meziročně lišila více než dvojnásobně a u téměř poloviny rybníků se koncentrace Pcelk meziročně lišila více než 1,5x. Náznorně je tedy vidět, že z měření (byť i podrobného) v průběhu jedné vegetační sezóny nelze dělat jiné než velmi obecné závěry.



Obr. 6. Rozdělení hodnot vybraných ukazatelů jakosti vody v souboru 43 rybníků v povodí Lomnice ve dvou sledovaných letech 2013 a 2014. n = počet rybníků.

3 VLIV RYBNÍKŮ NA VODNÍ TOKY A NÁDRŽE

Vodoteče pod rybníkem mohou být ovlivněny mnohostranně: hydromorfologií počínaje (hráz je migrační bariéra, vysychání toku při zastaveném rybníce, vysoké průtoky při výloveh, zanášení dna toku usazeninami) přes fyzikální a chemické poměry (teplotní změny, kyslíkové deficity, zvýšený obsah P, Fe, NH₄-N, organických látek ...) až k poměrům biologickým (export planktonu včetně sinicových vodních květů, pronikání nepůvodních druhů ryb).

Uplatnění jednotlivých vlivů záleží na řadě dalších faktorů, zejména na průtočnosti rybníka, produkčním cyklu (vypouštění v rámci výlovu) a také na způsobu, jakým z rybníka voda během roku odtéká (horní nebo spodní voda). Vodní nádrže jsou ovlivněny především vstupem živin: fosfor je prvkem určujícím úživnost nádrží a dusík v podobě dusičnanových iontů ovlivňuje oxidoredukční procesy u dna nádrží za nedostatku kyslíku (uvolňování P z usazenin do vodního sloupce). Otázka je podrobněji rozebrána v jiném příspěvku v tomto sborníku, jenž je zaměřen na látkovou bilanci rybníků.

Aktuální a zajímavá je otázka vztahu rybníků, které v krajině jistě působí i přes svoji vysokou úživnost jednoznačně pozitivně (obecně např. vliv na biodiverzitu a zejména na klimatizaci krajiny podporou malého vodního cyklu), k ekologickému stavu vodních toků, které jsou rybníky ovlivněny. Zde se chci pozastavit pouze nad vlivem na biotickou složku.

Biota je ovlivňována všemi faktory, jak byly uvedeny v prvním odstavci této kapitoly. Například společenstvo ryb je ve vodních tocích v rybníkářských oblastech obohaceno o druhy nepůvodní (např. střevlička východní), se silnými populacemi ryb eurytopních (ekologicky plastických, schopných žít kdekoli, např. plotice obecná). Naopak chybí dravé druhy ryb a ryby náročnější na své prostředí. Tak je třeba Zlatá stoka pravidelně hodnocena podle společenstva ryb jako stav nejhorší z celé stupnice dle Rámcové směrnice o vodách, tedy jako stav „zničený“.

Nepříznivá je také situace při hodnocení makrozoobentosu. Kromě jiných vlivů (např. odtok vody bohaté na Fe komplikuje život organismům dýchajícím žábrami, dno zanesené bahnem znamená likvidaci biotopu pro život většiny druhů organismů vyjma např. červy a larvy pakomárů) jsou rybníky důležité jako zdroj planktonu, jenž je ve vodních tocích využíván jako žádaný substrát v potravních řetězcích. Společenstva ve vodotečích ovlivněných rybníky jsou tedy dotována bohatým přísunem potravy. Důsledkem je degradace společenstva: specializované druhy se schopností získávat potravu „solistikovaným“ způsobem (právě tato schopnost byla jejich konkurenční výhodou proti ostatním) jsou vytlačeny a nahrazeny hustými populacemi druhů,

jež se živí tzv. pasivní filtrací (žijí na dně a filtrují z bohaté nabídky, která protéká trvale kolem). Společenstvo je zjednodušené s převahou jedné životní strategie. Ekologický stav pak vychází v nejlepším případě „střední“, ale nikoli „dobrý“.

Aktuálně není zřejmé, jak k hodnocení ekologického stavu ve vztahu k rybníkům přistupovat, přestože předběžně se zdá, že v některých regionech je naprostá většina vodních útvarů rybníky ovlivněna silně. Otázka hodnocení ekologického stavu je pochopitelně provázána s problematikou požadavků na stav rybníků samotných (jak moc eutrofní či hypertrofní mohou být) a také na způsob jejich provozování (preferenze odpouštění horní vody, zachycování sedimentů při výloveh ...). Již několik let je připravována vyhláška (MŽP), která bude upravovat hospodaření na rybnících ve vztahu k vodnímu prostředí jako celku.

4 SHRNUÍ A ZÁVĚRY

Současné rybníky jsou po prudkém vývoji hospodaření v naší krajině i v rybnících samotných ve druhé polovině minulého století většinou silně eutrofní až hypertrofní. K rekreačnímu využití, jež zahrnuje i koupání, jsou využitelné jen v ojedinělých případech a obvykle je nezbytná nějaká forma speciálního managementu (biomanipulace a ekotechnologie), který se ovšem neobejde bez komplikací. To je třeba mít na paměti i v případě nově vytvářených vodních nádrží např. v rámci revitalizací, aby očekávání jejich využití odpovídalo reálným možnostem lokality.

Vysoce eutrofní stav našich rybníků je velmi často způsoben vysokým vstupem fosforu z povodí, kde jsou jeho zdrojem prakticky výhradně bodové zdroje znečištění (městské odpadní vody). Řada rybníků je ovšem stále ještě systematicky přehnojována. Monitoring i hodnocení rybníků je komplikováno silnou variabilitou jakosti rybníční vody: prostorovou, diurnální, sezónní i meziroční. Právě náročnost monitoringu je hlavní příčinou trvalého nedostatku spolehlivých dat o jakosti vody.

Vliv rybníků na stav vodních toků je komplexní a – narozdíl od působení v krajině jako celku – převážně negativní. Společenstva organismů jsou degradována přítomností nepůvodních druhů (např. ryb), změnami fyzikálních a chemických poměrů a v neposlední řadě i exportem planktonu z rybníků, tedy zásadní změnou potravní nabídky. Ekologický stav či potenciál vodních toků pak nemůže být hodnocen jako „dobrý“ (ve smyslu Rámcové směrnice). Tato otázka je široce otevřena k vytváření ideového přístupu i k praktickým řešením.

Aktuálně je velmi (dlouho) očekávána vyhláška upravující hospodaření na rybnících. Ta (zřejmě) výrazně zasáhne do řady otázek, jako je jakost vody

v rybnících a v tocích pod rybníky, řešení zdrojů fosforu v povodí vodních nádrží a přispěje také k vytváření přístupu v hodnocení ekologického stavu tekoucích vod ovlivněných rybníky. Ze skutečností uvedených v tomto článku však vyplývá, že řešení široké škály případů jednotlivých rybníků bude muset být prováděno víceméně individuálně podle kontextu v daném regionu. To se neobejde bez odborně zdatných pracovníků státní správy.

Literatura

- [1] PECHAR, L., PŘIKRYL, I., FAINA, R. (2002): *Hydrobiological evaluation of Třeboň fish ponds since the end of the nineteenth century*. In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L.: *Freshwater wetlands and their sustainable future*. Paris, 31-61.
- [2] DURAS J., DZIAMAN R. (2010): *Recovery of shallow recreational Bolevecký Pond, Plzeň, Czech Republic*. Int. conf. Ogólnopolska konferencja Limnologiczna, X. 2010, Toruń
- [3] DURAS J. (2012): *Bolevecký rybník – projekt zlepšení kvality vody*. Sborník konference Dny zahradní a krajinářské tvorby 2012, 21.-23.11.2012 Luhačovice, p.52-59.
- [4] SCHEFFER M., VAN NES E. H. (2013): *Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size*. *Hydrobiologia* (2007) 584:455-466.
- [5] DURAS J., CHANOVÁ M., PUMANN P., KOUBOVÁ R. (2014): *Cerkáriová dermatitída a jak k ní pristupovat*. Sborník konference Vodárenská biologie 2014, 5. – 6. února 2014, Praha, Česká republika, Říhová Ambrožová Jana (Edit.), ISBN 978-80-86832-78-4, 150–162.
- [6] DURAS J. (2013): *Vodárenské využití pískovny – Ostrožská Nová Ves*. Sborník příspěvků: Jezera a mokřady ve zbytkových jámách po těžbě nerostů. 16.-18.4.2013, Most, ISBN 978-80-260-4172-6, str.31-35.
- [7] POTUŽÁK, J., DURAS J., ROHLÍK V., KUBELKA A. (2011): *Látkové bilance vybraných rybníků v povodí VN Orlík*. In: Borovec, J., Očásková, I., (eds.), Sborník příspěvků Revitalizace Orlické nádrže 2011, 4. ročník odborné konference. Písek, Říjen 4 – 5, 2011, Svazek obcí regionu Písecko, Povodí Vltavy, státní podnik a BC AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, 43-62 s, ISBN 978-80-260-2491-0.

Poděkování

Tento příspěvek byl částečně finančně podpořen projektem FISHPOND2014 (č. LD14045) v rámci programu LD – COST CZ u MŠMT. Tento projekt je součástí širšího projektu NETLAKE (COST Action ES1201), financované z prostředků 7. rámcového programu EU pro výzkum.“

ODNOS FOSFORU A NEROZPUŠTĚNÝCH LÁTEK V PRŮBĚHU VÝLOVU KAPROVÝCH RYBNÍKŮ

TRANSPORT OF PHOSPORUS AND SUSPENDED SOLIDS DURING CARP
POND HARVESTING

**Zdeněk ADÁMEK^{1,✉}, Miloš Rozkošný², David Hlaváč¹, Pavel
Sedláček²**

*¹Laboratoř aplikované hydrobiologie, Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod,
Husova tř. 458/12, 370 05 České Budějovice*

*²Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., pobočka Brno, Mojžírovo
náměstí 2997/16, 612 00 Brno
✉zadamek@frov.jcu.cz*

Abstract

Carp ponds are capable to retain high amounts of nutrients which originate either from the watershed runoffs and/or from the farming interventions. Certain part of these nutrients is discharged already during the growing season but the majority remains trapped in the sediments and released during pond draining and subsequent process of harvesting. Hence, this period of carp pond management is usually associated with considerable changes in discharged water quality. During the pond draining, the concentration of phosphorus and suspended solids is comparable with the values measured routinely during the growing season, however, with the initiation of fish harvesting and removal from the pond, their values increase quite significantly. On the average, a 14- and 40-fold increase was recorded in the concentration of total phosphorus and suspended solids, respectively, immediately during the fish harvesting. However, only the minority (< 2 % on an average) from the total amount of discharged phosphorus was in the reactive soluble form. The discharged particulate phosphorus, bound in suspended solids is usually deposited in the recipient sediments from where it can be released under anaerobic conditions.

Keywords

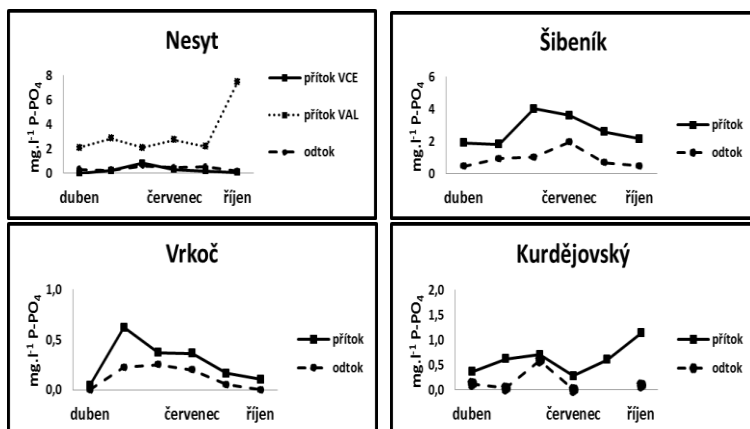
carp pond culture, pond draining, pond harvesting, water quality

1 ÚVOD

Rybníky jsou umělá, člověkem vybudovaná vodní tělesa se specifickými ekosystémy, která tvoří důležitý a díky staletému procesu integrace i neoddelitelný prvek krajiny některých regionů. Jsou rovněž velmi významnou součástí hydrologického systému našich povrchových vod, v němž přirozeně integrují mnohé závažné dopady hospodářské činnosti v povodí. V důsledku přísunu živin z povodí i vstupů ve formě krmiv a hnojiv aplikovaných v rámci rybářského hospodaření lze většinu českých rybníků považovat za eutrofní až hypertrofní vodní ekosystémy [1][2][3]. Zvýšený přísun živin je příčinou řady procesů, které ve svých konečných důsledcích vedou ke snížení kvality vody nejen v samotném rybníce, ale i ve vodě odtékající v průběhu chovu anebo vypouštěné v průběhu lovení rybníka. Zatímco kvalitě vody odtékající z rybníků ve vegetační sezóně je v současnosti věnována značná pozornost a výsledky řady studií byly publikovány [4][5][6][7], seriózní podklady o kvalitě vody vypouštěné v průběhu lovení již tak dostupné nejsou anebo jsou omezené spíše na konstatování, že při vypouštění rybníků odtéká voda o značně zhoršené kvalitě. Tato konstatování jsou však spíše (a zcela pochopitelně) založena na subjektivním dojmu ze silného zákalu spojeného s vodou odtékající v průběhu vlastního výlovu, než na konkrétních datech, kterých je poměrně málo [8][9].

V současné době je v České republice přibližně 24 000 rybníků a vodních nádrží využívaných k akvakultuře s celkovou plochou přibližně 51 800 ha. Ve všech těchto nádržích je usazeno větší či menší množství sedimentu, který je do nádrží transportován zejména prostřednictvím přítoků. Hlavním zdrojem transportu půdních částic do rybníků jsou erozní procesy na zemědělských pozemcích v povodí často v důsledku nedodržování základních agrotechnických zásad a postupů [3]. Přírůstek vrstvy bahna sedimentací splavenin proto obvykle významně převyšuje množství sedimentů vzniklých v rybníce např. primární a sekundární produkcí, hnojením a přikrmováním rybí obsádky. Odhaduje se, že objem sedimentů rybničního dna činí v současnosti až 1/3 objemu rybníků, což vede k celé řadě negativních důsledků – kromě redukce produkčního objemu rybníků ke ztrátám jejich retenčního potenciálu, degradaci kvality prostředí a zvýšenému odnosu nerozpuštěných látek a živin při výlovech. Je známo, že v rybničním sedimentu je deponováno velké množství živin (hlavně fosforu) [10], o tom svědčí ostatně i koncentrace fosforu na odtoku z rybníka v průběhu vegetační sezóny, které jsou obvykle výrazně nižší než na přítoku (Obr. 1). Fosfor deponovaný v sedimentech je však produkčním procesům v rybníce dostupný jen v omezeném rozsahu, povětšinou pouze v důsledku bioturbace sedimentů kaprem [11] – může však představovat eutrofizační riziko pro povrchové vody níže v povodí. Vypouštění a výlov rybníka spojený se zvýšeným

zákalem je proto faktor vyvolávající v těchto souvislostech v odborné i laické veřejnosti řadu otázek [12][13].



Obr. 1. Koncentrace fosforu ($P-PO_4$) na přítoku a odtoku rybníků jižní Moravy ve vegetačním období 2009.

Výlov rybníka uzavírá hospodářský cyklus chovu ryb, kdy jsou rybníky vypouštěny a loveny na začátku či na konci vegetačního období. Během vypouštění vody při výloveh dochází ke zviření sedimentu a vyplavování velkého množství nerozpuštěných látek (NL) a živin, především fosforu (P) [5].

Přestože celkové množství P a NL, které odečte během výlovu, často tvoří (nebo se předpokládá, že tvoří) významné množství z pohledu celoroční látkové bilance, o dynamice tohoto vyplavování v samotném průběhu lovení rybníka je známo jen velmi málo a spíše se jedná o poznatky založené na zkušenostech praktiků rybníkářského subjektu.

2 LOKALITY A METODIKA

2.1 Kvalita vody vypouštěné při výlovu

Pro sledování, motivovaná snahou o objasnění těchto otázek, bylo v letech 2013 a 2014 zvoleno několik rybníků v ČR (rybníky Horák, Fišmistr, Baštýř a Pěšák v Nadějské rybníční soustavě a rybníky Vrkoč, Šibeník a Nesyt na jižní Moravě) a několik rybníků v Dolním Rakousku (Gebhartsteich, Neuteich, Haslauerteich a Bruneiteich v regionu Waldviertel). Rakouské rybníky byly obhospodařovány v režimu organického chovu, jehož cílem je mj. i redukce důsledků chovu pro kvalitu vnějšího prostředí.

Frekvence odběrů byla odvislá od velikosti vybraného rybníka a množství vypouštěné vody. V počátku vypouštění byly odebírány vzorky v denních intervalech bodovým vzorkováním. Při vypouštění poslední cca desetiny až třetiny objemu (podle velikosti rybníka) byly odebírány dílčí vzorky každou půl hodinu a byl vytvořen prostý slévaný vzorek.

2.2 Kvalita vody vypouštěné v jednotlivých fázích výlovu

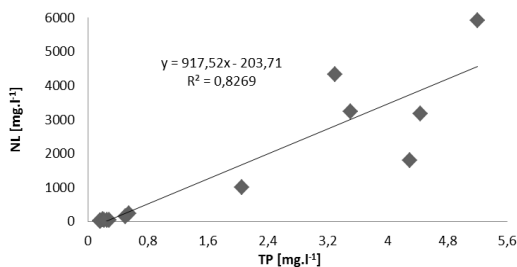
Vlastní proces výlovu (“lovení”) rybníka se skládá z několika technologických úkonů, které mají přirozeně různý vztah k víření sedimentů v lovišti a tím i kvalitě odtékající vody. Základními pracovními operacemi výlovu, které je z tohoto pohledu nutno zohlednit, jsou:

- “strojení rybníka” – fáze trvající podle velikosti rybníka několik dní až týdnů, kdy je z rybníka vypouštěna voda s cílem koncentrovat obsádku v minimálním, nezbytně nutném objemu vody, zaručujícím podmínky welfare po dobu lovení.
- “sháňka”, kdy jsou ryby před jednotlivými zátahy lovicími, kteří vstoupili do loviště, natlačovány do prostoru pro použití zátažové sítě. V bezprostřední návaznosti na ni nebo souběžně s ní probíhá i zátaž sítí nevodem nebo zvednutí podložní sítě s následnou koncentrací ryb v “jádro” sítě. Tato akce trvá obvykle 30 – 60 minut podle velikosti rybníka.
- “nakládka” přestavovaná “vydáváním” (vybíráním) ryb ze sítě, jejich “brakováním” (tříděním) a nakládáním na transportní prostředky. Nakládka je časově nejnáročnější operace, která trvá v závislosti na množství “zatažených” (v síti zachycených) ryb řádově několik hodin.
- vypouštění vody z loviště, spojené obvykle s výměnou za vodu čerstvou pro udržení přiměřených podmínek (obsah kyslíku) pro ryby v síti nebo pro zbylé ryby, které budou loveny v další fázi (obvykle následující den).

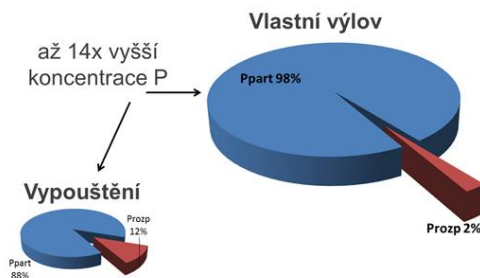
Chemické analýzy byly během období vypouštění a vlastního výlovu primárně zaměřeny na stanovení koncentrací fosforu celkového (P_{celk}) a rozpuštěného (Prozp), z jejichž koncentrací byla následně vypočítána koncentrace partikulovaného (částicového) fosforu (P_{part}), vázaný na částice nerozpuštěných látek, které po různě dlouhé době sedimentují. Koncentrace nerozpuštěných látek proto byla rovněž předmětem sledování.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Kvalita vody vypouštěná při výlovu významně kolísá nejenom podle podmínek na jednotlivých rybnících (např. typ loviště, průtok vody lovištěm a možnosti jeho regulace, způsob lovu atd.), ale i v průběhu samotného výlovu podle toho, jaké činnosti aktuálně probíhají. V průběhu sledování výlovů rybníků v ČR a Rakousku byla prokázána průkazná závislost koncentrace celkového fosforu na množství nerozpuštěných látek v průběhu vypouštění a vlastního výlovu ($r = 0,83$; Obr. 2). Rozdíly v hodnotách celkového fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovů rybníků mezi našimi a rakouskými organickými rybníky nebyly pozorovány, přestože minimalizace vlivů na vnější prostředí, včetně kvality odtékající vody, je jedním z cílů organických chovů. Nicméně, management kaprových rybníků je v porovnání s intenzivními chovy natolik specifický, že podmínky organických chovů se na kvalitě vody projeví jen velmi omezeně nebo vůbec ne. To je patrné i výsledků hodnocení kvality zooplanktonu a prostředí klasických a organických kaprových rybníků [14].

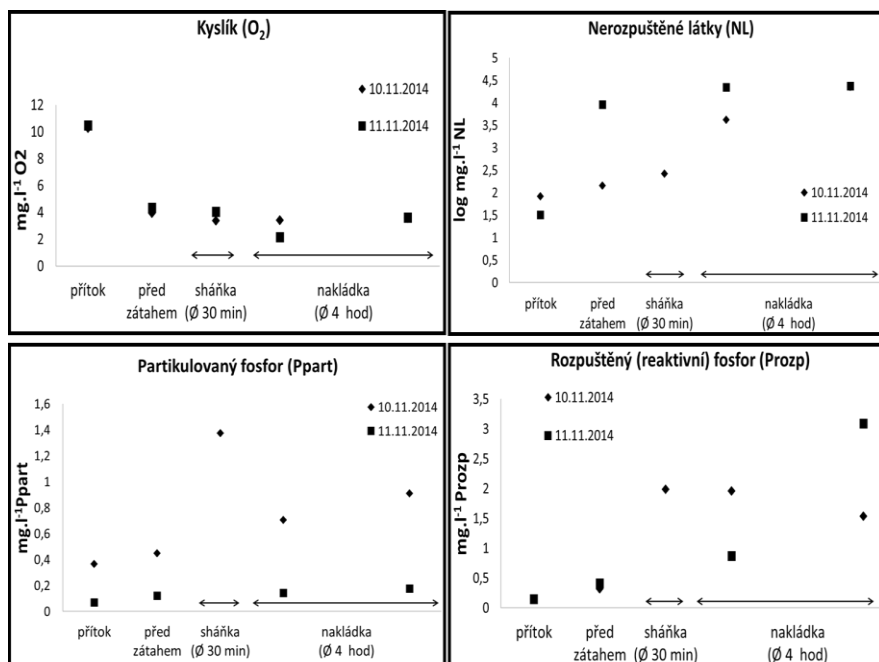


Obr. 2. Vztah mezi koncentrací nerozpuštěných látek (NL) a celkového fosforu (TP) v průběhu výlovů rybníků.



Obr. 3. Podíl aktivního rozpuštěného fosforu (Prozp) a partikulovaného fosforu (Ppart) při vypouštění rybníků a vlastních výlovech.

Kvalita vody v průběhu vypouštění (strojení) rybníků byla srovnatelná s kvalitou vody odtékající z rybníků v průběhu vegetačního období (průměrné koncentrace Pcelk 0,24 mg.l⁻¹ a NL 62,1 mg.l⁻¹), což je v dobrém souladu se zjištěnými údaji [5]. Při vlastním výlovu však odtékaly až 14x vyšší koncentrace celkového fosforu a více než 40tinásobně vyšší koncentrace nerozpuštěných látek (průměrné koncentrace Pcelk 3,33 mg.l⁻¹ a NL 2803 mg.l⁻¹). Nicméně, z pohledu eutrofizačního rizika je velmi důležité konstatovat, že fosfor obsažený ve vypouštěném sedimentu byl v průměru z více než 98 % tvořen fosforem vázaným na nerozpuštěné látky (Obr. 3), který není považován za přímo rizikový pro iniciaci eutrofizačních procesů. Tato forma fosforu je obdobou tzv. erodovaného fosforu, splachovaného z polních ploch při náhlých srážkových epizodách, jehož eutrofizační potenciál stanovili [15] jako 4 % celkového obsahu fosforu.



Obr. 4. Změny koncentrace rozpuštěného kyslíku, nerozpuštěných látek a fosforu v průběhu lovení rybníka Šibeník. Pozn.: vzorky přítoku a před zátahem byly odebírány (měřeny) bezprostředně (max. 10 minut) před zahájením výlovu.

Z hlediska významu jednotlivých fází vlastního výlovu rybníka pro odtok fosforu nebyl zjištěn významný rozdíl mezi sháňkou, zátahem, nakládkou a odpuštěním loviště (Obr. 4), v jejichž průběhu vzrůstá koncentrace celkového

fosforu dvojnásobně oproti stavu před lovením a dosahuje hodnot okolo 1 mg.l^{-1} . Hodnoty rozpuštěného (~ reaktivního) fosforu (Prozp) vzrostly v rozmezí adekvátním jeho podílu na Pcelk z průměrné hodnoty $0,23 \text{ mg.l}^{-1}$ před zahájením výlovu na $0,50 - 0,64 \text{ mg.l}^{-1}$ v jeho průběhu. Podobný průběh byl patrný i v koncentraci nerozpuštěných látek, která vzrostla z průměrných hodnot 49 mg.l^{-1} před zahájením výlovu na cca desetinásobek při sháňce a zátahu (4488 mg.l^{-1}) a dále na hodnoty 22 000 a více mg.l^{-1} při nakládce a odpouštění loviště. V koncentraci rozpuštěného kyslíku byl naopak patrný opačný trend, tj. pokles z hodnot přes 10 mg.l^{-1} před zahájením výlovu na průměrné hodnoty mezi 3 – 4 mg.l^{-1} v jeho průběhu.

4 ZÁVĚRY

Výlovy rybníků jsou nedílnou součástí (vyvrcholením) hospodářského cyklu chovu ryb. Dochází při nich k vypouštění značných objemů nerozpuštěných látek a fosforu do recipientů. Přestože vypouštěný fosfor je z velké části (více než 98 %) vázán na nerozpuštěné látky a není tedy přímým rizikem pro podporu eutrofizačních procesů, představuje jistou hrozbu uvolnění ze sedimentů za anoxických podmínek v hypolimniu některých našich nádrží. Možností jak při výloveh zabránit zvýšenému zatížení recipientů fosforem a nerozpuštěnými látkami není mnoho a ani dosavadní stupeň znalostí o této problematice toho zatím mnoho neslibuje. V úvahu připadající sedimentační nádrže pod hrázemi rybníků, různé zádržné systémy [13] nebo odvodňovací vaky [16] budou vyžadovat ještě mnoho úsilí při vývoji a výzkumu jejich využitelnosti pro potřeby rybníkářství.

Do budoucna tedy bude stále důležitější se zamyslet nad otázkou, jak tento odtékající sediment zachytit a následně využít např. v zemědělství, odkud ostatně ve většině případů pochází. Pro rybníční hospodáře vyplývá z těchto závěrů zamyšlení nad procesem přípravy rybníků k výlovům a nad technologií samotného způsobu lovení a pro rybářský výzkum nutnost zabývat se nejen koncentracemi, ale i bilancí a kvantifikací fosforu a nerozpuštěných látek odtékajících z rybníků s ohledem na jednotlivé fáze rybníkářského managementu (strojení, výlov, napouštění, zimování, jarní období bez příkrmování, vegetační období s příkrmováním, případně bez něj).

Literatura

- [1] PECHAR L. *Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds*. Fisheries Management and Ecology. 2000. 7: 23–31.

- [2] HLAVÁČ D., MÁŠILKO J., HARTMAN P., BLÁHA M., PECHAR L., ANTON-PARDO M., ADÁMEK Z. *Effects on water quality and nutrient budget from supplementary feeding of common carp (Cyprinus carpio L.) with modified cereals*. J. Appl. Ichthyol. 2015. In press.
- [3] KRÁSA, J., et al. *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. Certifikovaná metodika pro praxi*. 2013. ČVUT Praha, 55 p.
- [4] KAINZ E. *Zur Auswirkung von Karpfenteichabflüssen auf die Wasserqualität vor Vorflutern*. Österreichs Fischerei. 1985. 38(4):88–96.
- [5] POTUŽÁK J., DURAS J. *Jaké riziko představují rybníky v procesu eutrofizace vodních nádrží*. In: Vodní nádrže 2012. Brno: 68–72.
- [6] VŠETIČKOVÁ L., ADÁMEK Z., ROZKOŠNÝ M., SEDLÁČEK P. *Environmental impacts of carp pond farming on discharged water quality*. World Aquaculture. 2013. 44(4): 46–49.
- [7] HLAVÁČ D., ADÁMEK Z., HARTMAN P., MÁŠILKO J. *Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality: a review*. Aquaculture International. 2014. 22:299–320.
- [8] VALLOD D., SARRAZIN B. *Caractérisation de l'effluent de vidange d'un étang de pisciculture extensive*. Hydrological Sciences Journal. 2008. 55(3): 394–402.
- [9] HLAVÁČ D., HARTMAN P., ANTON-PARDO M.T., BAUER C., REGENDA J., ADÁMEK Z. *Transport fosforu a nerozpuštěných látek při výloveh českých a rakouských rybníků*. 2014. Rybníkářství, 18: 6.
- [10] BÍRÓ P. *Management of pond ecosystems nad trophic webs*. Aquaculture. 1995. 129: 373–386.
- [11] ADÁMEK Z., MARŠÁLEK B. *Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: a review*. 2013. Aquaculture International, 21(1):1–17.
- [12] BANAS D., MASSON G., LEGLIZE L., USSEGLIO-POLATERA P., BOYD C. *Assessment of sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France*. Environmental Pollution. 2008. 152: 679–685.
- [13] LEFRANÇOIS P., PUIGAGUT J., CHAZARENCO F., COMEAU Y. *Minimizing phosphorus discharge from aquaculture ponds by a novel sediment retention system*. Aquacultural Engineering. 2010. 43: 94–100.
- [14] ANTON-PARDO M., HLAVAC D., BLAHA M., BAUER C., ADAMEK Z. *Zooplankton in carp (Cyprinus carpio) ponds: organic vs. conventional management*. In: Adding Value. Aquaculture Europe, Donostia-San Sebastián. 2015. p. 59.

- [15] BOROVEC J., JAN J., HEJZLAR J., KRÁSA J., ROSENDORF P. *Eutrofizační potenciál erozních částic v nádržích*. In: Vodní nádrže 2012. Brno: 57-61.
- [16] VANÍČEK M. *Chytré řešení pro odbahnění a protierozní ochranu břehů*. Vodní hospodářství. 2014. 84(9): 21-22.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a projektu QJ1220233 (Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR); a dále pak za finanční podpory Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (projekt č. 074/2013/Z).



POSUZOVÁNÍ STAVU RYBNÍKŮ PODLE LITORÁLU A ŘASOVÝCH NÁROSTŮ

PERIPHYTON COMPOSITION PROVIDES INFORMATION ABOUT THE
HEALTH OF POND ENVIRONMENT

Olga LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ✉

*Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích*
✉oskacelova@prf.jcu.cz

Abstract

Some species of algae and cyanobacteria, occurring in periphyton (phytobenthos), can be used for a preliminary evaluation of an environmental health of fishponds. The complete analysis is time and skills demanding but we can recommend some significant species with a noticeable shape, that are typical for various trophic degrees.

Key words

Fishpond, periphyton, phytobenthos, eutrophic, oligotrophication, management, cyanobacteria, diatoms, green algae

1 ÚVOD

Rybníky jsou nejčastějším vodním útvarem v ČR. Ačkoliv byly uměle vytvořeny člověkem, mnohé z nich za staletí své existence vrostly do krajiny a převzaly ekologickou funkci mokřadů, kterých naopak zcivilizováním krajiny drasticky ubylo. Oproti původním mokřadům, jezerům i údolním nádržím je jejich biota mnohem proměnlivější, těsně svázaná se způsobem využívání a může se výrazně změnit sezónu od sezóny. Během posledního století proběhly na velké většině hospodářských rybníků změny způsobené postupným zintenzivňováním rybníkářské produkce [1][2] a ty se odrazily ve změnách vývoje kvality vody a tím oživení rybníků. Zanedbání údržby, zejména absence odbahňování, zapříčinila pokles hospodářské výtěžnosti z rybníků. Současně napouštění rybníků na co nejvyšší hladinu bez sledování stavu hrází a jejich včasné opravy spolu vedla v některých případech k jejímu protržení a tragickým povodňovým následkům. Drobné lesní rybníky, které se intenzifikací vyhnuly, se zase během druhé poloviny dvacátého století často ocitly bez péče (pokud nejsou využívány a opečovávány rybářským svazem). Mnohé z nich byly zamedněny a některé

zanikly po protržení hráze. V 90. letech se změnil oficiální pohled na rybníky: ekosystémy prakticky všech rybníků jsou chráněny jako významné krajinné prvky, mnohé požívají různého stupně ochrany. K obnově rybníčních ekosystémů bylo přistoupeno zejména v chráněných územích, kde je prioritní uchování resp. návrat biodiverzity pomocí správného managementu. Rybníky chráněné jako rezervace zůstaly po privatizaci vesměs majetkem státu. I při stanovení ochranných pásem, bdělosti nad kvalitou přítokové vody (obojí je většinou problematické) je kromě stanovení aktuálních pravidel pro rybářské hospodaření hlavní otázka, jak se vyrovnat se starou zátěží, uloženou v sedimentech (navrácení nádrže do mladšího sukcesního stádia odbahněním).

2 POSUZOVÁNÍ STAVU RYBNÍKŮ PODLE BIOLOGICKÝCH PARAMETRŮ

Stav rybníčního prostředí lze v terénu zběžně zhodnotit podle hodnot průhlednosti vody (měření Secchiho deskou – černobílým kotoučem), rozsahu a stavu litorálu (zastoupení hlavních druhů rákosin) a výskytu submerzní nebo natantní vegetace v pobřežní zóně nebo na ploše rybníka, přítomnosti sinicových vodních květů (okem viditelné shluky) nebo vegetačního zákalu (intenzivní zabarvení vody bez viditelných shluků, snížená průhlednost), přítomnosti a velikostního složení zooplanktonu [3]. Ke vzdělání pracovníků zabývajících se rybníčním hospodařením přispěly kurzy pořádané ENKI o.p.s. navazující praktickým způsobem na mezinárodní kurzy pořádané Botanickým ústavem v Třeboni v rámci programu MaB (UNESCO) v 80. letech.

Méně známý je fakt, že o stavu rybníčního prostředí vypovídají nárosty. Ty byly zahrnuty do hodnocení stavu rybníků v rámci projektu Ministerstva životního prostředí VaV 640/8/00 „Management rybníkářského hospodaření šetrného k přírodě“ (2000-2003), v jehož rámci bylo sledováno více než 200 rybníků s různým stupněm ochrany. Poznatky získané během práce na tomto projektu jsou východiskem informací tohoto příspěvku.

3 CO JSOU TO NÁROSTY

Nárosty (angloamerický termín perifyton) jsou primárně tvořeny organismy přisedlými k podkladu, ale jejich podstatný podíl v nich mohou tvořit i organismy pohyblivé (mnohé rozsivky, některé sinice, prvoci, mikrozoobentos) anebo nesedimentované (planktonní řasy). Běžně se používá termín bentos, což doslova znamená organismy dna, v algologickém smyslu fyto-bentos. Podle typu substrátu pak rozlišuje epifyton (na rostlinách), epilithon (na kamenech),



epipelon (na bahně), epipsamon (na povrchu písku) atd. Trsy řas uvolněné od pokladu nebo plovoucí koláče sinic a rozsivek odtržené ode dna bývají označovány jako metafyton (vznášející se), tento termín je však používán i pro mikroskopické organismy žijící v porostech vodních rostlin (třeba i ponořených mechů). Kvůli této nepřehlednosti považují za nejvhodnější používat v praxi český termín „nárost“.

4 METODICKÉ POZNÁMKY KE STUDIU NÁROSTŮ

Studium nárostů z kvalitativního hlediska lze provádět dvojím způsobem. Metodicky jednodušší je studium nárostů na podkladech exponovaných do nádrže [4]. K tomu se využívají obvykle plováky se zavěšenými podložními skly, která jsou po určitých časových intervalech pozorována pod mikroskopem. Tímto způsobem lze provést srovnání mezi různými nádržemi (např. lesní oligotrofní versus polní – eutrofní [5], avšak se zde minimálně v prvních měsících sledování jedná o zachycení pionýrských druhů [6] osidlujících tento typ podkladu. Naproti tomu na přirozených podkladech dlouhodobě v nádrži exponovaných bývá složení nárostů odlišné, pionýrské druhy jsou vesměs vystřídány následovnými organismy a obvykle tvoří jen malou část spektra.

Sezónní dynamika ve složení nárostů (obdobně jako ve fytoplanktonu) je výrazněji členěná v eutrofních vodách (od rozsivek přes zelené řasy k nástupu sinic v letním období a opětovné dominanci rozsivek) oproti vodám oligotrofním až mezotrofním (dominance rozsivek po většinu sezóny) [7].

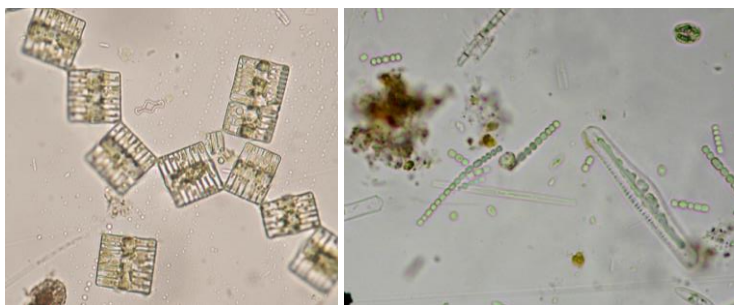
Na přírodních podkladech probíhá sukcese po celou dobu jejich expozice ve vodním prostředí. Pro podrobné prostudování biodiverzity v nádrži je třeba posbírat různé podklady. Největší vypovídací hodnotu mají nárosty na dlouhodobě exponovaných podkladech, jako jsou kameny hráze rybníků, stařina z loňských rákosin, ponořené dřevo.

Odběry nárostů z přírodních podkladů provádíme stíráním povlaků nebo seškrabováním krusty. Měkkou vodní vegetaci (např. lakušník, stolístek) propereme do lahvičky s vodou z lokality. Povlaky dna nasajeme opatrně pipetou, abychom sediment příliš nezvířili, korovité povlaky jemně odloupneme. Trsy vláknitých řas sbíráme přímo. Je třeba zaznamenat typ a umístění podkladu (příklad odběru z rákosy: mladé zaplavené listy – mladé stonky – stařina: plovoucí stébla – loňské stonky ukotvené ve dně – opad pokrývající dno). Materiál s vodou z lokality konzervujeme formaldehydem na výslednou koncentraci cca 2-4% .

5 SLOŽENÍ NÁROSTŮ V RYBNÍCÍCH S RŮZNOU ÚŽIVNOSTÍ

Platí obvyklé pravidlo: čím hustší fytoplankton, tím nižší průhlednost vody a méně příznivé podmínky pro nárostové řasy. Naopak při vysoké průhlednosti a nízké koncentraci fytoplanktonu mohou být nárosty dobře vyvinuty.

Pro dystrofní a oligotrofní (vesměs kyselější) vody jsou typické nárosty rozsivkových kolonií *Tabelaria flocculosa* (Obr. 1 vlevo) a *T. fenestrata* tvořících hnědé slizké třásně. Tento rod je dobře poznatelný i při malém zvětšení (objektiv 20x nebo i 10x) a lze jej považovat za indikační pro vody s nízkou trofií. Dále bývají v čistých vodách zastoupeny zejména drobné druhy rozsivek rodu *Eunotia* a *Pinnularia* (drobné, ale i velké druhy). Z vláknitých řas se můžeme setkat se zelenou řasou s větvenými stélkami rodu *Bulbochaete*, která je rovněž snadno poznatelná. S těmito zástupci čistých vod se v živinami zatížených rybnících prakticky nesetkáme, jsou typické pro lesní rybníky nebo tůň se zarostlými litorály.



Obr. 1. Pohled na kolonii rozsivek rodu *Tabelaria flocculosa* pod mikroskopem (vlevo), Pohled na kolonii rozsivek rodu *Rhopalodia gibba* pod mikroskopem (vpravo).



Obr. 2. Pohled na vláknité řasy *Chaetophora cornu-danaue* (vlevo); *Cladophora* s epifyty – *Cocconeis*, *Rhoicosphenia* (vpravo).

Druhým pólem je oživení neznečištěných vod s vyšší vodivostí vlivem podloží alkalických nebo mírně slaných. Zde lze za indikační druhy rozsivek považovat rody *Epithemia* (zejména druhy *E. adnata* a *E. turgida*, které jsou si velmi podobné, drobnější snadno poznatelný druh *E. sorex* - je o trochu odolnější) a zejména rovněž tvarově nápadnou rozsivku *Rhopalodia gibba* (Obr. 1 vpravo).

Zmíněné druhy při znečištění ustupují. Druhy zmiňované z alkalických vod dobře snášejí prostředí přirozeně eutrofních mokřadů, ale jsou citlivé vůči vyšším hodnotám saprobity.

Nápadné a snadno poznatelné prvky nárostů neznečištěných vod najdeme i mezi sinicemi a zelenými řasami. Okem viditelné kulovité (nebo splývající ve větší nepravidelné stélky o velikosti až několik milimetrů) tvoří sinice rodu *Gloeotrichia* (např. *G. natans*), jasně zelenou barvu mají stélky řas rodu *Chaetophora* (*Ch. pisiformis*, *Ch. elegans*), příbuzná *Chaetophora cornu-danae* (Obr. 2 vlevo) dostala jméno podle stélky připomínající miniaturní paroži daňka. Z vláknitých sinic lze ještě jmenovat rod *Tolypothrix* (*T. tenuis*, *T. lanata*) typický pro mezotrofní vody, v eutrofních rybnících zcela chybějící.

Tvarově nápadné rozsivky bývalého rodu *Cymbella* (nyní rozčleněny do několika samostatných rodů) se vyskytují ve směsi s jinými druhy od čistých po středně znečištěné vody (podle ekologické valence jednotlivých druhů). Dokážou vytvořit zajímavý nápadný jev: slizovité střapcovité trsy, které jsou schopny obrůst všechny podklady např. v nedávno odbahněném rybníce s alkalickým zdrojem vody.

Eutrofní rybníky obsahují v nárostech zejména různé druhy původního rodu *Navicula* (ten byl také rozčleněn do několika nových rodů) a *Nitzschia*, z rozsivek na slizovitých stopkách r. *Gomphonema*. I v těchto rodech se vyskytují zástupci méně znečištěných vod, převaha „lodiček“ (*Navicula*) a „tyček“ (*Nitzschia*, *Synedra*) však napovídá hodně úživnému prostředí.

V hypertrofních rybnících sinice i řasy na ponořených podkladech chybějí a jsou nahrazeny hustými nárosty přisedlých nálevníků, makroskopicky vyhlížejících jako plstnatý světlý nárost.

Samostatnou kapitolou jsou epifyty na vláknitých řasách, hlavně na těch „dlouhověkových“ s pevnou buněčnou stěnou jako je např. známá *Cladophora* (česky žabí vlas, Obr. 2 vpravo). Ve stojatých vodách se vyskytuje několik od sebe těžko rozeznatelných druhů, nás však zajímají organismy přisedlé na jejich vlákních.

V čistých vodách to mohou být řádky drobných sinic rodu *Geitleribactron* (dříve řazena do rodu *Chamaesiphon*). Ze zelených řas například *Aphanochaete repens* tvořící řady buněk s vyčnívajícími ostnovitými trichomy. V alkalických vodách až po střední stupeň trofie a saprobity jsou typické rozsivky rodu

Cocconeis (*C. pediculus*, *C. placentula*), které mohou vlákna řas hustě obalit (připomínají stříšky červců), při silnější zátěži mizí a dominantními se stávají rozsivky *Rhoicosphaenia abbreviata* přisedlé přímo na vlákna nebo na slizovitých stopkách (podobně jako r. *Gomphonema*, od něhož je *Rhoicosphaenia* snadno poznatelná podle schránky při bočním pohledu jakoby zalomené). Ve vodách silně zatížených jsou řasová vlákna obrostlá jen tenkými vláknitými bakteriemi.

6 NÁROSTY JAKO ODRAZ VÝVOJE STAVU RYBNÍKA (DVA PŘÍKLADY Z PRAXE)

Soustava Lednických rybníků na dolním toku Dyje patří k algologicky nejprozkoumanějším lokalitám v ČR. Při zpracování publikace o více než stoletém vývoji jejich oživení [8] byly použity floristické prameny od konce 19. století až po současné (stále probíhající) průzkumy. Se zvyšujícím se zatížením rybníků se změnilo nejen složení planktonu, ale i nárostů. Původně velmi bohatá nárostová společenstva byla značně zjednodušena. Důležité je však zjištění, že nárosty a metafyton citlivě reagují i na krátkodobé změny: biodiverzita se opakovaně zvýšila např. po částečném letnění a při nižších rybích obsádkách, na dlouhodobě sledovaných mikrobiotopech se objevují i citlivější druhy (např. rozsivky rodu *Epithemia*, výjimečně i *Rhopalodia gibba*. Tímto je potvrzena regenerační schopnost litorálů i z pohledu řasové flóry.

Jiným příkladem je zvýšení biodiverzity a nástup oligotrofních druhů na lesním rybníce Boušovka v Chráněné krajinné oblasti Železné hory po revitalizaci odbahněním [9][10]. Zde se již v prvním roce po odbahnění výrazně zvýšila biodiverzita nárostů a posíleno bylo především spektrum organismů typických pro málo úživné, neznečištěné vody.

7 DOPORUČENÍ ZÁVĚREM

Nárostové organismy jsou ekologickou skupinou, která může podat spolehlivou informaci o stavu rybníční biocenózy. Na rozdíl od zaběhnutých metod (fytoplankton, zooplankton, chemismus vody) nejsou k monitoringu stojatých vod prakticky využívány. Hlavním důvodem je to, že kompletní determinace organismů tvořících nárosty a metafyton je náročná, de facto možná jen za pomoci specialistů na jednotlivé skupiny. Přesto lze použít k orientační bioindikaci velmi dobře využít tvarově nápadné sinice a řasy (i mikrozoobentos – stopkaté nálevníky).

Vyobrazení jednotlivých zde uvedených organismů lze najít například v atlasech [11] nebo galerii Algologické laboratoře katedry botaniky přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích [12]. Přehledný stručný atlas zaměřený na nárosty zatím chybí.

Literatura

- [1] PECHAR, L., PŘIKRYL, I., FAINA, R. (2001): Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of 19th century. In: *Květ J., Jeník J. & Soukupová L. (eds.): Freshwater Wetlands and Their Sustainable Future: A Case Study of the Třeboň Basin Biosphere Reserve, Czech Republic*. Man and the Biosphere Series 28, UNESCO & The Parthenon Paris, 31-62 pp.
- [2] PECHAR, L. (1995): Long-term changes in fishpond management as an unplanned experiment: Importance of zooplankton and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science & Technology* 32(4):187-196.
- [3] FAINA, R. (1983): *Využívání přirozené potravy kaprem v rybnících*. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Vodňany, Edice Metodik VÚRH č. 8, 15s.
- [4] SMOOTH, J. S., LANGWORTHY, D. E., LEVY, M., FINDLAY, R. H. (1998): Periphyton growth on submerged artificial substrates as a predator of phytoplankton response to nutritional enrichment. *J. Microbiol. Methods* 32:11-19.
- [5] KITNER, K., POULÍČKOVÁ, A., HAŠLER, P. (2005): Algal colonization process in fishponds of different trophic status. Stuttgart, Arch. Hydrobiol. Suppl. 156, *Algological Studies* 115: 115-127.
- [6] ÁCS, E., KISS, K. T. (1993): *Colonization process of diatoms on artificial substrates the River Danube near Budapest (Hungary)*. *Hydrobiologia* 269(2): 307-315.
- [7] HOAGLAND, K. D., ROEMER, S. C., ROSOWSKI, J. R. (1982): Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (*Bacillariophyceae*). *Amer. J. Bot.* 69(2): 188-213.
- [8] KOPP R., SKÁCELOVÁ, O., HETEŠA, J., MARVAN, P., BEŠTA, T., ZAPOMĚLOVÁ, E., STRAKOVÁ, L., BOHUNICKÁ, M., (2012): Hundred years of the phycological research in Lednice ponds – the impact of the environmental conditions on the development of cyanobacteria and algae. *Acta Musei Moraviae*, Brno 97(1): 1-87.

- [9] SKÁCELOVÁ, O., (2013): *Zpráva z průzkumu sinicové a řasové flóry v chráněném území PP Boušovka v roce 2013*. Ms, depon. In AOPK ČR, SCHKO Železné hory.
- [10] LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ, O., (2014): *Zpráva z průzkumu sinicové a řasové flóry v chráněném území PP Boušovka v roce 2014 (první sezóna po revitalizaci)*. Ms, depon. In AOPK ČR, SCHKO Železné hory.
- [11] SLÁDEČEK V., SLÁDEČKOVÁ A., (1996): *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod: Destruenti a producenti*. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha. 351ss.
- [12] www.sinicearasy.cz/galerie

LITORÁLNÍ PÁSMO JAKO TERCIÁRNÍ STUPEŇ KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ ODPADNÍCH VOD

LITTORAL ZONE AS A TERTIARY LEVEL OF CONSTRUCTED WETLAND

Tereza HNÁTKOVÁ✉, Michal Šereš

Dekonta, a.s, Dřetovice 109, Stehelčevy, Česká republika
✉hnatkova@dekonta.cz

Abstract

In this study, the performance of a constructed wetland for treating wastewater from small farm was tested. The constructed wetland for 75 PE with horizontal subsurface flow at Chrámce, Czech Central Mountains, Czech Republic, was built in 2011. A HF-VF-HF hybrid constructed wetland has been designed to treat wastewater from the agriculture production (processing of fruits, sheep, pigs, production of jams, spirits and wine, etc.). The mechanical pretreatment consists of two accumulation tanks (for different wastewater types) from which the wastewater is intermittently pumped into a settling tank. The treatment system consists of two horizontal flow beds and one vertical flow bed with intermittent feeding. The filters are planted with *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Iris pseudacorus*, *Iris sibirica*, *Glyceria maxima* and *Lythrum salicaria*. For tertiary treatment, three shallow ponds with littoral vegetation are designed. During the feed batch operation the inflow values up to 25,400 mg/L COD and 2,640 mg/L BOD₅ were reduced by up to 99%. The volume of each feed batch was applied at one to five day intervals. Also, the effect of discharged water on the littoral zone of aquatic biotopes has been evaluated. This knowledge is necessary for the creation of a stable, artificial water system.

Keywords

Constructed wetland; wastewater from agriculture, pond, littoral zone

1 ÚVOD

Mezi nejčinnější části vodních biotopů patří litorální pásma (mělkovodní část nádrže při březích a přítoku se sklonem břehů 1:5 a mírnějším, s běžnou hloubkou vody do cca 0,6 metru s plynulým přechodem na souš) a na litorál vhodně navazující přírodě blízké břehy. Do litorálu je soustředěno mnoho forem

vodního života - rozmnožování obojživelníků, výtěr ryb, hnízdění vodních ptáků, výskyt a reprodukce drobných vodních živočichů (potrava pro ryby, ptáky).

Ekostabilizační funkce malých vodních nádrží jako významných krajinných prvků je závislá na vhodném vodohospodářském uspořádání díla, na jeho příznivém tvarování a zasazení do krajiny a na správných formách následného využívání. Intenzivní chov ryb nevytváří předpoklady pro dostatečnou funkci vodních a mokřadních ekosystémů.

2 SYSTÉM KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ A LITORÁLNÍHO PÁSMA

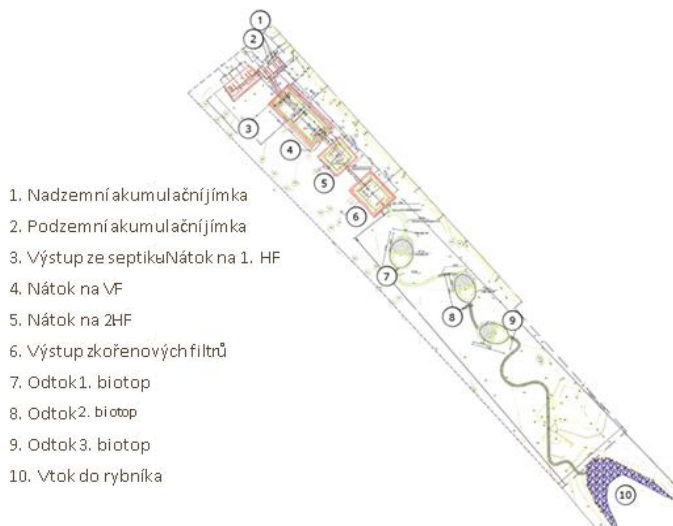
Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV) jsou dlouhodobě využívány k čištění odpadních vod (OV) z domácností [1][2] a v posledních dekadách se hojně využívají také k čištění OV z rostlinné a živočišné výroby [3][4][5][6]. KČOV jsou mnohdy využívány jako terciární systém dočištění OV, ale mohou být efektivně využívány i jako hlavní systém čištění OV pro malá sídla [7]. Na základě české legislativy (Metodický Pokyn k Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.) jsou KČOV řazeny mezi nejlepší dostupné technologie (BAT) v obcích do 500 EO.

Existuje mnoho různých typů KČOV, které se od sebe vzájemně odlišují na základě tří základních kritérií. Těmi jsou hydrologie (mokřad s povrchovým tokem či s podpovrchovým tokem), vegetace (emerzní, submerzní a plovoucí) a směr proudění (horizontální a vertikální) [8]. Nejčastějším typem KČOV využívaným v Evropě jsou čistírny s horizontálním podpovrchovým tokem [2]. Filtry s vertikálním tokem se však v posledních letech dostávají také do popředí [1], [2]. S rostoucím zájmem o využívání KČOV a na základě zvyšujících se požadavků na kvalitu vypouštěných vod z čistíren se v posledních letech začali uplatňovat kombinace více horizontálních (HF) a vertikálních (VF) filtračních polí řazených za sebou. Jedná se o tzv. kombinované KČOV (nazývané též jako hybridní systémy), které zužitkovávají výhody obou typů filtračních polí. Výhoda těchto hybridních systémů spočívá zejména v účinnější eliminaci dusíku [9]. V takovýchto hybridních systémech jsou oba typy filtrů určeny k eliminaci organického znečištění a nerozpuštěných látek [8] přičemž VF dále zajišťují nitrifikaci a HF denitrifikaci [9]. Kombinovaný systém může dosáhnout až 85% účinnosti odstranění N_{celk} [10]. Většina kombinovaných filtrů je odvozena od původního hybridního systému vyvinutého Seidelem v Max Planckově Institutu v německém Krefeldu. Takovéto systémy se skládaly z několika paralelních VF (filtrační lože) za nimiž byly zapojeny 2 – 3 HF (eliminací lože). Brix et al. [1] navrhli systém složený z jednoho velkého HF, na nějž byl napojen menší zkrápěný VF. Vymazal a Kröpfelová [12] popisují využití pokusného hybridního systému složeného ze saturovaného VF, zkrápěného VF, a zkrápěného HF o

celkové ploše 10 m². Výsledky provedených experimentů ukázali vysoký potenciál oxidace Namon a redukce nitrátů (průměrná účinnost redukce Namon byla 78,3 %).

V zájmu hledání účinných a jednoduchých technologií s nízkými finančními a technologickými náklady jsou KČOV vhodným řešením nakládání se zemědělskými OV v rozvojových zemích [13]. Tzv. integrované KČOV nacházejí uplatnění při čištění zemědělských OV také v Evropě [6][11] a jeví se tak jako vhodná alternativa k jiným metodám. Vzhledem k velmi vysokým koncentracím živin v zemědělských odpadních vodách se zemědělství významně podílí na znečišťování podzemních i povrchových vod v globálním měřítku [14]. Z tohoto důvodu je potřeba dále hledat efektivní a zároveň jednoduché a levné způsoby, jak tento problém řešit.

V rámci monitoringu provozu KČOV v Chrámcích se sledují parametry standardně používané k hodnocení účinnosti čistíren odpadních vod. Tyto parametry se sledují na základě nařízení vlády České republiky č. 23/2011 Sb. Jsou to zejména CHSK_{Cr}, BSK₅, celkový fosfor, celkový dusík, amoniakální dusík, a nerozpuštěné látky. Dále jsou z důvodu hodnocení účinnosti odstranění dusíku sledovány koncentrace NO₃⁻ a NO₂⁻.



Obr. 1. Biologické systémy čištění odpadních vod ze zemědělství.

Vzorky byly odebírány na základě závazecího plánu v období od dubna do října 2014. Pro analýzu jednotlivých parametrů byly použity následující metody: CHSK_{Cr} – titrační metoda dichromanem draselným

BSK₅ – oxymetrie

P_{celk} – spektrofotometrická analýza molybdenanem amonným

N_{celk} – spalovací metoda

N-NH₄⁺ – spektrofotometrická analýza s Nesslerovým činidlem

NL – gravimetrie

NO₂⁻ – spektrofotometrická analýza s 4-aminobenzensulfonamidem

NO₃⁻ – spektrometrická analýza s kyselinou sulfosalicylovou.

Pro pravidelný odběr vzorků bylo navrženo celkem 10 odběrných stanovišť (viz Obr. 1). Hodnocení účinnosti bylo založeno na srovnávání koncentrací na vstupu do KČOV (OV v nadzemní a podzemní akumulární jímce a na výstupu ze septiku – bod 1, 2 a 3) a na odtoku z jednotlivých kořenových filtrů (body 4, 5, 6) a z dočišťovacího pásma (bod 10).

2.1 Realizovaná nika

Kořenová pole:*

- rákos obecný (*Phragmites australis*)
- chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)
- zblochan vodní (*Glyceria maxima*)

Litorální pásmo:*

- skřípina lesní (*Scirpus sylvaticus*)
- velký (*Ranunculus lignua*)
- kosatec sibiřský (*Iris sibirica*)
- zevar vzpřímený (*Sparganium erectum*)
- bahnička mokřadní (*Eleocharis palustris*)
- ostřice sp. (*Carex sp.*)
- puškvorec obecný (*Acorus calamus L.*)
- vrbina kytkokvětá (*Lysimachia thyrsoiflora*)

*Uvedené rostliny byly vysazeny dle metodického plánu zohledňujícího možnosti studia jak vitality a prosperity rostlin, tak jejich funkce v průběhu čistícího procesu.

Rostliny jsou vysazeny v hustotě 4-8 na 1 m² přímo do šterku bez zeminy. Po vysázení rostlin byla udržována hladina vody při povrchu lože, do doby, než rostliny řádně zakořenily. Význam vegetace v rámci systému umělých mokřadů:

- Kořeny vegetace poskytují nosič a substrát pro rozvoj a činnost bakterií, které odbourávají organické znečištění,
- rostliny (heliofita) vedou kyslík do kořenové soustavy, a to pasivní difuzí, tlakovou ventilací a Venturiho konvekcí čímž umožňují průběh aerobních rozkladných procesů v mikrozóně,

- přijímají z odpadní vody živiny a další látky (těžké kovy, organické polutanty ap.) a tím snižují jejich koncentraci,
- zvyšují hydraulickou propustnost půdního tělesa,
- transpirací odvádějí část vody ze systému a tím zlepšují mikroklima,
- v zimním období pokosená biomasa a opad částí rostlin tvoří izolaci filtračního lože.

2.2 Eliminace eutrofizace - využití materiálů na bázi strusky

Zemědělská výroba produkuje velké množství látek, které svými účinky ovlivňují kvalitu životního prostředí. Vedle vyložené toxických látek se dnes setkáváme i s látkami, které nejsou ve své podstatě jedovaté, ale jejichž vlastnosti způsobují či podporují jiné negativní jevy. Mezi takové látky patří především živiny, jejichž zvýšené koncentrace v povrchových vodách způsobují zvýšení jejich úživnosti – trofie. Z živin způsobujících eutrofizaci je nejvýznamnější fosfor, neboť fosforu je v přirozeném stavu v povrchových vodách minimální množství, protože je okamžitě využíván organismy ve vodě žijícími k jejich růstu. Proto je nutné přistupovat k opatřením umožňujícím omezit přísun fosforu do povrchových vod a popřípadě snížit množství fosforu přímo ve vodách.

Odstraňování fosforu lze zvýšit použitím materiálů, které vykazují vysokou sorpční schopnost (schopnost vázat jiné látky), např. struskou. Fosfor reaguje s vápníkem přítomným ve strusce v zásaditém prostředí a reakcí vznikají nerozpustné vápenaté sloučeniny, které zůstávají zachyceny ve strusce.

Struskový materiál je vhodné umístit do nosných konstrukcí (např. k tomuto účelu modifikovaných gabionů), což umožňuje snadnou manipulaci s materiálem v případě nutnosti jeho výměny, zamezuje jeho nežádoucímu pohybu v případě zvýšeného průtoku vody a při správném způsobu uložení minimalizuje i zanášení strusky nerozpustnými látkami.

Využití struskových náplní v reaktivních bariérách je možné až po provedení řady fyzikálně-chemických a toxikologických analýz, včetně výluhových testů. Složení strusky značně kolísá podle typu technologie a složení vstupních surovin a je tedy třeba používat materiály účinné a bezpečné pro životní prostředí. Vhodným materiálem je například speciálně upravená struska z metalurgické výroby železných kovů, jejíž vlastnosti, v rámci svých výzkumných aktivit, popsala společnost Dekonta, a.s. Po vyčerpání sorpční kapacity může struska dále plnit funkci pevného nosiče jako šterková náplň, případně je ji možné ekonomicky nenáročně zpracovat – např. uložením do zásypu. Doporučovaný cyklus výměny strusky je v řádu několika let.

2.2.1 Obnova mokřadních ploch a litorálních pásem

Ve většině případů je nejenom ekologické, ale i ekonomické zachovávat stávající mokřadní biotopy a vytvářet nové na místech k tomu vhodných. Mokřady jsou jedním z nejsložitějších ekosystémů, které jsou díky svému přechodnému postavení mezi souší a vodou jedním z nejpestřejších a nejproduktivnějších, často s velkým množstvím vzácných a ohrožených druhů organismů.

Zakládání nových umělých mokřadů vede k posílení ekologické stability krajiny. Struska v umělých mokřadech slouží jako filtrační a reaktivní materiál a zároveň i pro ukotvení rostlin, které hrají, díky své schopnosti akumulovat fosfor, významnou roli při jeho odstraňování z povrchových toků.

Uvnitř umělého mokřadního systému je třeba provést taková opatření, aby byl dostatečně průtočný a současně se mohl vyvíjet jako hodnotné přírodní území. Živiny a unášené látky se zde usazují, a mohou být využity přítomnými organismy. Půda je nasycena vodou a intenzivní výpar z vodní hladiny a z rostlin zvlhčuje místní klima a přispívá ke stabilitě malého vodního oběhu. Prosperující mokřadní rostliny pak dodávají neopomenutelný estetický prvek, který v řadě případů disponuje i produkční funkcí a dodává tak utilizaci reziduálních koncentrací živin i ekonomicky vyčíslitelnou hodnotu.

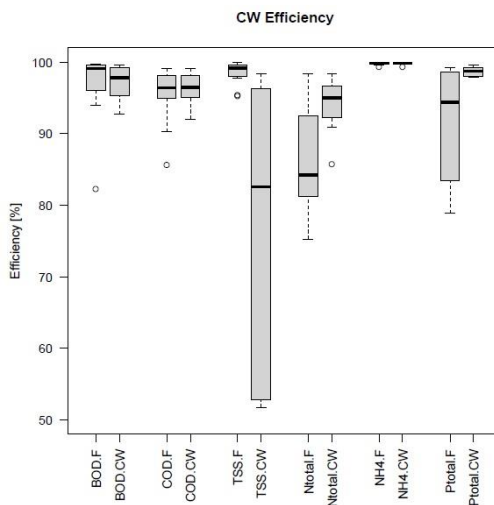
To vše vede v kombinaci s novými provzdušňovacími prvky k celkovému zvýšení množství kyslíku ve vodách. Přesto může trvat až několik let, než bude množství kyslíku ve vodě u dna dostatečné během celého letního období, avšak období bez kyslíku se významně zkrátí. Lze očekávat nárůst podvodní vegetace v důsledku zvýšení čistoty a průhlednosti vody. Se zvýšeným obsahem kyslíku budou v rybníce výrazně lepší životní podmínky pro ryby a další živočichy, rybník se dostane do ekologické rovnováhy.

V důsledku zvýšené čistoty vody, omezení rozvoje toxických sinic a oživení ušlechtilými rybami se významně zvýší rekreační hodnota jak pro koupání, tak pro rybaření. Rybník v ekologické rovnováze má také velký význam jako krajinnotvorný prvek.

2.3 Účinnost kořenových filtrů vs. účinnost celého systému

Pozitivní efekt dočišťovacího pásma na kvalitu výstupní vody není zcela jednoznačný, jak je patrné z grafu na Obr. 2. Na grafu je zobrazena kumulativní účinnost čistírny za kořenovými filtry (F) a na konci dočišťovacího pásma (CW). U parametrů BSK₅, CHSK_{Cr}, NH₄⁺ není pozorován významný rozdíl (viz Tab. 1). Významný pozitivní vliv dočišťovacího pásma je patrný u celkového dusíku a celkového fosforu. Koncentrace celkového dusíku na výstupu z kořenových filtrů se pohybuje okolo 4,6 mg.l⁻¹, kdežto za dočišťovacím pásem jsou

koncentrace o polovinu nižší. Koncentrace fosforu jsou na konci dočišťovacího pásma téměř 3x nižší, než za kořenovými filtry. Naopak výrazně negativní vliv rybníčků je pozorován u nerozpuštěných látek. Koncentrace NL na výstupu z kořenových filtrů se pohybují okolo 3 mg.l^{-1} zatímco na konci celého systému je to skoro 145 mg.l^{-1} . Průměrné hodnoty jsou však pravděpodobně významně zvyšovány epizodními vysokými koncentracemi nerozpuštěných látek na začátku vegetační sezóny.



Obr. 2. Účinnost eliminace vybraných parametrů za kořenovými filtry (F) a za KČOV(CW)

3 ZÁVĚR

Hybridní HF-VF-HF systém s navazujícím mokřadním dočišťovacím pásmem tvořeným třemi rybníky se jeví efektivním řešením nakládání s odpadními vodami z živočišné i rostlinné výroby. Ačkoliv jsou tyto vody charakteristické vysokým obsahem organického znečištění a také živin, technické uspořádání, filtrační materiál i vysázená vegetace zajišťují vysokou účinnost odstranění všech sledovaných parametrů a KČOV tak splňuje legislativní požadavky. Mokřad poměrně efektivně eliminuje dusík. Toho je dosaženo díky zařazení tří typů filtrů s různým způsobem napouštění za sebou. Systém také účinně eliminuje fosfor. Vysokých účinností odstranění tohoto parametru je dosaženo s využitím speciálního filtračního materiálu. KČOV ve druhém roce provozu zlepšila svou účinnost zejména při odstraňování

nerozpuštěných látek a celkového dusíku. Lze očekávat, že s postupující stabilizací systému se účinnost kořenové čistírny bude nadále zlepšovat. Zapojení litorálního pásma za hybridní KČOV se jeví jako vhodný prvek terciárního stupně dočištění OV zejména za účelem eliminace živin. Stejně tak funkce litorálu jakožto krajinnotvorného a ekologického prvku podporujícího biodiverzitu dotčeného území se jeví jako prospěšná.

Tab. 1. Hodnocení účinnosti systému v roce 2014

PARAMETR	KOŘENOVÉ FILTRY			CELÝ SYSTÉM	
	VSTUP	VÝSTUP	ÚČINNOST	Ø VÝSTUP	MAX VÝSTUP
	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	%	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
CHSK	375,2 ± 389	14,1 ± 5	82,7	12,4 ± 1	16,8
BSK₅	124,7 ± 133	2,1 ± 2	89,7	2,7 ± 1	7,5
NL	331,3 ± 508	3,0 ± 1	97,6	145,1 ± 331	1394,0
N_{celk}	44,0 ± 18	4,6 ± 5	89,6	2,7 ± 2	8,1
NO₂	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,02	-	0,06 ± 0,03	0,1
NO₃	1,6 ± 2	2,8 ± 4	-	0,6 ± 1	3,1
NH₄⁺	35,5 ± 14	0,1 ± 0	99,7	0,07	0,1
P_{celk}	6,0 ± 4	3,0 ± 9	53,3	1,2 ± 4	18,5

Literatura

- [1] BRIX H, ARIAS C. A., NIELS-HENRIK J. (2003) Experiments in a two-stage constructed wetland system: Nitrification capacity and effects of recycling on nitrogen removal. In: Vymazal J (ed) Wetl. - Nutr. Met. mass Cycl. Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, pp 237 – 258
- [2] VYMAZAL J. (2005) Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. Ecol Eng 25:478–490.
- [3] CRONK J. K. (1996) Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: a review. Agric Ecosyst Environ 58:97–114.
- [4] KNIGHT R. L., PAYNE V. W. E., BORER R. E., et al. (2000) Constructed wetlands for livestock wastewater management. Ecol Eng 15:41–55.

- [5] DUNNE E. J., CULLETON N., O'DONOVAN G., et al. (2005) An integrated constructed wetland to treat contaminants and nutrients from dairy farmyard dirty water. *Ecol Eng* 24:219–232.
- [6] HARRINGTON R, MCINNES R (2009) Integrated Constructed Wetlands (ICW) for livestock wastewater management. *Bioresour Technol* 100:5498–505.
- [7] SOLANO M., SORIANO P, CIRIA M. (2004) Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater Treatment in Small Villages. *Biosyst Eng* 87:109–118. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2003.10.005
- [8] VYMAZAL J (2011) Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. *Environ Sci Technol* 45:61–9.
- [9] TUNÇSIPER B (2009) Nitrogen removal in a combined vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetland system. *Desalination* 247:466–475.
- [10] KANTAWANICHKUL S, NEAMKAM P, SHUTES R (2001) Nitrogen removal in a combined system: vertical vegetated bed over horizontal flow sand bed. *Water Sci Technol* 44:137–142.
- [11] HARRINGTON C, SCHOLZ M (2010) Assessment of pre-digested piggery wastewater treatment operations with surface flow integrated constructed wetland systems. *Bioresour Technol* 101:7713–7723.
- [12] VYMAZAL J, KRÖPFELOVÁ L (2011) A three-stage experimental constructed wetland for treatment of domestic sewage: First 2 years of operation. *Ecol Eng* 37:90–98.
- [13] ARIAS, M. E., & BROWN, M. T. (2009). Feasibility of using constructed treatment wetlands for municipal wastewater treatment in the Bogotá Savannah, Colombia. *Ecological Engineering*, 35(7), 1070-1078.
- [14] GALLOWAY JN, DENTENER FJ, CAPONE DG, et al. (2004) Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future. *Biogeochemistry* 70:153–226.

**ZKUŠENOSTI S OPATŘENÍMI NA POSÍLENÍ POPULACE
POBŘEŽNICE JEDNOKVĚTÉ (*LITTORELLA UNIFLORA*) V PP
KRÁLEK**

MANAGEMENT EXPERIENCES TO ENHANCE SHOREWEED POPULATION
AT KRÁLEK FISHPOND

Jan KOLÁŘ^{1,✉}, Andrea Kučerová², Petr Hesoun³

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Kamýcká
129, Praha6 - Suchbátka 16521

²Botanický ústav, AV ČR, v.v.i, Dukelská 135, Třeboň 37982

³Městský úřad Jindřichův Hradec, Odbor životního prostředí, Klášterská 135/II,
J. Hradec 37701
✉kolarj@fzp.czu.cz

Abstract

Several management measures were applied at the Králek fishpond in 2007–2012 in order to enhance the vitality of the critically endangered macrophyte species – *Littorella uniflora*. Most measures like littoral or sediment removal had positive impact – the population density increased and massive germination was observed. However, the measures had only short-term effect. After 1–2 years the population started to decline as a result of low water transparency. The main reason is the influx of hypertrophic water from the catchment area. Therefore the improvement of the water quality in the whole catchment area is the main requirement for the long-term stability of *Littorella uniflora* population on this locality. Additionally low fish stock and regular summer drainage (regularly in 5–7 year interval) have to be applied.

Keywords

Littorella uniflora, isoetid, nature conservation, fishpond, management measures

1 ÚVOD

Pobřežnice jednokvětá (*Littorella uniflora* L. Aschrs.) je drobná obojživelná bylina z čeledi *Plantaginaceae*. Osidluje převážně periodicky obnažená dna oligotrofních až mezotrofních vodních nádrží [1] (Obr. 1 vlevo).

V České republice je kriticky ohroženým druhem [2], vyskytujícím se v současné době pouze na 8 lokalitách [3][4]. Jedná se především o extenzivně využívané rybníky (často rekreační) nebo vodárenské nádrže. Většina lokalit je soustředěna v jižních Čechách, na Jindřichohradecku. Porosty pobřežnice mohou zasahovat až do hloubky 2 m [1][5]. Častěji se však vyskytuje pouze při pobřeží, v hloubce mezi 40–60 cm [6]. Pobřežnice ke svému přežívání potřebuje vysokou průhlednost vody, která je v našich podmínkách podmíněna nízkou trofíí nádrže či kolísáním vodní hladiny během vegetační sezony. Nejlépe však prosperuje při kombinaci vysoké průhlednosti vody a občasného vynoření porostů při poklesu hladiny ve vegetační sezóně [7].



Obr. 1. Kvetoucí rostlina pobřežnice jednokvěté (vlevo); vyhrnuté pásy litorálních porostů v r. 2007(vpravo).

2 PŘÍRODNÍ PAMÁTKA - KRÁLEK

Rybník Králek se nachází v Jihočeském kraji, okres Jindřichův Hradec, asi 1,5 km JV od obce Plasná. Jde o extenzivně využívaný rybník o rozloze 3,5 ha. V roce 2000 byl vyhlášen zvláště chráněným územím z důvodu ochrany populací pobřežnice jednokvěté [8], jejíž výskyt na této lokalitě je znám od roku 1988 [9].

Uživatelem rybníka je Rybářství Kardašova Řečice s.r.o., které úzce spolupracuje s orgány ochrany přírody. Z kontrolních odběrů vody a sledování základních fyzikálních a chemických parametrů vody (Tab. 1) vyplývá, že voda je eutrofní, srovnatelná s kvalitou středně živinami bohatých rybníků na Třeboňsku [10]. Rybník v současnosti slouží především k odchovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) (Tab. 2).

Tab. 1. Základní fyzikálně chemické parametry vody rybníka Králek (měřeno vždy v červenci příslušného roku).

	2000	2007	2008	2012
vodivost	275	213	205	196
pH	6,5	8,3	9,1	8,5
KNK4,5(mmol/l)	0,88	1,26	1,16	1,49
TN (mg/l)	1,408	1,636	1,305	0,990
TP (mg/l)	0,039	0,099	0,107	0,020
chlorofyl a (µg/l)	11,9	22,8	32,7	69,9

Tab. 2. Rybí obsádka nasazovaná a slovená v rybníce Králek v letech 2004 - 2010.

		KRÁLEK																				
		druh a kategorie ryb																				
		Ca0		Ca1		Ca2		Lgen		LT		Br+ Of		KT		K2		Ab2				
rok	výlov jaro	nasazení jaro	výlov podzim	nasazení podzim	ks	kg	ks	kg	ks	kg	ks	kg	ks	kg	ks	kg	ks	kg	ks	kg		
2004		x					1500	22.5			150	45										
2004				x											2500	100						
2005																						
2006			x						3330	500			50	40	10000	1000	400	400				
2007		x			80000						120	40										
2008		x					300	30														
2009																						
2010	x								1040	262					2800	540						
2010		x							220	66					2000	60			1000	450	1000	600

Právě udržování nízké obsádky melioračních a detritofágních ryb je jednou z nezbytných podmínek pro zachování vysoké průhlednosti vody, a tím i vitální populace pobřežnice. Z tabulky je zřejmé, že v roce 2006 zde by sloven i tržní kapr (kategorie KT). Ten byl do rybníka Králek splaven z horní části povodí na jaře 2006. Jeho vliv na porosty pobřežnice byl devastující, neboť při výlovu na podzim roku 2006 nebyla na dně rybníka nalezena jediná rostlina pobřežnice jednokvěté (Obr. 2). Proto byly v letech 2007–2012 na lokalitě provedeny postupně různé managementové zásahy pro podporu a rozvoj pobřežnice jednokvěté, kterými se blíže zabýváme v tomto příspěvku. Početnost jedinců pobřežnice pro účely vyhodnocování provedených zásahů byla stanovována součtem jedinců na jednotlivých zkusných ploškách o velikosti 10x10cm a jejich přepočtem na celkovou plochu populace v daném roce. Pro stanovení

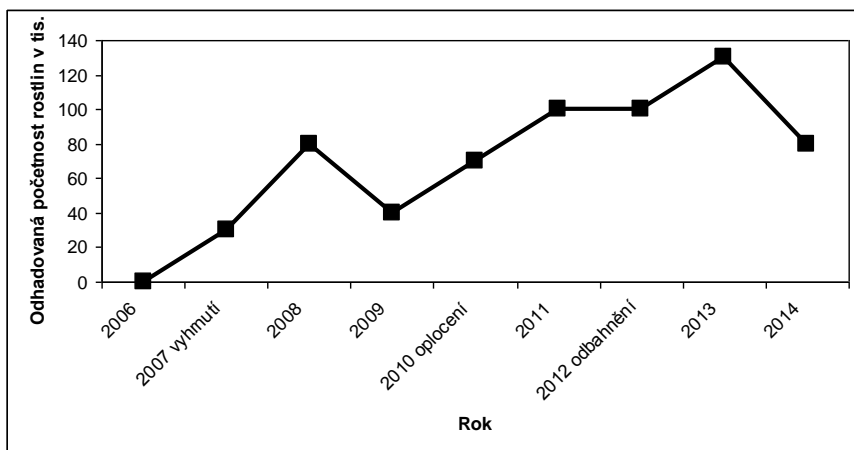
jednotlivých početnostních tříd byla použita upravená metodika podle Szmejj [11].

3 MANAGEMENTOVÁ OPATŘENÍ

3.1 Vyhrnutí části litorálních porostů

V roce 2007 došlo k vyhrnutí části litorálních porostů především při severním břehu rybníka. Dohromady bylo vyhrnuto 5 pásů o celkové ploše cca 0,1 ha. Podstatné bylo stržení drnu, proto zásah nebyl prováděn do větší hloubky než 10 cm (Obr. 1 vpravo).

Tento zásah měl zřejmě pozitivní vliv, protože právě na těchto vyhrnutých plochách vytvořila pobřežnice výraznou dominantu [8] (Obr. 2). Ve stejném roce došlo též k odstranění části dřevin na březích. Hlavním cílem tohoto opatření bylo prosvětlení litorálních partií a oslunění stávajících porostů pobřežnice jednokvěté. Ukázalo se však, že tento zásah, společně s nízkým stavem vodní hladiny, podpořil spíše porosty vysokých ostřic a rákosin [12].



Obr. 2. Odhad početnosti rostlin pobřežnice jednokvěté v letech 2006-2014 s vyznačením provedených zásahů.

3.2 Oplocení porostů pobřežnice

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1, odstranění dřevin na březích (prosvětlení) vedlo spíše k rozvoji porostů vysokých ostřic a rákosu v rybníce, a proto bylo v roce 2010 rozhodnuto orgány ochrany přírody o nasazení meliorační obsádky kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*).

Aby nedošlo k poškození zbývajících porostů pobřežnice, byly tyto oploceny a zabráněno tak přístupu rybí obsádky. Celkem bylo vytvořeno 5 oplocenek o celkové výměře 250 m² (Obr. 3 vlevo).



Obr. 3. Oplocení porostů pobřežnice v roce 2010 (vlevo); ponechané pásy pobřežnice při odbahňování na podzim r. 2012 (vpravo).

Stal se však pravý opak zamýšleného. Těžká ryba svojí činností obnažila některé písčité části dna a vytvořila tak podmínky pro rozvoj pobřežnice (Obr. 2). Naopak v oplocených plochách došlo k rozvoji vysokých rostlin jako chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), ostřice štíhlá (*Carex acuta*) či ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*), které potlačily submerzní rostliny [Hesoun, nepublikovaná data].

3.3 Odbahnění

I přes všechna provedená opatření zůstávala průhlednost v rybníce Králek v letech 2007–2012 nízká a rybník inklinoval spíše k eutrofii (Tab. 1). Hlavní příčinou byl přítok hypertrofní vody z rybníku Horní Kout ležícím v povodí Králku, ale k vyšší trofii přispívala i akumulace živin v samotném Králku a jeho postupující zameňování [8][10]. Na podzim roku 2012 bylo proto přistoupeno k odbahnění rybníka. Bylo odtěženo přibližně 10 000 m³ sedimentu. Část dna o ploše asi 800 m² byla ponechána jako nevyhrnuté pásy (Obr. 3), které měly sloužit jako zdroj semen pro obnovu populace pobřežnice jednokvěté.

Toto opatření ukázalo, že semenná banka na lokalitě je početná, neboť pobřežnice začala poměrně intenzívně klíčit na jaře 2013 právě na odbahněných plochách [Kolář, nepublikovaná data] (Obr. 4). Ponechané pásy sice posléze přerostly vysokými ostřicemi (např. *C. acuta* či *C. versicaria*), zblochanem vodním (*Glyceria maxima*) či chřasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*), ještě předtím zde však pobřežnice stihla vykvést a zaplodit.



Obr. 4. Masové klíčení pobřežnice jednokvěté na vyhnutých plochách na jaře 2013.

4 ZÁVĚR

Většina provedených opatření (vyhrnutí litorálních porostů, meliorační obsádka, odbahnění) měla na populaci pobřežnice jednokvěté pozitivní vliv. Došlo k rozvoji, případně obnově porostů pobřežnice ze semenné banky a zvýšení její početnosti. Tento vliv byl ale jen krátkodobý. V poměrně krátkém časovém období (zpravidla po 1-2 letech) docházelo opět ke snižování průhlednosti vody, k porůstání rostlin pobřežnice řasami nebo k zarůstání porostů pobřežnice konkurenčně silnými druhy v důsledku vysoké trofie vody (Tab. 1). Z dlouhodobého hlediska je pro udržení stabilní populace pobřežnice nezbytné snížit trofii vody a zvýšit průhlednost vody ve vegetačním období. Kvalitu vody v rybníce v současné době ovlivňuje především přítok na živiny bohaté vody z povodí Králku (především z rybníka Horní Kout). Pro dlouhodobé udržení populace pobřežnice je tedy nezbytné snížit trofii vody v celém povodí rybníka. Plán péče by měl dále zahrnovat vhodnou rybí obsádku, nejlépe dravých ryb a pravidelné letnění rybníka, příp. alespoň částečné letnění, v intervalu 5-7 let, tak aby docházelo k pravidelnému kvetení a generativní obnově populace.

Literatura

- [1] HEJNÝ, Slavomil (ed.). *Rostliny vod a pobřeží*. Praha: East West Publishing. 2000. 118 s. 80-7219-000-8.
- [2] Vyhláška 395/1992 Sb. Ministerstva životního prostředí České republiky v platném znění, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

- [3] CHYTRÝ, Milan (ed.). *Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace*. Praha: Academia. 2011. 828 s. 978-80-200-1918-9.
- [4] KOLÁŘ, Filip & KOLÁŘ, Jan. *Littorella uniflora L. (Asch.) - pobřežnice jednokvětá* - In: LEPŠÍ, Martin & LEPŠÍ, Petr. *Nálezy zajímavých a nových druhů v květeně jižních částí Čech XX*. Sbor. Jihoč. Muz. Čes. Bud., Přír. Vědy. 2014. s. 108-109. 978-80-87311-42-4
- [5] PROCHÁZKA, František & HUSÁK, Štěpán. *Littorella uniflora (L.) Ascherson.* - In: ČEŘOVSKÝ, Jan, FERÁKOVÁ, Viera, HOLUB, Josef, MAGLOCKÝ, Štefan & PROCHÁZKA, František (eds.), *Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR. 5. Vyšší rostliny*. Bratislava: Priroda. 1999. 453 s. 80-07-01085-8.
- [6] SZĄNKOWSKI, Marcin & KLOSOWSKI, Stanislaw. *Habitat variability of the Littorelletea uniflorae plant communities in Polish Lobelia lakes*. Hydrobiologia 570. 2006. s. 117–126. DOI 10.1007/s10750-006-0170-8.
- [7] SMOLDERS, A.J.P., LUCASSEN, E.C.H.E.T. & ROELOFS, J.G.M. *The isoetid environment: biogeochemistry and threats*. Aquatic Botany 73. 2002. s. 325–350. DOI 10.1016/s304-3770(02)00029-3
- [8] Hamerský potok. [online]. *Plán péče o PP Králek na období 2010-2019*. AOPK. [cit 2015-04-22]. Dostupný z : http://drusop.nature.cz/ost/archiv/plany_pece/ug_file.php?FULLTEXT_UPLOAD=&RECORD_ID=23308
- [9] HROUDA, Ladislav. *Záznamy z Tábořského floristického kurzu* – In: *Floristická databáze Jihočeské pobočky ČBS*. [online] [cit 2015-04-22]. Dostupný z : http://portal.nature.cz/nd/nd_nalez.php?akce=view&akce2=stopValidaci
- [10] PŘIKRYL, Ivo. *Kvalita vody v rybnících z hlediska kategorizace rybníků*. In: Intenzifikace rybářské výroby a kvalita vody. ČSVTS, VŠZ Brno. 1988. s. 18-25.
- [11] SZMEJA, Józef. *Dynamics of the abundance and spatial organization of isoetid population in an oligotrophic lake*. Aquatic Botany 49. 1994 s. 19–32. DOI 10.1016/0304-3770(94)90003-5.
- [12] HESOUN, Petr, HUSÁK, Štěpán, PŘIKRYL, Ivo, SKÁCELOVÁ, Olga & ŠUMBEROVÁ, Kateřina. *PP Králek – sledování vývoje pobřežnice jednokvěté v roce 2007*. 2008. 23 s. [Depon. in: Krajský úřad Jihoč. kraje, obor ŽP, Čes. Budějovice].

JAKÉ TYPY RYBNÍKŮ PREFERUJÍ VELCÍ POTÁPNÍCI A VODNÍ PLOŠTICE?

WHICH POND TYPES ARE PREFERRED BY LARGE SPECIES OF DIVING BEETLES AND AQUATIC BUGS?

Vojtěch Kolář^{1,2,3,✉}; Petr Hesoun⁴; Václav Křivan⁵; Andree van Nieuwenhuijzen⁶; Tomáš Ondáš⁷; Michal Rozkopal⁸; David S. Boukal^{1,2}

¹*Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Entomologický ústav, Branišovská 31/1160, České Budějovice 370 05*

²*Přírodovědecké fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Branišovská 1760, České Budějovice 370 05*

³*Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studenská 13, České Budějovice 370 05*

⁴*Hamerský potok O.S., Nežárecká 103, Jindřichův Hradec 377 01*

⁵*ZO Českého svazu ochránců přírody Kněžice, Kněžice 109, Okříšky 675 21*

⁶*Roseč 48, Jindřichův Hradec, 378 46*

⁷*Přírodovědecké fakulta, Univerzita Karlova v Praze*

⁸*J. Buděšinského 26, České Budějovice*

[✉]*kolarvojta@seznam.cz*

Abstract

We studied the influence of fishpond management and environmental characteristics on large-sized diving beetles (Coleoptera) and bugs (Heteroptera: Nepomorpha), which are important predators in aquatic systems. In 2014 we used live traps to study their communities in 117 ponds in South Bohemia. The ponds were divided in three categories: intensively managed, extensively managed, and without fish. In total 26 species of diving beetles (N=1346) and 6 species of water bugs (N=1580) were found. Overall, the beetles preferred shallow littoral zones with cattail (*Typha*) and rushes (*Juncus*). Species richness declined with increasing altitude and the depth near the trap, while abundance increased with pond area and amount of detritus near the trap. Beetles occurred more in ponds with lower pH, lower conductivity and higher concentrations of dissolved oxygen. More beetles and bugs were found in fishless ponds. On the other hand, some clearly intensively managed ponds with a well preserved littoral zone had similar communities to the fishless ponds. This shows that high density of fish in ponds decreases the diversity and abundance of diving beetles, most likely because it decreases the vegetation in the littoral zone, although

aquatic bugs were less sensitive to intensive management, probably due to their ability to avoid fish predation.

Keywords

Dytiscidae; ponds of south Bohemia; fish stock abiotic and biotic factors

1 ÚVOD

Vodní brouci tvoří důležitou součást vodních ekosystémů. V České Republice se vyskytuje 18 čeledí vodních brouků čítajících zhruba 400 druhů [1]. Dospělci i larvy největší čeledi potápníkovitých (Dytiscidae) se živí nejen jinými bezobratlými, ale i pulci či rybami [1][2], další dravá čeleď čluníkovitých (Noteridae) požívá především menší bezobratlé jako máloštetinatce, larvy pakomárů (Diptera: Chironomidae) či malé korýše (Cladocera). Další časté čeledi vodních brouků vodomilovití (Hydrophilidae) a pružníkovití (Helophoridae) jsou naopak jako dospělci saprofágní a živí se především rozkládajícími se zbytky vodních makrofyt, dravé larvy obou čeledí se živí různými bezobratlými. Larvy čeledi plavčíkovitých (Haliplidae) vysávají řasy pomocí dutých kusadel [1].

Mezi vodní plošnice podřádu Nepomorpha řadíme v ČR 6 čeledí čítající 46 druhů³. Dospělci i nymfy nejčastějších čeledí znakoplavkovití (Notonectidae), splešťulovití (Nepidae) a bodulovití (Naucoridae) jsou dravé. Tyto čeledi aktivně vyhledávají svou kořist, nejčastěji larvy jiného hmyzu a malé korýše (Cladocera). Další častou čeledí jsou klešťankovití (Corixidae), které jsou převážně omnivorní a částečně dravé [4].

Mnoho druhů je dnes ohroženo především úbytkem přirozených biotopů - narovnáváním říčních toků, chemickým znečištěním a způsobem hospodaření na našich rybnících (t.j. hnojením a vysokou obsádkou ryb). Některé druhy lze použít jako bioindikátory, jelikož nemají dobré migrační vlastnosti a žijí jen na konkrétních typech biotopů (*Georissus crenulatus*, Rossi 1794; *Ochthebius lividipennis*, Peyron 1858) [1]. Za nejdůležitější faktory ovlivňující hmyzí společenstva stojatých vod je považována přítomnost predátora (v našich rybnících nejčastěji kaprů) [5][6][7], velikost a složení litorální vegetace [8][9][10] a množství potravy. Z abiotických faktorů má největší vliv průhlednost vody [11], pH [7][12][13], hloubka [8][13], teplota vody [14][15] a v neposlední řadě také velikost a komplexita prostředí vodní nádrže [5][16].

Cílem práce bylo pomocí živochytných pastí zjistit vliv rybničního hospodaření a habitatové preference velkých druhů vodních brouků a ploštic v kulturní krajině s důrazem na rybníky a zmapovat v rámci projektu Agentury ochrany přírody a krajiny jejich společenstva na rybnících v jižních Čechách. Na rybnících s vysokou obsádkou ryb jsme předpokládali nižší diverzitu i abundanci



brouků a ploštic, jelikož dochází k predačnímu tlaku ze strany ryb [6][10][17]. Ryby (především kapři) dále mění složení a velikostní spektrum zooplanktonu [18][19][20][21], který slouží jako potrava larvám i menším druhům brouků a nymfám ploštic. V neposlední řadě ryby také ničí litorální porosty makrofyt [10][22][23], které slouží jako úkryt [25] a místo pro ovipozici řady druhů [26][27].

2 METODIKA

Terénní průzkum byl zaměřen na průzkum vodních brouků a ploštic ve vybraných mapovacích čtvercích jižních Čech pomocí živochytných pastí na principu vrše.

2.1 Sběr dat v terénu

Mapování proběhlo celkem na 117 rybnících v celém Jihočeském kraji ve 42 mapovacích čtvercích faunistického mapování. V každém mapovacím čtverci byly vybrány 3 rybníky. První rybník ležel v chráněném území (CHKO, EVL, apod.) a předpokládalo se u něj extenzivní hospodaření bez ryb. Druhý rybník představoval lokalitu se zachovalou litorální vegetací s rybami nebo bez ryb. Třetí typ lokality byl běžný rybník s výskytem alespoň malé plochy litorální vegetace, kde bylo předpokládáno intenzivní hospodaření s vysokou rybí obsádkou.

Odběry proběhly na jaře 2014 (N=76) a na podzim 2014 (N=41), kdy mají potápníci nejvyšší aktivitu [2][28]. Na každém rybníku bylo položeno 3–6 pastí na principu vrše o rozměrech 23x23x55 cm a 28x28x75 cm s oky o velikosti 4 mm, přičemž jako návnada byla používána kuřecí játra [2][29][30]. Dbalo se na to, aby vždy část pasti byla nad vodou a brouci tak mohli dýchat. Každý rybník jsme jako celek charakterizovali plochou vodní hladiny [ha], nadmořskou výškou [m], pokryvností hlavních rodů vodních makrofyt nebo volné vody [%: rákos, orobínek, zblochan, ostřice, sitiny, graminoidy, okřehek, bublinatka, vrby a volná voda], průměrnou šířkou litorálních porostů [v m od břehu], svažitostí břehů [procentuální svažitost, kdy 0% je plynulý přechod rybníku v mokřad a 100% je kolmý břeh], zastíněností břehu stromy [procentuální zastoupení stromů po obvodu rybníka], procentuálním zastoupením základních krajinných prvků [les, louka, pole, mokřad a urbánní plochy v okruhu 30 m v okolí nádrže, získaných z mapových snímků] a přítomností ryb [0/1, když byla známa]. Další managementové zásahy se nám doposud nepodařilo od většiny provozovatelů získat, a proto nemohly být vyhodnoceny. Při každém pokládání byla na rybníku měřena teplota vody [°C] pomocí dataloggeru (Ebro EBI 20 TE) a na některých rybnících (N=66) fyzikálně-chemické vlastnosti vody: pH, vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] a

koncentrace kyslíku [mg.l^{-1}] pomocí multimetru (WTW Multi 350i) a průhlednost [cm] pomocí Snellerovy trubice. Dále byl vždy v okolí každé pasti na ploše 1×1 m zaznamenán typ dna [písek, bahno, kámen, štěrka a jíl], hloubka vody [cm], vrstva detritu na dně [žádný detrit, do 10 cm, nad 10 cm] a pokryvnost hlavních rodů vodních makrofyt [%; kategorie viz výše].

Při vybírání byli chycení brouci a ploštice determinováni a vypuštěni zpět na původní lokalitě. Pokud zde byly druhy obtížně determinovatelné v terénu, byl dokladový materiál uložen do 80% lihu a určen později pomocí stereomikroskopu a odborné literatury [4][31][32][33]. Nomenklatura brouků je uvedena podle Boukala et al. [1] a ploštic podle Savage [4].

2.2 Zpracování dat

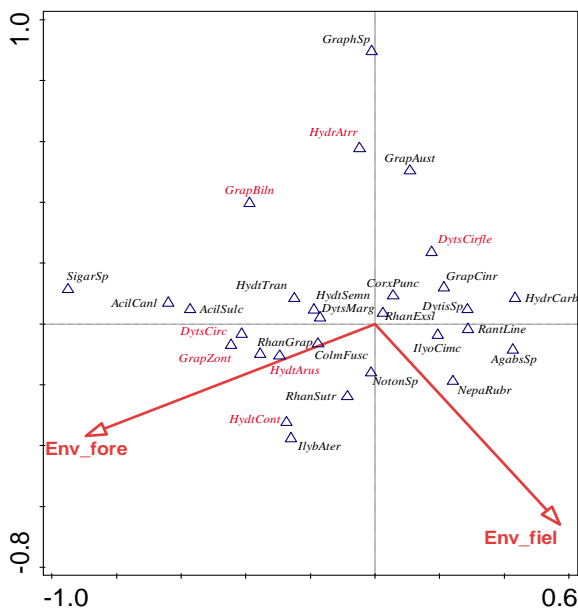
Data byla analyzována v programu Canoco 5 [34]. Pro analýzy byly početnosti všech druhů na jednotlivých rybnících a environmentální data transformována podle vzorce $\log(x+1)$ s výjimkou diskrétních typů dat (přítomnost ryb, typ dna, přítomnost detritu a sezóna) a dat odpovídajících logaritmické škále (pH, plocha vodní hladiny), které jsme ponechali v původních hodnotách. Data byla hodnocena pomocí *canonical correspondence analysis* (CCA). Počet permutací byl v každém testu 999. Ze všech analýz byly vynechány druhy, které byly dohromady chyceny maximálně ve 4 kusech, kromě analýzy chemismu rybníků, z nichž byly vynechány druhy chyceny maximálně ve 2 kusech, aby byly odstraněny jejich náhodné vlivy na celkové výsledky. Pro zobrazení početnosti čeledí za přítomnosti ryb byl použit program R (R Core Team), balíček *Lattice* [35].

Nejprve byla analyzována závislost společenstev hmyzu na prostředí rybníků ($N=117$) jako celku. Vysvětlující proměnné uvedené výše byly v této analýze testovány vždy jednotlivě. Pro hodnocení vlivu okolí rybníku a složení vegetace byla použita funkce Interactive forward selection (IFS). Nakonec byla použita funkce *IFS* na všechny sledované proměnné, aby bylo zjištěno, co vysvětluje celkově variabilitu ve společenstvu. Při analýzách byly jako kovariáty použity teplota vody při odběru, velikost vodní hladiny, nadmořská výška a sezóna.

Při analýzách fyzikálně-chemických vlastností vody byly jako kovariáty použity proměnné nadmořská výška, teplota vody a plocha vodní hladiny. Jelikož potápníci nejsou přímo závislí na rozpuštěném kyslíku ve vodě, byly provedeny ještě analýzy uvažující pouze přímý vliv vodivosti a pH a rozpuštěný kyslík byl přidán mezi ostatní kovariáty.

3 VÝSLEDKY

Celkem bylo nalezeno 26 druhů brouků a to 23 z čeledi Dytiscidae (N=1335 kusů) a 3 druhy z čeledi Hydrophilidae (N=132 kusů). Z ploštic bylo nalezeno celkem 6 druhů, a to 2 druhy z čeledi Corixidae (N=69 kusů), 2 druhy z čeledi Naucoridae (N=495 kusů), 2 druhy z čeledi Nepidae (N=234) a směs druhů rodu *Notonecta* z čeledi Notonectidae (N=782) (Tab. 1).



Obr. 1. CCA analýza preference rybníků podle umístění v krajině. Celková vysvětlená variabilita dat je 4,7%. *Env_fore* = zastoupení lesa v blízkosti daného rybníka, *Env_fiel* = zastoupení polí v blízkosti daného rybníka. Červeně jsou vyznačeny ohrožené druhy podle Farkače et al.[36]. Zkratky viz Tab. 1.

3.1 Společenstva vodních brouků a ploštic našich rybníků

Na složení společenstva brouků a ploštic měly signifikantní vliv následující proměnné: nadmořská výška (pseudo-F=2,4; p=0,003), teplota vody (pseudo-F=2,1; p=0,016), přítomnost stromů na břehu (pseudo-F=1,8; p=0,025), šířka litorálu (pseudo-F=1,8; p=0,02) a průhlednost vody (pseudo-F=1,7; p=0,04). S rozlohou nádrže (pseudo-F=2,4; p=0,02) pozitivně koreloval pouze výskyt druhu *R. suturalis*, zatímco ostatní druhy preferovaly spíše nádrže střední či menší.

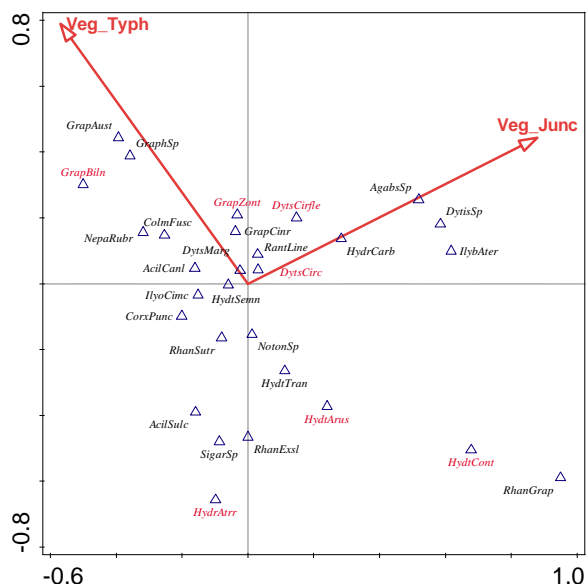
Svažitost břehu (pseudo-F=1,1; p=0,32) a množství litorální vegetace po obvodu rybníka (pseudo-F=1,4; p=0,09) neměly na složení společenstva průkazný vliv.

Z proměnných charakterizujících okolí rybníku měly nejvyšší vliv na složení společenstva poloha rybníku v blízkosti lesa (pseudo-F=2,2; p=0,002) a pole (pseudo-F=1,8; p=0,009). Zjištěné druhy lze na základě této analýzy předběžně rozdělit do čtyř překrývajících se skupin (Obr. 1). Druhy generalistické (1. skupina), které nenaznačují žádnou preferenci k prostředí, např. *Dytiscus marginalis*, *Rhantus exsoletus*, *Hydaticus seminiger*, *Corixa punctata*. Druhy vyskytující se více v rybnících, kde v okolí převažovala pole (2. skupina), zastupují především ploštice *Ranatra linearis*, *Nepa cinerea*, *Ilyocoris cimicoides* a *Notonecta* sp. Druhy, preferující více rybníky, které ležely v blízkosti lesa (3. skupina), zahrnují např. *Hydaticus continentalis*, *Graphoderus zonatus*, *Dytiscus circumcinctus* a *Hydaticus aruspex*. A nakonec druhy vyskytující se na rybnících, kde převládal jiný typ okolí než v lesích či polích, např. louky či mokřady, t.j. zachovala nelesní stanoviště (4. skupina). Do této skupiny patří např. *Graphoderus austriacus*, *G. bilineatus* a *Hydrophilus aterrimus*. Celkové množství druhů na rybnících v blízkosti polí klesalo, naopak na rybnících v blízkosti lesa či v blízkosti jiného typu okolí (mokřad, louka) bylo množství druhů vyšší.

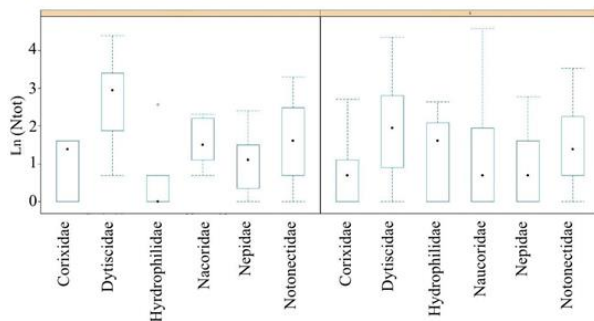
Složení společenstva v rybnících ovlivňuje také přítomnost a strukturní složení vodních makrofyt. Zjištěné druhy dravého vodního hmyzu se nejvíce vyskytovaly v porostech s významným zastoupením orobince (pseudo-F=1,7; p=0,02) a sítiny (pseudo-F=1,8; p=0,04) (Obr. 2). Množství druhů brouků a ploštíc s přítomností vegetace obou rodů na většině lokalit stoupalo. Druhy lze na základě afinity k vegetaci opět předběžně rozdělit do čtyř překrývajících se skupin. Jedná se o druhy bez vyhraněné preference ke struktuře vegetace (1. skupina), kam patří např. *D. marginalis*, *H. seminiger*, *G. cinereus* a *R. linearis*. Mezi druhy preferující více rybníky s vyšším zastoupením orobince (2. skupina) patří např. *G. austriacus*, *G. bilineatus*, *Colymbetes fuscus* a *N. cinerea*. Do další skupiny patří druhy vyskytující se na rybnících s větším zastoupením ostřice (3. skupina), např. *Ilybius ater*, *Agabus* sp., *Dytiscus* sp. a *Hydrochara caraboides*. Do poslední skupiny (4. skupina) lze zařadit druhy, které dávaly přednost jinému typu vegetace, např. graminoidům, rašelině či zblochanu, nebo stanovištím s větším zastoupením volné vody. Sem lze zařadit druhy jako *Hydaticus continentalis*, *Rhantus grapii*, *R. exsoletus* a *H. aterrimus*.

Rybníky bez ryb měly signifikantně více druhů než rybníky s rybami (pseudo-F=2,2; p=0,002). Většina druhů ale byla nalezena jak v rybnících s rybami, tak bez ryb. Vyjimku tvoří vzácnější druhy, jako např. *Hydaticus aruspex*, *H. transversalis* a *R. grapii*, které byly převážně nalézány v rybnících bez ryb. Překvapivé byly nálezy druhu *G. bilineatus*, které byly především na

rybníciích s rybami (N=3). Abundance čeledí (Obr. 3) ukazuje, že kromě čeledi Nepidae bylo průměrně více hmyzu v rybníciích bez ryb.



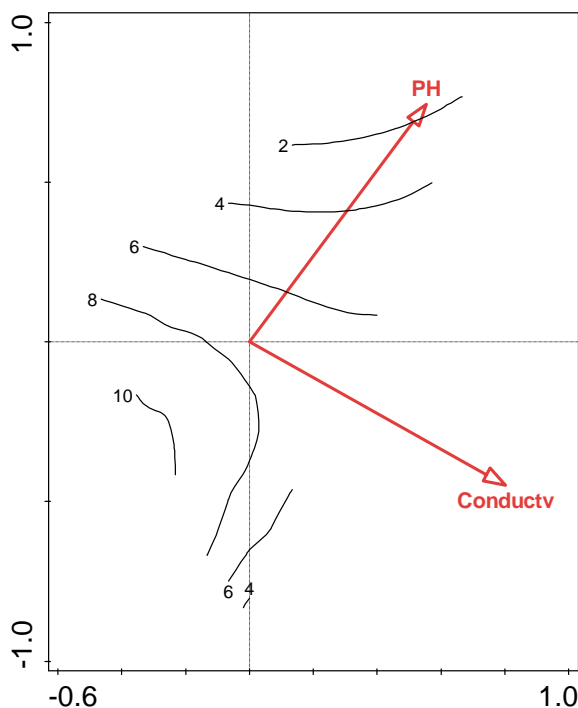
Obr. 2. Výsledky CCA analýzy druhů hmyzu v závislosti na přítomnosti vegetace rodů *Typha* ($F=1,7$; $p=0,02$) a *Juncus* ($F=1,8$; $p=0,046$). Celkové množství vysvětlené variability je 4,1 %.



Obr. 3. Abundance jednotlivých čeledí odchycených na rybníciích s rybami (vlevo) a rybníciích bez ryb (vpravo). Početnosti transformovány podle vzorce $\ln(N+1)$.

3.2 Vliv fyzikálně-chemických charakteristik na složení společenstev

Z měřených fyzikálně-chemických charakteristik, které jako celek významně ovlivňovaly charakter společenstva (pseudo-F=1,8; p=0,013), mělo na početnosti hmyzu nejvyšší vliv pH, kdy početnost většiny druhů stoupala spíše s kyselejším pH. Se zásaditým pH stoupala početnost pouze běžných druhů, jako např. *N. cinerea*, *Notonecta* sp. či *H. caraboides*, naopak vzácnější druhy jako *H. continentalis*, *G. bilineatus* či *C. fuscus* preferovaly spíše kyselejší pH. Rybníky s vysokou konduktivitou (tedy s vysokým obsahem rozpuštěných solí) měly méně druhů. S rozpuštěným kyslíkem mírně stoupala početnost druhů, avšak při zvýšené koncentraci kyslíku začala opět klesat. Analýza zahrnující pouze vliv pH a vodivost a jejich vliv na množství druhů brouků a ploštíc (Obr. 4) ukázala podobný vliv na společenstva jako předchozí (pseudo-F=2,1; p=0,009).



Obr. 4. CCA analýza zastoupení druhů v závislosti na vybraných fyzikálně-chemických vlastnostech vody na jednotlivých rybnících. PH = pH vody,

Conductv = konduktivita, izočáry = počty druhů. Celková vysvětlená variabilita je 7,4 %.

4 DISKUZE

V rámci naší rozsáhlé terénní studie jsme potvrdili, že společenstva velkých druhů dravého vodního hmyzu stojatých vod (v našem případě vodní brouci a ploštice) jsou ovlivněny řadou charakteristik prostředí, z nichž většina může být ovlivněna managementovými zásahy.

4.1 Společenstva vodních brouků a ploštic našich rybníků

Teplota hraje důležitou roli ve složení společenstev [37]. Překvapivé proto nejsou výsledky, kdy s nadmořskou výškou klesá počet druhů, což může být způsobeno nepřímo teplotou, nebo také tím, že v nižších polohách je více rybníků a jednotlivé druhy je proto snáze kolonizují [38].

Zjištěná početnost druhů v nádržích v blízkosti polí může být vysvětlena nevhodnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi vody, kdy dochází k eutrofizaci a snížení průhlednosti, což může znevýhodňovat vizuálně lovící predátory. Na druhou stranu by rybníky v blízkosti lesů měly mít méně druhů, jelikož má hmyz při migraci menší šanci, že je v lesích objeví [39][40]. V hodně zastíněných nádržích by se také mělo dařit méně vodním makrofytům [40]. Na základě našich výsledků ale rybníky v blízkosti lesa hostí vzácnější druhy a je na nich vyšší i celková početnost jedinců.

Z výsledků vyplývá, že společenstva velkých druhů dravého vodního hmyzu byla celkově druhově bohatší na rybnících, kde byla přítomna sítina, orobinec a rozsáhlejší litorální porosty, avšak maximální počty druhů byly nalézány na rybnících, jež tvořily zřejmě mozaiku mikrohabitátů. Vliv přítomnosti litorální vegetace vyšel podobně jako v jiných pracích [6][8][10][17][27]. Pro hmyz je zřejmě nejdůležitější přítomnost alespoň nějaké vegetace, která je schopná poskytnout ochranu před predátory²⁵, slouží jako místo pro oviposici [26][27][33] nebo je významná pro lovecké strategie larev a dospělců. V neposlední řadě méně vegetace podporuje disperzi dospělců, kteří mají tendenci prostředí bez vegetace více opouštět [8].

Většina čeledí byla chytána více na rybnících bez ryb. To samé platí i pro většinu druhů. Některé rybníky hostily překvapivě mnoho druhů i přes přítomnost ryb, což odporuje některým výsledkům jiných autorů [10][11][12][17][20][22]. Detailní porovnání vztahu mezi velikostí rybí obsádky a množstvím chycených druhů a jejich abundancí by vyžadovalo detailní údaje o rybích obsádkách jednotlivých rybníků, které v tuto chvíli nemáme k dispozici. Negativní vliv kaprů na abundanci a diverzitu hmyzu v rybnících vyšel i v diplomové práci Koláře [2] a k podobným výsledkům došla i Ebermannová

[41], které vyšlo, že potápníci preferují rybníky s menší obsádkou ryb a větší pokryvností litorální vegetace. To může ukazovat na to, že nezáleží, jak moc se na rybníku hospodaří, avšak když je na něm přítomen dobře zachovalý a mělký litorál, tak zde mohou být vzácnější druhy nehledě na velikost (či přítomnost) rybí obsádky [2][17].

4.2 Vliv fyzikálně-chemických charakteristik na složení společenstev

Jedna z nejdůležitějších vlastností vody je pH, které koreluje se složením společenstva bozobratlých dané lokality [12]. Z našich pozorování vyplývá, že početnost brouků se zvyšovala s klesajícím pH stejně jako v dalších studiích [7][12][42][43]. Více druhů v prostředí s nižším pH a vyšší konduktivitou také odpovídá studii Gee et al. [17]. Brouci však nemusí pouze preferovat kyselejší pH, ale mohou tolerovat široké rozpětí pH, ovšem nádrže s rybami či menší nádrže mají většinou zásadité pH [11][44], a nízká abundance a diverzita brouků může být druhotná [12]. Hmyz pravděpodobně nereaguje ani tak na pH, jako spíše na přítomnost a nepřítomnost ryb (viz výše). Vliv konduktivity na vodní hmyz diskutovali jen Palit et al. [43], kteří nezdůvodnili, proč by měl hmyz na konduktivitu reagovat. Rybníky s rybami mají však vyšší konduktivitu. většinou díky vyšší živinové zátěži díky hnojení nebo splachům živin z okolí (např. z povodí či z polí). To má za následek zvýšenou eutrofizaci vody, snížení průhlednosti a tedy i možný úbytek submerzní vegetace a na ní vázaných organismů. Celkem lze říci, že většině dravého vodního hmyzu vyhovuje kyselejší pH a nižší konduktivita. Oba parametry jsou snáze měřitelné v terénu a mohou tak sloužit k rychlé orientaci, zda je rybník pro velké druhy dravého vodního hmyzu vhodný.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zmapovat společenstva vodních brouků a ploštic na rybnících v jižních Čechách a zjistit, jak rybniční hospodaření ovlivňuje abundanci a diverzitu velkých zástupců dravého vodního hmyzu.

Mezi nejdůležitější proměnné ovlivňující jejich abundanci a diverzitu patří vegetace. Jako nejdůležitější rody submerzních makrofyt určující druhové složení vodních brouků a ploštic a jejich početnost na daném rybníku v rámci této studie vyšly orobinec a sítina.

Větší druhovou diverzitu mají rybníky, které jsou v blízkosti lesa, naopak rybníky v blízkosti polí měly počet druhů menší. To je zřejmě způsobeno splachy kalů a živin z polí do rybníků, což zvyšuje jejich trofií.

Vliv ryb se ukázal jako velmi významný. Rybníky bez ryb či s nízkou rybí obsádkou hostily v průměru více druhů, avšak většina se mohla vyskytovat jak na rybníku s rybami, tak bez nich. Výjimku tvořily některé vzácnější druhy, které byly pouze na rybnících bez ryb.

Posledním určujícím faktorem prostředí jsou fyzikálně-chemické vlastnosti vody. Naše výsledky ukázaly, že počet druhů stoupá s kyselějším pH a mírně zvýšenou konduktivitou. Takové hodnoty vesměs odpovídají měřením na rybnících, kde nebyly přítomny ryby. Z toho usuzujeme, že nejdůležitějším faktorem určujícím skladbu společenstev vodních brouků a ploštic jsou ryby, které ovlivňují jak vegetaci, tak chemismus, zakalení a množství živin a dalších organismů. Na druhou stranu pokud je část rybníka zachovalá s litorální vegetací, může se i v rybníku s vysokou obsádkou vyskytovat většina našich druhů velkých potápníků a vodních ploštic včetně vzácných druhů.

Literatura

- [1] Boukal, D. S., Boukal M., Fikáček M., Hájek J., Klečka J., Skalický S., Šťastný J., Trávníček D. *Catalogue of water beetles of the Czech Republic (Coleoptera: Sphaeriidae, Gyridae, Halipidae, Noteridae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Helophoridae, Georissidae, Hydrochidae, Spercheidae, Hydrophilidae, Hydraenidae, Scirtidae, Elmidae, Dryopidae, Linnich.* Klapalekiana 43. 2007. 289s.
- [2] Kolář, V. *Vliv biotických a abiotických faktorů na společenstva vodních brouků.* Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. 2013. 74s.
- [3] Kment P., *Preliminary check-list of the Heteroptera of Czech Republic.* <http://www.biolib.cz/cz/reference/id2193/>. 2013.
- [4] Savage, A. A. *Adults of the British aquatic Hemiptera Heteroptera: a key with ecological notes.* Scientific Publications of the Freshwater Biological Association. 1989. 173s.
- [5] Wellborn, G. A., Skelly, D. K. & Werner, E. E. *Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient.* Annual Review of Ecology and Systematics. 27, 1996. 337–363s.
- [6] Tate, A. W. & Hershey, A. E. *Selective feeding by larval dytiscids (Coleoptera : Dytiscidae) and effects of fish predation on upper littoral zone macroinvertebrate communities of arctic lakes.* Hydrobiologia 497. 2003. 13–23s.
- [7] Arnott, S. E., Jackson, a. B. & Alarie, Y. *Distribution and potential effects of water beetles in lakes recovering from acidification.* Journal of the North American Benthological Society 25. 2006. 811–824s.

- [8] Yee, D. A., Taylor, S. & Vamosi, S. M. *Beetle and plant density as cues initiating dispersal in two species of adult predaceous diving beetles*. *Oecologia* 160. 2009. 25–36s.
- [9] Yee, D. A. *Behavior and aquatic plants as factors affecting predation by three species of larval predaceous diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae)*. *Hydrobiologia* 637. 2010. 33–43s.
- [10] Kloskowski, J. *Differential effects of age-structured common carp (Cyprinus carpio) stocks on pond invertebrate communities: Implications for recreational and wildlife use of farm ponds*. *Aquaculture International* 19. 2011. 1151–1164s.
- [11] Kloskowski, J. *Impact of common carp Cyprinus carpio on aquatic communities: direct trophic effects versus habitat deterioration*. *Fundamental and Applied Limnology* 178. 2011. 245–255s.
- [12] Dong B., Geng C., Cai Y., Ji L. *Aquatic coleoptera response to environmental factors of freshwater ecosystems in Changbai Mountain , northeast China*. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 17. 2014. 171–178s.
- [13] Cuppen, J., Koese, B. & Sierdsema, H. *Distribution and habitat of Graphoderus bilineatus in the Netherlands (Coleoptera: Dytiscidae)*. *Nederlandse Faunistische Mededelingen*. 24. 2006. 29–40s.
- [14] Schowalter, T. D. *Insect ecology: an ecosystem approach*. London: Elsevier. 2006. 572s.
- [15] Calosi, P., Bilton, D. T. & Spicer, J. I. *Thermal tolerance, acclimatory capacity and vulnerability to global climate change*. *Biology Letters* 4. 2008. 99–102s.
- [16] McAbendroth, L., Ramsay, P. M., Foggo, a., Rundle, S. D. & Bilton, D. T. *Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions?*. *Oikos* 111. 2005. 279–290s.
- [17] Gee, J. H. R., Smith, B. D., Lee, K. M. & Griffiths, S. W. *The ecological basis of freshwater pond management for biodiversity*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 7. 1997. 91–104s.
- [18] Lougheed, V. L., Crosbie, B. & Chow-Fraser, P. *Predictions on the effect of common carp (Cyprinus carpio) exclusion on water quality, zooplankton, and submergent macrophytes in a Great Lakes wetland*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55. 1998. 1189–1197s.
- [19] Příklad, I., Faina, R. & Dušek, M. *Obnova rybníčních ekosystémů v České republice a jejich správný management*. 2004. 1–16s.
- [20] Nieoczym, M. & Kloskowski, J. *The role of body size in the impact of common carp Cyprinus carpio on water quality, zooplankton, and*

- macrobenthos in ponds*. International Review of Hydrobiology 99. 2014. 212–221s.
- [21] Hrbáček, J., Dvořáková, M., Kořánek, V. & Procházková, L. *Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association*. Verhandlungen des Int. Verein Limnol. XIV. 1961. 192–195s.
- [22] Weber, M. J. & Brown, M. L. *Effects of Common Carp on Aquatic Ecosystems 80 Years after 'Carp as a Dominant': Ecological Insights for Fisheries Management*. Reviews in Fisheries Science 17. 2009. 524–537s.
- [23] Kloskowski, J. *Fish farms as amphibian habitats: factors affecting amphibian species richness and community structure at carp ponds in Poland*. Environ. Conserv. 37. 2010. 187–194s. 24. Miller, S. A. & Crowl, T. A. Effects of common carp (*Cyprinus carpio*) on macrophytes and invertebrate communities in a shallow lake. *Freshw. Biol.* **51**, 85–94 (2006).
- [24]
- [25] Scheinin, M., Scyphers, S. B., Kauppi, L., Heck, K. L. & Mattila, J. *The relationship between vegetation density and its protective value depends on the densities and traits of prey and predators*. *Oikos* 121. 2012. 1093–1102s.
- [26] Inoda, T. *Cracks or holes in the stems of oviposition plants provide the only exit for hatched larvae of diving beetles of the genera Dytiscus and Cybister*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 140. 2011. 127–133s.
- [27] Inoda, T. *Preference of oviposition plant and hatchability of the diving beetle, Dytiscus sharpi (Coleoptera: Dytiscidae) in the laboratory*. *Entomological Science* 14. 2011. 13–19s.
- [28] Boukal, D. S. & Křivan, V. Zpráva o výsledcích monitoringu výskytu potápníka *Graphoderus bilineatus* (De Geer, 1774) na Třeboňsku v roce 2009. Závěrečná zpráva AOPK, nepublikovaný rukopis (2009).
- [29] Balke, M. & Hendrich, L. *Trapped!*. Balfour-Browne Club Newsletter 39. 1987. 10s.
- [30] Klečka, J. & Boukal, D. S. *Lazy ecologist's guide to water beetle diversity: Which sampling methods are the best?*. *Ecological Indicators* 11. 2011. 500–508s.
- [31] Galewski, K. *Klucze do oznaczania owadów Polski, Coleoptera XIX - Dytiscidae*. 7, Państwowe wydawnictwo naukowe, 1971. 112s.

- [32] Holmen, M. *The aquatic Adephaga of Fennoscandia and Denmark Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Noteridae*. Leiden: E. J. Brill. 1987. 168s.
- [33] Nilsson, A. N. & Holmen, M. *The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark II. Dytiscidae*. Leiden: E. J. Brill. 1995. 192s.
- [34] Ter Braak, C. J. F. & Šmilauer, P. *Canoco 5.02, Windows release*. <http://www.canoco5.com/>. 2015.
- [35] Sarkar, D. *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. <http://lmdvr.r-forge.r-project.org/>. 2008.
- [36] Farkač, J., Král, D. & Škorpík, M. *Red list of threatened species in the Czech Republic Invertebrates*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 2005. 760s.
- [37] Wellborn G.A. *Size-biased predation and prey life histories: A Comparative study of freshwater amphipod populations*. *Ecology* 75. 2010. 2104–2117s.
- [38] Křivánek, J., Němec, J. & Kopp, J. *Rybníky v České republice*. Praha: Consult. 2012. 303s.
- [39] Nilsson, A. N. & Svensson, B. W. *Assemblages of dytiscid predators and culicid prey in relation to environmental factors in natural and clear-cut boreal swamp forest pools*. *Hydrobiologia* 308. 1995. 183–196s.
- [40] Lundkvist, E., Landin, J. & Milberg, P. *Diving beetle (Dytiscidae) assemblages along environmental gradients in an agricultural landscape in southeastern Sweden*. *Wetlands* 21. 2001. 48–58s.
- [41] Ebermannová, P. *Diverzita potápníkovitých brouků v kulturní krajině*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 2012. 54s.
- [42] Nilsson, A. N. & Söderberg, H. *Abundance and species richness patterns of diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae) from exposed and protected sites in 98 northern Swedish lakes*. *Hydrobiologia* 321. 1996. 83–88s.
- [43] Palit, D., Gupta, S., Benerjee, A. & Mukherjee, A. *Macroinvertebrate community-environmental interrelationship in selected lotic ecosystem from Durgapur, west Bengal, India*. *Journal of applied sciences in environmental sanitation*. 8. 2013. 231–236s.
- [44] McNicol, D. K. & Wayland, M. *Distribution of waterfowl broods in sudbury area lakes in relation to fish, macroinvertebrates, and water chemistry*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49. 1992. 122–133s.



Tab. 1. Taxonomické zařazení všech odchycených druhů, jejich celé jméno, zkratku použitou v ordinačních diagramech, autora popisu druhu a stupeň ohrožení podle červeného seznamu druhů **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Čeď	Rod	Druh	Zkratka	Autor	Ochrana
Dytiscidae	<i>Acilius</i>	<i>canaliculatus</i>	<i>AcilCanl</i>	(Nicolai, 1822)	
		<i>sulcatus</i>	<i>AcilSulc</i>	(Linnaeus, 1758)	
	<i>Agabus</i>	<i>bipustulatus</i>	<i>AgabBips</i>	(Linnaeus, 1767)	
		sp.	<i>AgabsSp</i>	Leach, 1817	
	<i>Colymbetes</i>	<i>fuscus</i>	<i>ColmFusc</i>	(Linnaeus, 1758)	
	<i>Dytiscus</i>	<i>circumcinctus</i>	<i>DytsCirc</i>	Ahrens, 1811	NT
		<i>circumflexus</i>	<i>DytsCircfle</i>	Fabricius, 1801	VU
		<i>marginalis</i>	<i>DytsMarg</i>	Linnaeus, 1758	
		sp.	<i>DytsSP</i>	Linnaeus, 1758	
	<i>Graphoderus</i>	<i>austriacus</i>	<i>GrabAust</i>	(Stum, 1834)	
		<i>bilineatus</i>	<i>GrabBilin</i>	(DeGeer, 1774)	CR
		<i>cinereus</i>	<i>GrapCinr</i>	(Linnaeus, 1758)	
		sp.	<i>GraphSp</i>	Dejean, 1833	
		<i>zonatus</i>	<i>GrapZont</i>	(Hoppe, 1795)	NT
	<i>Hydaticus</i>	<i>aruspex</i>	<i>HydtArus</i>	Clark, 1864	VU
		<i>continentalis</i>	<i>HydtCont</i>	J. Balfour-Browne, 1944	NT
		<i>seminiger</i>	<i>HydtSemn</i>	(DeGeer, 1774)	
		<i>transversalis</i>	<i>HydtTran</i>	(Pontoppidan, 1763)	
	<i>Ilybius</i>	<i>ater</i>	<i>IlybAter</i>	(DeGeer, 1774)	
		<i>fenestratus</i>	<i>IlybFene</i>	(Fabricius, 1781)	
<i>fuliginosus</i>		<i>IlybFuli</i>	(Fabricius, 1792)		
sp.		<i>IlybSp</i>	Enichson, 1832		
<i>subaeneus</i>		<i>IlybSuba</i>	Enichson, 1837		
<i>Rhantus</i>	<i>exoletus</i>	<i>RhanExsl</i>	(Forster, 1771)		
	<i>frontalis</i>	<i>RhanFron</i>	(Marsham, 1802)		
	<i>grapii</i>	<i>RhanGrap</i>	(Gyllenhal, 1808)		
	<i>suturalis</i>	<i>RhanSutr</i>	(MacLeay, 1825)		
Hydrophilidae	<i>Hydrochara</i>	<i>caraboides</i>	<i>HydrCarb</i>	Linnaeus, 1758	
		<i>flavipes</i>	<i>HydrFlav</i>	(Steven, 1808)	
	<i>Hydrophilus</i>	<i>aterrimus</i>	<i>HydrAtrr</i>	Eschscholtz, 1822	CR
Corixidae	<i>Corixa</i>	<i>punctata</i>	<i>CorxPunc</i>	(Ittlinger, 1807)	
	<i>Sigara</i>	sp.	<i>SigarSp</i>	Fabricius, 1775	
Naucoridae	<i>Ilyocoris</i>	<i>cimicoides</i>	<i>IlyoCimc</i>	(Linnaeus, 1758)	
Nepidae	<i>Nepa</i>	<i>cinerea</i>	<i>NepaRubr</i>	Linnaeus, 1758	
	<i>Ranatra</i>	<i>linearis</i>	<i>RantLine</i>	(Linnaeus, 1758)	
Notonectidae	<i>Notonecta</i>	sp.	<i>NotonSp</i>	Linnaeus, 1758	

OBNOVA MALÉ VODNÍ NÁDRŽE MALÝ HRADNÍ

RESTORATION OF SMALL WATER RESERVOIR MALÝ HRADNÍ

Milan Jirout✉

*Ústav aplikované a krajinné ekologie, Agronomická fakulta, Mendelova
univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno
✉milanjiroutjr@gmail.com*

Abstract

The content of this study is reconstruction of headrace on the watercourse Veverka and suggestion of Malý hradní pond reconstruction that feeds the headrace. At the beginning were collected documents and a field survey of the current state was made. The data were processed in the Civil 3D 2013, and finalized in AutoCAD 2013. This study focuses on the suggestion of technical solutions of headrace and small water reservoir Malý hradní. The primary purpose is to create a suitable habitat for living organisms and plants. Malý hradní will also retain water in the landscape. Malý hradní will promote the biodiversity of plant and animal communities under the Castle Veveří.

Keywords

small water reservoir, headrace, safety spillway, outlet equipment, renovation, restoration, dam

1 ÚVOD

Voda má pro člověka i život na planetě Zemi zásadní význam. Vodou jsou pokryty dvě třetiny povrchu naší planety a je součástí těl všech živých organismů včetně člověka. Proto v lidské historii vždy člověk hledal místo ke svému životu poblíž vody a později i začal budovat díla k jejímu usměrnění a zadržení tak, jak potřeboval. První dochované záznamy o vodních nádržích z našeho území pochází první písemný záznam z listiny Kladrubské z roku 1115 našeho letopočtu. Větší rozvoj výstavby nádrží začal ve 14. století našeho letopočtu. Z pohledu historického na naše území malé vodní nádrže patří a patří i k našemu dědictví, o které musíme pečovat. V současné době je stav malých vodních nádrží na našem území často neuspokojivý a to z důvodu zanedbané údržby [1][2].

Tato studie se zaměřuje na technické řešení náhonu z toku Veverka k malé vodní nádrži (dále MVN) Malý hradní a řešení rekonstrukce této malé vodní nádrže, která je podobně jako náhon v současnosti v nefunkčním stavu



a zarůstá náletem. Primární smysl stavby je obnovení biotopu vhodného pro život organismů a rostlin. Malý hradní bude také plnit funkci zadržování vody v krajině. V kontextu s objemem vody zadržovaným v blízkém Vodním díle Brno (dále VD Brno či Brněnská přehrada) je objem vody, který bude zadržován v Malém hradním násobně menší, ale v širším pohledu bude Malý hradní plnit ekologické funkce, které VD Brno ze své podstaty plnit nemůže. Malý hradní tak bude podporovat biodiverzitu jak rostlinných, tak živočišných společenstev pod hradem Veverčí, které jsou v současnosti pozměněné s převládajícími rostlinnými společenstvy ruderalních druhů [1].

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 Vymezení zájmové území

Zájmové území (Obr. 1) se nachází na východním okraji katastru městské části Brno – Bystrc v lokalitě pod hradem Veverčí a nachází se v nezastavěné části obce. Území je vymezeno z východní části skalním masivem a ze západní části komunikací II/384, na jihozápadě zájmové území končí zhruba ve staničení 0,54000 km toku Veverka a na severovýchodě je ohraničeno příjezdovou cestou k MVN Malý hradní [1].



Obr. 1. Vymezení zájmového území na ortofotomapě, upraveno autorem [3]

2.2 Stručná historie lokality

Lokalita pod hradem Veverčí (Obr. 2 vlevo) byla osídlena již v pravěku. Pod hradem se nacházela dvě místa, kde byly objeveny pozůstatky po pravěkých obyvatelích. První místo bylo v bývalém parku pod hradem u Veverky. Další místo se nacházelo pod hradem směrem k Brnu mezi Svratkou a vodními

nádržemi Malý hradní a Velký hradní. Jde o skalnatou homoli, na jejíž planině se dříve nacházel park.

Přesné datum založení hradu Veveří není známo. První písemná zmínka pochází z roku 1213, kdy je v listině jmenován Štěpán z Veveří. Ve středověku byl hrad prakticky nedobytný díky jeho umístění vysoko nad údolím, kde z jedné strany tekla řeka Svratka a z druhé Veverka. V údolí Veverky pod hradem byly prý napříč hráze, jejichž pomocí se údolí zatopilo a činilo tak dobývání hradu těžším. Přesné datování výstavby rybníků se nepodařilo určit, avšak lze předpokládat, že sloužily jako rybochovné pro účely hradu Veveří. Malý hradní je však zaznamenán na mapách I. až III. Vojenského mapování (Obr. 2 vpravo). Rybník sloužil jako rybochovný až do výstavby Brněnské přehrady, kdy po jejím zprovoznění smysl Malého hradního klesal, přestalo se na něm hospodařit a začal chátrat včetně náhonu, který jej napájel. [1] [5].



Obr. 2. Hrad Veveří v současnosti (vlevo); výřez z mapy III. vojenského mapování - upraveno autorem (vpravo).

2.3 Ochrana přírody a krajiny

V okolí zájmového území se nachází několik prvků ochrany přírody a krajiny. V povodí toku Veverka se částečně nachází Evropsky významná lokalita Nad Brněnskou přehradou, podél místní komunikace ve Veverských Knínicích se nachází javorové stromořadí památných stromů a dále se v povodí Veverky nachází celkem 7 registrovaných významných krajinných prvků. V zájmovém území jsou také významnými krajinnými prvky ze zákona MVN Malý hradní, tok Veverka, její niva a lesy ji obklopující. Zájmové území se celé nachází v přírodním parku Podkomorské lesy. V blízkosti se dále nachází několik maloplošných zvláště chráněných území. Z hlediska územního systému ekologické stability se zájmové území nachází v nadregionálním biocentru NRBC02 - Podkomorské lesy [1][6].

2.4 Postup vypracování studie

V rámci přípravných prací byly zpracovány dostupné mapové podklady na WMS službách a získány podklady od investora stavby, kterým bude Povodí Moravy, s.p. Byl proveden terénní průzkum, během kterého byl zjištěn stav lokality a objektů, struktura porostu, soulad s geodetickým zaměřením a byla provedena fotodokumentace zájmového území. V rámci kancelářských prací byly zpracovány přírodní poměry zájmového území a byla vypracována dokumentace studie, ve které jsou podrobněji zpracovány jednotlivé objekty stavby a popsáno řešení objektů [1].

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Stavební objekty

V rámci studie bylo navrženo devět stavebních objektů, jejichž realizací bude zajištěna obnova funkce Malého hradního a náhonu, který jej napájí vodou z toku Veverka. Tím se obnoví vodní biotop a zvýší biodiverzita dané lokality. V následujících podkapitolách je vždy popsán stávající stav objektů a navrhované řešení nových objektů, jejichž řešení vychází ze stávajícího uspořádání. Zakreslení všech objektů do základní mapy zobrazuje Obrázek 9.

3.1.1 SO 01 Příprava staveniště

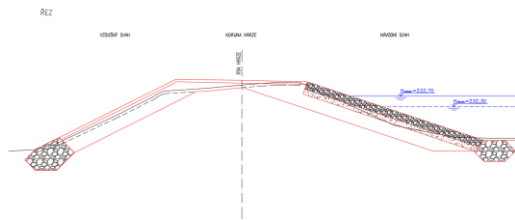
Objekt zahrnuje sejmutí vrchní vrstvy zeminy o tloušťce 0,10 m na ploše 627,20 m² v místech, kde bude třeba. Dále objekt zahrnuje kácení zeleně v nutné míře. Káceny budou všechny dřeviny přímo z hráze a odstraněn bude i jejich kořenový systém v potřebné míře. Bude nutné také odstranit pařezy po v minulosti již pokácených dřevinách. Zachovávané dřeviny budou ošetřeny a v průběhu výstavby chráněny dřevěným bedněním proti poškození. Nakonec v rámci tohoto objektu bude provedeno bourání stávajících objektů, které budou nahrazeny [1].

3.1.2 SO 02 Hráz

Stávající stav: Stávající hráz (Obr. 3 vlevo) Malého hradního má zhruba lichoběžníkový tvar a navazuje na cestu ze sjezdu z komunikace II/384. K hrázi přiléhá objekt sádek. Na hrázi se nachází několik vzrostlých dřevin, pařezy po pokácených dřevinách a také nálet křovin.

Navrhované řešení: Pro účely této studie je navrženo upravit stávající hráz (Obr. 3 vpravo) a pro úpravu tvaru hráze použít štěrk hlinitý (GM). Sklon

návodního svahu bude 1:3 a sklon vzdušného svahu bude 1:2. Návodní svah bude opevněn makadamem. Na průsečíku návodního svahu a dna zátopy bude umístěna patka z lomového kamene. Návodní svah bude zaoblen tak, aby navazoval na břehy zátopy a respektoval tak současný tvar. Šíře koruny vychází přibližně ze současného rozměru a bude široká 5000 mm a o sklonu 2,0% směrem k návodnímu svahu. Hráz je čelní a je navržena jako nepojízdná, bude celá v přímé a bude mít délku 49,00 m. Koruna hráze i vzdušný svah budou ohumusovány a osety. V patě vzdušného svahu bude umístěna stabilizační patka z lomového kamene [1].



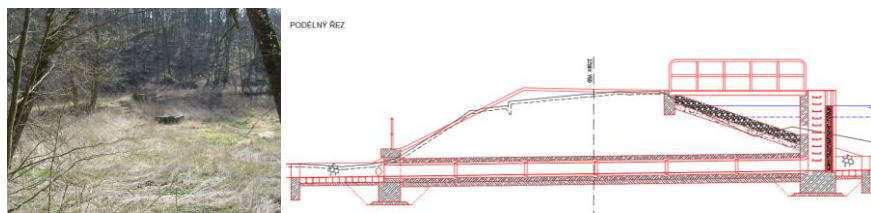
Obr. 3. Stávající hráz (vlevo); návrh úpravy hráze (vpravo).

3.1.3 SO 03 Výpustné zařízení

Stávající stav: Výpustné zařízení MVN se skládá z ocelového výpustného potrubí DN200 a z armaturní šachty se šoupátkovým uzávěrem (Obr. 4 vlevo). Přístup do šachty je z koruny hráze, poklop chybí. Stěny šachty mají viditelné trhliny, kterými do ní prorůstají kořeny rostlin.

Navrhované řešení: Výpustné zařízení (Obr. 4 vpravo) bude umístěno ve staničení hráze 0,01908 km. Bude se jednat o otevřený jednoduchý požerák s dvojitou dlužovou stěnou s jílovou výplní mezi stěnami. Na požerák bude navazovat odpadní potrubí z železobetonových trub DN 400 délky 15,0 m, které bude zakončeno výtokovým čelem. Pro přístup na požerák bude sloužit lávka délky 4,8 m. Od výtokového čela bude voda téct do odvodňovací strouhy Velkého hradního. Není navržen bezpečnostní přeliv, jelikož nebude Malý hradní ohrožován povodňovými průtoky vzhledem k morfologii terénu. Přítok vody do nádrže bude regulován na odběrném objektu (viz SO 06).

Výpustné zařízení bylo posouzeno hydrotechnickými výpočty, byly pro něj vytvořeny měrné křivky a pro nádrž batygrafické čáry. Kapacita požeráku činí $0,127 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapacita odpadního potrubí činí $0,220 \text{ m}^3/\text{s}$. [1].

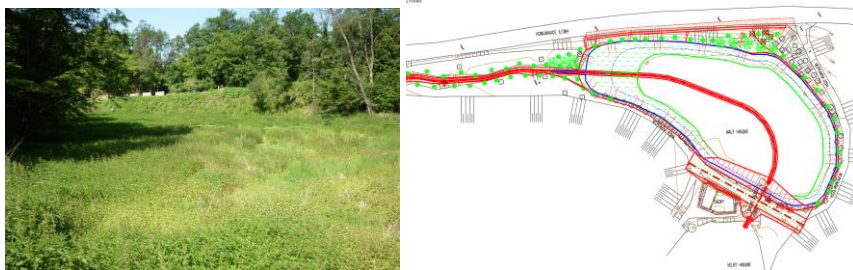


Obr. 4. Stávající hráz s výpustným zařízením (vlevo); návrh nového výpustného zařízení (vpravo).

3.1.4 SO 04 Úprava zátopy

Současný stav: Zátopa v současnosti (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) zarůstá převážně kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*), která dominuje a je znakem ruderálního ovlivnění lokality. Mezi další početně vyskytující se byliny lze zařadit tyto druhy: netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), pcháč oset (*Cirsium arvense*), trávy čeledi lipnicovité (*Poaceae*), aj. Vzhledem k tomu, že je nádrž neprůtočná, není tak výrazné její zanášení splaveninami. Zanášení nádrže je proto převážně způsobeno zarůstáním vegetací a ukládáním jejich odumírajících těl, a také abrazi břehů.

Navrhované řešení: Stavební objekt (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) řeší úpravu dna zátopy, vytvoření odvodňovací strouhy, vytvoření litorálu a úpravy břehů nádrže. Odvodňovací strouha bude délky 106,69 m a bude plynule navazovat na koryto náhonu a na požerák. Bude sloužit pro odvedení vody z nádrže při jejím úplném vypuštění. Dno zátopy bude upraveno technikou tak, aby byl zajištěn jeho sklon směrem k odvodňovací strouze. Litorál bude mít hloubku max. 800 mm, jeho sklon bude maximálně 1:6 směrem k odvodňovací strouze a bude mít celkovou plochu při $H_{z\acute{a}s,max}$ 1115,0 m². Litorál bude tvořit 32,8% z plochy max. zásobní hladiny. Litorál bude tvořit přechod mezi vodním prostředím a okolím nádrže, bude chránit břehy nádrže před abrazi a bude vytvářet biotop pro rostliny i organismy. Vzhledem k morfologii nádrže bude litorál nejrozsáhlejší na přítoku do nádrže. Litorál bude osázen následujícími rostlinami: orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), rákos obecný (*Phragmites australis*), leknín bílý (*Nymphaea alba*), puškvorec obecný (*Acorus calamus*), skřipina jezerní (*Scirpus lacustris*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*) a ostřice štíhlá (*Carex gracilis*). [1].

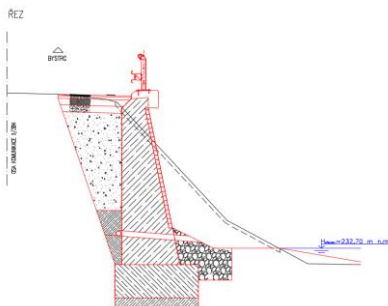


Obr. 5. Zátopa Malého hradního (vlevo); návrh úpravy zátopy (vpravo).

3.1.5 SO 05 Opěrná zeď

Současný stav: Současný násypový svah (Obr. 5 vlevo) komunikace II/384 v místech, kde přiléhá k Malému hradnímu, je ve sklonu 1:1 a výška násypu se pohybuje v rozmezí 3,0 až 5,0 m. Vozovka komunikace má směrem na Bystrc v jízdním pruhu podélné trhliny a je viditelné její pokles oproti řádnému stavu.

Navrhované řešení: Opěrná zeď (Obr. 5 vpravo) bude gravitační tížná z betonu a bude dlouhá 75,0 m a vysoká 3,5 m až 6,0 m. Lící strana dříku bude obložena kamenným obkladem. Na dříku bude umístěna monolitická železobetonová římsa. Římsa bude osazena zábradelním svodidlem. Vozovka komunikace II/384, která bude upravena při výstavbě opěrné zdi, bude mít kryt z asfaltbetonu [1].



Obrázek 1 (Vlevo) Stávající násypový svah (archiv autora)

Obrázek 2 (Vpravo) Návrh opěrné zdi

3.1.6 SO 06 Odběrný objekt

Současný stav: Původní odběrný objekt (Obrázek 3) se pravděpodobně nacházel na toku Veverka v 0,54000 říčním km. V průběhu času byl narušován působením

vody a při působení povodňových průtoků byl zničen a materiál, který ho tvořil, byl odplaven.

Navrhované řešení: Odběrný objekt (Obrázek 4) se bude nacházet ve staničení přírodního potrubí v 0,41770 km a ve staničení Veverky v 0,54000 km. Je navrženo řešení bez přehrazení toku tak, aby se nevytvářela migrační bariéra. Při návrhu byl respektován zůstatkový průtok Q_{330d} . Odběrná šachta bude z vodostavebního železobetonu. Pro možnost uzavření a regulaci nátoky vody do přírodního potrubí je zvoleno vřetenové šoupátko. Z odběrné šachty bude voda téci do přírodního potrubí.

Pro návrh odběrného objektu byla použita Hydrologická data poskytnutá ČHMÚ. Odběrný objekt byl posouzen hydrotechnickými výpočty. Objemový průtok odběrným objektem bude maximálně $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$ [1].



Obrázek 3 (Vlevo) Místo původního odběrného objektu (archiv autora)

Obrázek 4 (Vpravo) Návrh nového odběrného objektu

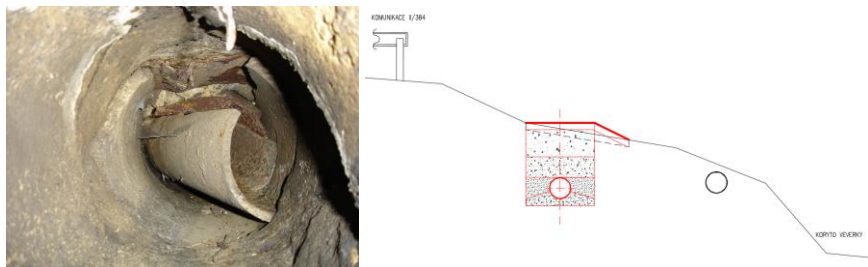
3.1.7 SO 07 Náhon

Současný stav: Přírodní potrubí (Obrázek 5) náhonu je od místa bývalého odběrného objektu tvořeno betonovými trubami DN300 a je vedeno v místech mezi komunikací II/384 a korytem Veverky. V některých místech je přírodní potrubí odhaleno vlivem erozivního působení toku a mělkého založení. Přes koryto Veverky je přírodní potrubí převedeno pomocí potrubního a za ním je vústěno do otevřeného koryta náhonu.

Navrhované řešení: V rámci tohoto stavebního objektu bude vybudováno přírodní potrubí (Obrázek 6) a úprava otevřeného koryta náhonu. Voda bude do Malého hradního přiváděna gravitačně. Přírodní potrubí navazuje na odběrný objekt a bude mít celkovou délku 417,70 m. Potrubí bude tvořeno trubami z PVC a DN300. Přírodní potrubí bude na potrubním mostu obaleno tepelnou izolací. Na všech lomech, kde se mění horizontální směr potrubí, budou umístěny vstupní šachty. Na konci přírodního potrubí se bude nacházet výpustný objekt, od kterého poteče voda dále otevřeným korytem náhonu, které bude mít délku 61,43 m. Koryto náhonu bude vedeno bez opevnění zhruba v místech

současného koryta a bude plynule navazovat na odvodňovací strouhu Malého hradního.

Pro přívodní potrubí i otevřené koryto náhonu byly provedeny hydrotechnické výpočty a zkonstruovány měrné křivky. Maximální objemový průtok přívodního potrubí bude $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$ [1].



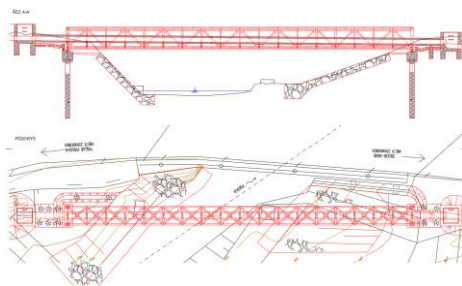
Obrázek 5 (Vlevo) Příklad poruchy stávajícího přívodního potrubí (archiv autora)

Obrázek 6 (Vpravo) Návrh přívodního potrubí

3.1.8 SO 08 Potrubní most

Současný stav: Potrubní most (Obrázek 7) je délky 27,38 m a je tvořen ocelovým potrubím DN400, které je uloženo na krajních opěrách z betonu a kamene a dvou příhradových pilířích umístěných v korytě toku, je tedy třípolový. Opěry mají trhliny a rozpadají se. Na pilířích se zachycují objekty plovoucí ve Veverce. Na potrubí i pilířích je znatelná koroze materiálu.

Navrhované řešení: Navrhovaný potrubní most (Obrázek 8) bude převádět přívodní potrubí přes koryto Veverky, a bude umístěn ve staničení přívodního potrubí 0,14628 km a ve staničení Veverky v říčním km 0,20000. Výškově bude nový potrubní most v přibližně stejné úrovni jako ten stávající. Most bude jednopólový o délce mostního pole 23,40 m. Světlá výška nade dnem koryta bude 3,14 m. Délka hlavní nosné konstrukce bude 23,60 m, šíře hlavní nosné konstrukce bude 1,29 m a výše 1,50 m. Hlavní nosná konstrukce bude ocelová z příhradových nosníků. Konstrukce mostu bude mít tvar přímopásový kosoúhlé soustavy s podružnými svislicemi [1].



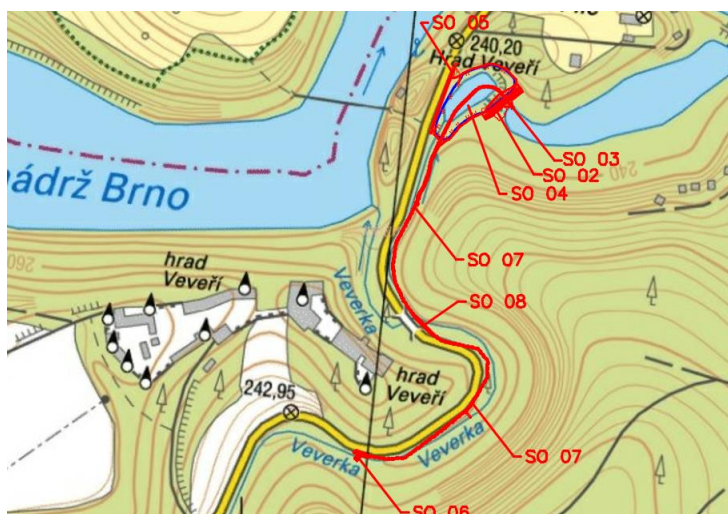
Obrázek 7 (Vlevo) Stávající potrubní most (archiv autora)

Obrázek 8 (Vpravo) Návrh nového potrubního mostu

3.1.9 SO 09 Vegetační úpravy

Současný stav: Stávající břehový porost MVN Malý hradní tvoří: habr obecný (*Carpinus betulus*), javor babyka (*Acer campestre*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*) dub zimní (*Quercus petraea*), líska obecná (*Corylus avellana*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a bez černý (*Sambucus nigra*).

Navrhované řešení: Tento stavební objekt řeší výsadbu nových dřevin a ozelenění ploch travinnou vegetací. Návrh je zpracován tak, aby bylo možné zachovat stávající vzrostlý břehový porost. Budou vysázeny dřeviny, které odpovídají současné skladbě břehového porostu. Stavební objekty, které si to vyžadají, budou ohumusovány a osety travní směsí o tloušťce 100 mm na ploše 1265,90 m². Travní směs bude složena z trav trstnatých a výběžkatých.



Obrázek 9 Zakreslení všech stavebních objektů do základní mapy

3.2 Vlivy stavby na životní prostředí a přírodu a krajinu

3.2.1 Vliv na životní prostředí

Stavba nebude mít negativní vliv na ovzduší, vodu ani půdu. Při odebírání vody z Veversky je navržený odběrný objekt upraven tak, aby byl zajištěn minimální zůstatkový průtok v toku dle platné legislativy. Břežky Malého hradního budou osázeny vegetací tak, aby byla omezena abraze břehů a odnos půdy. Při provozu stavby nebudou produkovány odpady a nebude vznikat hluk [1].

3.2.2 Vliv na přírodu a krajinu

Jedním z hlavních důvodů stavby je obnovení funkce Malého hradního jakožto významného krajinného prvku. Celkový vliv stavby na přírodu a krajinu bude pozitivní. Vznikne biotop vhodný pro rozmnožování obojživelníků, život drobného ptactva, hmyzu a dalších živočichů. V litorálu Velkého hradního poblíže hráze Malého hradního byla pozorována početná populace skokana hnědého (*Rana temporaria*) (Obrázek 10), který se po dokončení stavby bude moci rozšířit i do litorálu Malého hradního. Pokud bude následně o porosty, které budou založeny v rámci stavby, řádně pečováno, bude umožněn i rozvoj rostlin bylinného patra. Stavba se celá nachází na území biocentra Podkomorské lesy a svým významem je v sounáležitosti se smyslem existence tohoto biocentra. Stavba je navržena tak, aby podporovala ekologické funkce krajiny. Stavba tak alespoň bude částečně protíváhou negativního působení VD Brno na vazby v krajině a funkce krajiny [1].



Obrázek 10 Populace skokana hnědého v litorálu Velkého hradního (archiv autora)

4 ZÁVĚR

Malé vodní nádrže plní v člověkem pozměněné krajině nezastupitelné a jen těžko ocenitelné funkce. Je důležité si uvědomit, že ne každá MVN je pouze rybníkem a plní funkci rybochovnou, která přináší člověku užitek v podobě potravy. MVN jsou také důležitým biotopem pro živočichy, kteří by bez vody nemohli přežít. Právě toto pochopení může dopomoci člověku k vyvolání pocitu sounáležitosti s krajinou a přírodou jako takovou. Příroda neexistuje pro to, aby byla naším sluhou, nejsme jí nadřazeni, ale jsme její součástí. Po tisíciletí se jí člověk snažil upravovat pro své potřeby, někdy v souladu s jejími principy, jindy v rozporu. Tvorba MVN patří v naší historii mezi ty méně negativní zásahy do krajiny a jejich procesů. Toto vyniká při porovnání se současností, kdy je krajina uměle odvodňována a vodní toky ve velké míře zregulovány. Člověk bude krajinu měnit a využívat i v budoucnu, obnovování a výstavba nových malých vodních nádrží může být jednou z cest, jak to udělat lépe [1].

Pro zpracování této studie byla vybrána MVN Malý hradní, která se nachází v lokalitě pod hradem Veveří blízko Brněnské přehrady. Současný stav Malého hradního je silně zanedbaný a to jak v podobě manipulačních objektů, které se rozpadají, tak i jeho zátopy, která zarůstá náletem. Pokud neproběhne jeho obnova, vlivem sukcese tato nádrž zcela ztratí svoji funkci. Sukcese je sice přirozený proces, ale z hlediska ekologického bude mít vyšší hodnotu malá vodní nádrž, která bude zajišťovat ekologické funkce v pozměněné krajině v okolí Brněnské přehrady. Po dokončení výstavby se Malý hradní stane opět funkční vodní plochou, která bude přirozenou součástí krajiny pod Hradem Veveří. Vráti se tak i Genius loci tohoto místa, který se se zanedbáváním a chátráním nádrže vytrácel [1].

Literatura

- [1] JIROUT, M.: *Studie rekonstrukce náhonu na vodním toku Veverka*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta, 2014. 79 s., 114 s. příloh..
- [2] TLAPÁK, Václav a Jaroslav HERÝNEK. *Malé vodní nádrže*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002, 198 s. ISBN 80-7157-635-2.
- [3] NÁRODNÍ GEOPORTÁL INSPIRE. 2014: *Mapová aplikace*. Cenia. [online]. Praha, 2014. [cit. 7.2.2014]. Dostupné na: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [4] EICHLER, Karel. *Paměti panství veverského*. Veverská Bítýška: Obecní úřad, 1995, xvi, (1. vydání 1891), 536 s.

- [5] LABORATOŘ GEOINFORMATIKY UNIVERZITA J.E. PURKYNĚ, 2014: 3. *Vojenské mapování, č. 4257_3*. Agentura ochrany přírody a krajinyonline] [cit. 7.2.2014]. Dostupné na: <<http://www.oldmaps.geolab.cz/>>
- [6] AOPK, 2014. *Ústřední seznam ochrany přírody*. AOPK. [online]. Praha. [cit. 7.2.2014]. Dostupné na: <<http://drusop.nature.cz/>>



**NÁVRH, PROJEKCE A STAVBA VODNÍ NÁDRŽE PŘI
KOMPLEXNÍCH POZEMKOVÝCH ÚPRAVÁCH KRSY**
DESIGN, PROJECTION AND REALIZATION OF WATER POND BY
COMPLEX LAND CONSOLIDATION KRSY

Václav Alexandr MAZÍN

Státní pozemkový úřad, Nerudova 35, 301 00 Plzeň
✉v.mazin@spucr.cz

Abstract

The area of Czech Republic is an important as divide node. The supply of groundwater and present condition of rivers depend on the amount of rainfall. The water runoff from landscape is influenced by retention capacity of the area. There were many changes in agricultural areas leading to the uniformity of the landscape during the last century. The water outflow is sudden, without retardation. Flash floods develop regularly and otherwise soil profile is extremely dehydrated. The key task to government is to minimize this impact on the landscape for safety reasons. The most important step is to reduce the outcome and keep the drainage in upper parts of the water basin. Additionally lakes and small water resources are one of the most important key elements. The biggest problem occurs in the ownership relationships during realization of these measures. One of the few helpful devices of realization is complex land consolidation. This process is coordinatedly demanding, long-term and hardly understandable to the wider professional public.

Keywords

Agricultural area, investor, land consolidation, retention capacity, water management measures.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 Funkce vodních nádrží a jejich změny v historických souvislostech

V českých zemích se první rybníky zakládají počátkem 12. století. V listině kladrubského kláštera (okr. Tachov) z roku 1115 je uchována vůbec první zmínka o rybníku na našem území. Ten se nachází v povodí Lučního potoka v okrese Plzeň-sever. Od 15. do 17. století u nás významně narůstá plocha

rybníků. Ovšem již v 18. a 19. století jejich plocha naopak prudce klesá. Příčinou rušení rybníků je intenzifikace zemědělství a v některých oblastech i hornická činnost. Rybníky jsou vypuštěny a začleněny do matrice zemědělské krajiny. V 19. století se po sérii velkých povodní klade důraz také na vodohospodářskou funkci rybníka [1]. Původně monofunkční zařízení určené pouze k produkci ryb získává polyfunkční charakter.

1.2 Komplexní pozemkové úpravy jako jedinečný nástroj majetkoprávního řešení

Zkušenosti strategického plánování při využívání systémové teorie vyspělých států potvrzují, že pozemkové úpravy jsou potřebné zejména v období ekonomických krizí a klimatických změn. Pozemkové úpravy působí jako nástroj pro udržení kvality života a obnovu slábnoucích funkcí společenskoekonomických procesů [2].

Po obnovení vlastnictví k půdě v roce 1991 počáteční nadšení pro revitalizace toků a nádrží střídá skepse z neprůchodnosti při majetkoprávní přípravě staveb. Revitalizace toků a nádrží totiž obvykle probíhá jen v rámci pozemku toku a nepřesahuje břehovou čáru. Úpravy se tak omezují jen na zásahy v korytě toku.

Pozemkové úřady mají v rámci státní správy zvláštní postavení tím, že mohou jako jediný správní úřad změnit vlastnictví osob – účastníků řízení komplexních pozemkových úprav (KoPÚ). V některých katastrálních územích (k. ú.) v současné době nejsou k dispozici státní pozemky pro výměny a vytvoření pozemku pro stavby, protože byly privatizovány. Státní pozemkový úřad (SPÚ) pak má možnost použít obecní pozemky, nebo potřebné pozemky vykoupit. Krácení nároků dotčených vlastníků, i když to umožňuje zákon, je stále problematičtější [5].

Dnes je po 25 letech podle údajů SPÚ hotovo 1821 katastrálních území a dalších asi 7000 je potřebných. Podíl navržených nádrží oproti jiným společným zařízení, jako jsou například polní cesty, je však malý a ještě nižší je míra realizace těchto návrhů [3][4].

1.3 Pozemkový úřad jako správní úřad a investor

Pozemkové úřady jsou zřízeny v roce 1991 zákonem č. 284/1991 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech. Tento zákon je v současné neplatný a je nahrazen zákonným předpisem č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech. Pozemkové úřady mohou realizovat (investovat) vybranou, veřejně prospěšnou stavbu navrženou v plánu společných zařízení (PSZ). V PSZ jsou navrženy novostavby a opatření na úrovni územního

rozhodnutí a stavebníka podle stavebního řádu. Investorská činnost je jedním z hlavních procesů činností pobočky státního pozemkového úřadu. Investorská činnost je ale podmíněna provedením KoPÚ, což je správní řízení trvající v bezkonfliktním případě 4–5 let [6].

Teprve po zápisu rozhodnutí pozemkového úřadu o novém uspořádání pozemků do katastru nemovitostí je vytvořen pozemek, na kterém je možné projektovat stavbu. Vedlejší činností je pak tvorba zadávací dokumentace pro veřejnou zakázku a zpracování žádosti o dotace z Programu rozvoje venkova, nebo jiného podpůrného programu MŽP a EU.

Investorská činnost pozemkového úřadu je vždy dramatický příběh s nejistým koncem a zápletkami, které hrozí ze všech stran. Nejvíce problémů způsobuje nekvalitní projekt stavby, vyvolávající dodatečnou potřebu víceprací, které jsou bedlivě sledované nadřizenými složkami státu. K tomu mohou přistoupit nepředvídatelné okolnosti při stavbě, které pozemkový úřad nemůže ani při náležitě péči předvídat v době zadání veřejné zakázky.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Příjemci výsledků komplexních pozemkových úprav a místní komunita

Předmětem KoPÚ není jen samotná krajina, ale i její obyvatelé a správci. Provádět je tam, kde je nezájem obce a místní komunity, je nevhodné a nesetká se s úspěchem.

2.2 Pozemková úprava jako regulační systém krajiny (všeobecný model procesu)

Kulturní krajinu dnes tvoří řízené ekosystémy, které mají vysoký stupeň člověkem dodávané energie formou ekosystémových služeb [5][6]. KoPÚ je systémové opatření, které revolučním způsobem vstupuje do vývoje kulturní krajiny (Tabulka 1).

Tabulka 1 Řízený systém otevřeného řetězce procesu komplexních pozemkových úprav

Příčina	Regulační systém	Výsledek
Výchozí stav krajinné struktury	→ Změna – komplexní pozemkové úpravy	→ Nový stav krajinné struktury

Regulační systém KoPÚ ovlivňující krajinnou strukturu je vyhodnocen jako suma stavů (s_1-s_x) za určitý časový úsek a věcnou etapu (t_0-t_x):

$$s_0 = (t_1-t_2) \rightarrow s_1 = (t_3-t_4) \rightarrow s_2 = (t_5-t_6) \rightarrow s_3 = (t_7-t_8) \quad (7)$$

s_0 = výchozí stav struktury krajiny před projekcí jako výsledek analýzy (t_1-t_2)

s_1 = navrhovaný stav po etapě (t_3-t_4) dokumentovaný v plánu společných zařízení

s_2 = realizovaný stav společných zařízení po zápisu do katastru nemovitostí (t_5-t_6)

s_3 = budoucí reálný stav po další výstavbě společných zařízení (t_7-t_8)

t_1 = zahájení komplexní pozemkové úpravy

t_2 = vyhodnocení výsledků rozborů současného stavu

t_3 = zahájení návrhových a projekčních prací

t_4 = schválení plánu společných zařízení

t_5 = zahájení realizace plánu společných zařízení

t_6 = ukončení realizace společného zařízení

t_7 = zahájení realizace dalších navržených společných zařízení

t_8 = ukončení realizace nebo opravy a údržby, případně výchovné zásahy

3 VÝSLEDKY PROCESU POZEMKOVÝCH ÚPRAV V KRSECH

Obvod KoPÚ se nachází v Plzeňském kraji, okresu Plzeň-sever na počátku Tepelské vrchoviny v zemědělské části k. ú. Krsy na 480 ha zemědělského půdního fondu. Číslo pořadí hydrologického povodí je 1-10-01-146. Lokalita navržené nádrže se nachází 500 m západně od obce v úžlabí Krského potoka, levostranného přítoku Dolského potoka.

V případě obce Krsy byla místní komunita nakloněna pozemkovým úpravám a obec příkladně participovala společně se sborem zástupců a zpracovateli všech projekčních dokumentací.

Celý proces KoPÚ v k.ú. Krsy v období 2006 - 2015 je možné ve zjednodušeném schématu rozdělit do osmi subetap nebo postupných kroků a jejich časových úseků.

3.1 Posouzení podnětů a průzkum veřejného zájmu (zadání)

Proces KoPÚ vyžaduje dlouhodobou vizi a střednědobou koncepci na regionální úrovni. V případě KoPÚ Krsy posoudil pozemkový úřad podněty vlastníků půdy, především bývalého Pozemkového fondu, katastrálního úřadu a obce. Akci následně zařadil do střednědobého plánu. Důvodem zahájení KoPÚ v roce 2006 byla potřeba rekonstrukce nedokončeného přidělového řízení z 60. let minulého století. Po tomto upřesnění vlastnictví pokračovaly práce na návrhu PSZ KoPÚ Krsy. Důraz byl kladen zejména na odtokové poměry území, erozi půdy a zpřístupnění pozemků.



Již v této etapě pozemkových úprav předložila obec svoji představu o vybudování nádrží ve vhodných profilech. Předpokladem pro budoucí realizaci staveb společných zařízení byl dostatek státní půdy, protože se jedná o území bývalých Sudet. Po zpracování zadání pozemkové úpravy (investičního záměru) proběhla veřejná zakázka na zpracovatele pozemkové úpravy a zahájeno správní řízení.

3.2 Plán společných zařízení (koncepční příprava)

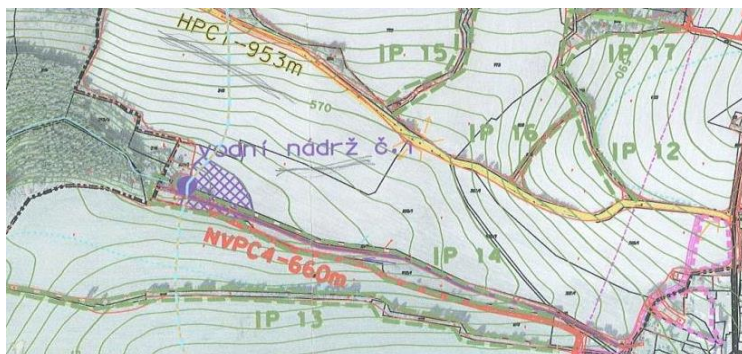
Zpracovatel pozemkových úprav posoudil stanovené podmínky od správních úřadů a po průzkumech a rozborech předložil sboru zástupců vlastníků a dotčeným orgánům PSZ [7]. Tento plán byl v roce 2008 schválen zastupitelstvem obce na veřejném zasedání. PSZ obsahoval priority realizace společných zařízení, ve kterých byly i novostavby nádrží (Obr. 1). Tyto priority byly podkladem pro dohodu pozemkového úřadu a obce jako majitele budoucích nově navržených staveb o postupu realizace, včetně možností finančního zajištění.

Celkově byly v rámci obvodu KoPÚ Krsy navrženy tyto stavby a opatření:

- 9,86 km polních cest (1 hlavní, 5 vedlejších) za 16 030 200 Kč;
- výsadba ÚSES (lokální biokoridor) na 4,15 ha;
- vodohospodářská opatření (3 malé vodní nádrže a 1 odtrubnění) za 7 758 000 Kč;
- protierozní opatření na 8,0 ha (plošné zatravnění) za 1 12 000 Kč.

Celkem byl kalkulován investiční záměr v rámci celého obvodu pozemkových úprav na předpokládané výši 24 149 200 Kč. Průzkumy a rozbory vodohospodářských poměrů bylo zjištěno, že:

- hustota a poloha vodopisné sítě je dostatečná;
- nejsou nutná protipovodňová opatření;
- ke zvýšení retenční schopnosti krajiny přispěje návrh třech nádrží;
- pro revitalizaci toků je navrženo odtrubnění melioračního kanálu;
- navržené polní cesty k rekonstrukci podpoří rozptýlení odtoku.



Obr. 1. Snímek plánu společných zařízení v místě malé vodní nádrže

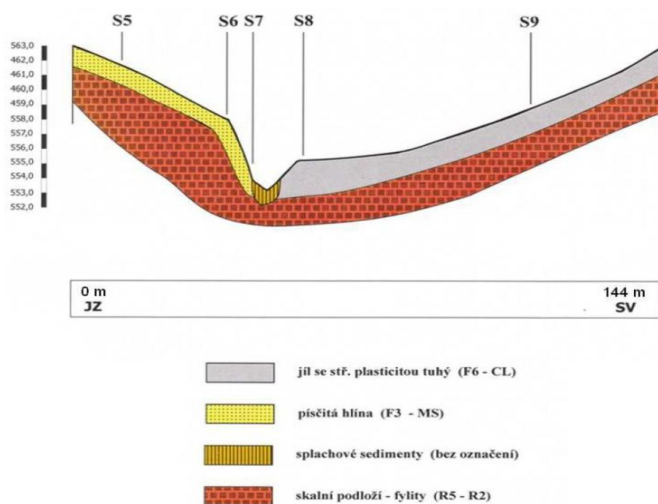
3.3 Návrh nového uspořádání pozemků (majetkoprávní vypořádání) a zadání stavby malé vodní nádrže

Zpracovatel KoPÚ Krsy provedl výpočet nároků vlastníků a převzal pozemky vytvořené plánem společných zařízení jako kostru pro výměny a scelení vlastnických parcel. Následně zpracoval návrh nového uspořádání pozemků, který předložil sboru zástupců a projednal s každým vlastníkem. Všichni vlastníci s předloženým návrhem souhlasili. Z tohoto titulu pozemkový úřad vydal rozhodnutí o schválení návrhu nového uspořádání pozemků. Po nabytí právní moci rozhodnutí byly vytýčeny a předány pozemky a proveden zápis do katastru nemovitostí formou obnovy katastrálního operátu. Tím vznikly pozemky pro společná zařízení včetně pozemku pro výstavbu vodní nádrže Krsy 1 (Obr. 2).

Z údajů o dimenzaci a návrhových parametrech nádrže bylo pozemkovým úřadem zpracováno zadání obsahující lokalizaci a souřadnice pozemku. Stupeň požadované dokumentace byl zadán na úrovni projektu pro stavební povolení. Dále byla součástí zadání dokumentace se stanovisky všech správních úřadů a správců podzemních a nadzemních vedení. Podmínkou zpracování projektu bylo provedení inženýrsko-geologického průzkumu [8].



Obr. 2. Pohled na budoucí zátopu jihovýchodním směrem k budoucí hrázi malé vodní nádrže Krsy 1 (13. 10. 2010).



Obr. 3. Schematický geologický řez. Hrázový profil.

3.4 Inženýrsko-geologický průzkum a projektová dokumentace stavby

V dubnu 2011 objednal pozemkový úřad geologický průzkum v lokalitě navržené nádrže Krsy 1. Průzkum byl zaměřen na posouzení vhodnosti lokality pro projektovanou výstavbu malé vodní nádrže.

Z regionálně geologického hlediska je zájmové území tvořeno horninami Českého masívu, konkrétně proterozoického stáří. Údaje o zájmovém území byly čerpány zejména z výsledků průzkumných sondážních prací = celkem 9 zarážecích sond (Obr. 3). Dále pak z geologické mapy a z výsledků archivních průzkumných prací.

V této oblasti je poměrně častým jevem výskyt skalního podloží s nízkým stupněm zvětrání v poměrně nízké hloubce pod terénem. Průzkum upozornil na nebezpečí puklinových kolektorů ve skalním podloží, které se bohužel projevilo při dokončení stavby (viz Kolaudace stavby a převzetí díla od zhotovitele).

V listopadu 2011 pozemkový úřad zadal veřejnou zakázku na zpracovatele prováděcí dokumentace stavby nádrže Krsy 1 a byly zahájeny projekční práce. Vodní nádrž byla řešena jako průtočná, se sypanou homogenní hrází 141 m dlouhou, založenou na upravenou pláň v hloubce 0,3 m, s železobetonovým požerákem vysokým 7,2 m a kamenným bezpečnostním přelivem s odpadním korytem. V okolí nádrže bylo navrženo zatravnění a výsadba dřevin plnící protierozní, ochrannou a estetickou funkci. Podél vodní nádrže byl navržen svodný drén DN120 v hloubce 110 cm se štěrkovým obsypem a polní cesta, která nádrž zpřístupňuje.

3.5 Stavební povolení a rezervace finančních prostředků ze státního rozpočtu

Podle zákona o pozemkových úpravách nahrazuje územní rozhodnutí stavebního úřadu rozhodnutí o schválení návrhu pozemkových úprav pozemkového úřadu. Upouští se tak od vydání územního rozhodnutí o umístění stavby a od rozhodnutí o využití území. Pozemkový úřad jako investor požádal v roce 2012 o stavební povolení příslušný stavební úřad. Zároveň byla akce zařazena do plánu a rozpočtu Krajského pozemkového úřadu pro Plzeňský kraj. Pobočka tohoto úřadu v Plzni pak rezervovala předpokládanou výši finančních prostředků v rozpočtu Státního pozemkového úřadu na rok 2014.

3.6 Realizace stavby

Před vlastní realizací nádrže zadal pozemkový úřad tři veřejné zakázky a to na technický dozor investora, autorský dozor a dodavatele stavby. V říjnu 2013 uzavřel pozemkový úřad jako investor mandátní smlouvu s technickým dozorem, smlouvu výkonu autorského dozoru a smlouvu o dílo se zhotovitelem stavby.

Podle časového harmonogramu smlouvy o dílo „Stavba vodní nádrže VN 1 Krsy“ byly práce zahájeny 15. 3. 2014 a ukončeny 15. 11. 2014 (Obr. 4).





Obr. 4. Nádrž těsně po dokončení – napouštění

3.7 Kolaudace stavby a převzetí díla od zhotovitele

Před kolaudací bylo nutné nádrž napustit, aby se potvrdila její nepropustnost. Dne 19. 11. 2014 však byl zpozorován průsak v levé straně paty vzdušného líce hráze. Dílo nemohlo být převzato a dodavatel objednal po dohodě s investorem geofyzikální měření a posouzení, které by zjistilo příčinu prosakování a navrhlo technické řešení. Věc je v současnosti řešena.

3.8 Budoucí předání investice na obec

Celkem bylo ze státního rozpočtu využito na stavbu nádrže Krsy 4 535 594 Kč za stavbu, 45 000 Kč za technický dozor investora, 18 324 Kč za autorský dozor a 54 600 Kč za projektovou dokumentaci. Celková pořizovací cena stavby byla 4 653 518 Kč včetně DPH. Z rozhodnutí o schválení návrhu pozemkových úprav v k. ú. Krsy z 29. 3. 2011 mimo jiné vyplývá, že společná zařízení realizovaná podle tohoto návrhu vlastní obec. Státní pozemkový úřad po kolaudaci stavebním úřadem předá účetní hodnotu investice protokolem na obec Krsy. Tím přechází na obec i povinnost zajistit správu, údržbu a provozuschopnost nádrže, včetně následné popěstební péče o vysázené dřeviny.

4 DISKUZE

Podle vyjádření některých odborníků nevěnuje bezpečnostní politika ČR dostatečnou pozornost problematice retence vody v krajině, a to nikoli z hlediska bleskových povodní, ale především sucha. Malé vodní nádrže nevykazují tak potřebné zpomalení odtoku při extrémních srážkách, ale hrají důležitou úlohu v akumulaci vody pro zemědělství.

Navrhnout a zrealizovat stavbu vodní nádrže v horní části malého povodí uprostřed velkého půdního bloku orné půdy na melioračním příkopu je v každém případě dobrý nápad a odvážný čin. Na příkladu návrhu, projekce a stavby malé vodní nádrže při KoPÚ Krsy byl zdokumentován složitý proces, který začal v roce 2006 a trvá do současné doby. Je třeba upozornit na to, že tato doba bezmála deseti let je obvyklá a všechna jednání a řízení probíhala bezkonfliktně. Uznání a obdiv je třeba vyjádřit obci, která vnímá své postavení správce krajiny a není jí lhostejná budoucnost vodního režimu území.

Bylo by žádoucí se zamyslet nad tím, jestli má být realizátorem pozemkových úprav jen pozemkový úřad, nebo do tohoto procesu, který jedinečným způsobem připraví pozemek pro stavbu, nezapojit i další subjekty např. správce vodních toků, vlastníky pozemků a především zemědělce, kteří jsou příjemci dotací na půdu.

5 ZÁVĚR

Současný trend KoPÚ prokazuje poměrně masivní nárůst navrhovaných opatření (s_0-s_2), což potvrzuje objektivní potřebu obnovení porušené struktury zemědělské krajiny. Méně uspokojivá je však realizace těchto opatření. Největší podíl realizovaných opatření při KoPÚ připadá na polní cesty (34,8 %). Horší je to s mírou realizace navržených protierozních a vodohospodářských opatření. Na celostátní úrovni bylo z celkového počtu 1370 pozemkových úprav ukončených k 30. 6. 2012 vybudováno alespoň jedno protierozní zařízení pouze v 9 % případech. Míra realizace vodohospodářských opatření byla ještě nižší (3), (4).

6 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] HŮDA, J. (2014). Podmínky obnovy a podpory rozvoje využití vody v krajině, zkušenosti z povodně 2002. In: *Vodní toky a retence vody v krajině*. Praha : b.i.d. services.
- [2] HOISL, R. (1992) *Stand von Landschaftsplanung, Landesflege, ländlicher Neuordnung und Dorfeneneruingin Deutschland, Lehrgebiet*. Munchen : Institut für Landespflge und Botanik der Technischen Universität München,
- [3] KONEČNÁ, J. (2013) *Hodnocení realizací protierozních a vodohospodářských zařízení v pozemkových úpravách*. str. 25–40.
- [4] MAZÍN, V. A. (2010) Dynamika změn struktury krajiny při komplexních pozemkových úpravách v ČR v letech 1994–2009. *Pozemkové úpravy*, 18(71): 1–10.



- [5] TRÁVNÍČEK, Z., MAZÍN, V. A. (2008) *Optimalizace činnosti pozemkových úřadů v ČR ve vztahu k využívání komplexních pozemkových úprav k uchování krajinných funkcí*. Praha ÚZEI 2008 NAZV č. 1R56016.
- [6] MAZÍN, V. A. (2004) Environmentální principy pozemkových úprav v rámci nové agrární politiky. In: *Krajinné inženýrství 2004* ČSKI.
- [7] VONDRÁČEK, J. (2008) *Plán společných zařízení Krsy*. JV Projekt s.r.o.
- [8] VONDRÁČEK, J. (2011) *Projektová dokumentace a inženýrsko-geologický průzkum, Vodní nádrž Krsy I*.

OBNOVA A REVITALIZACE PRAŽSKÝCH NÁDRŽÍ

RENEWAL AND REVITALIZATION OF PRAGUE'S LAKES

Jiří KARNECKI✉, Ondřej Palička

*Magistrát hl. m. Prahy, odbor ochrany prostředí, Jungmannova 35, Praha 1
Lesy hl. m. Prahy, Středisko vodní toky, Práčská 1885, Praha 10
✉jiri.karnecki@praha.eu*

Abstract

In this days the ponds in Prague are not understood as disposable water bodies 'production' of fish or technical work on flood protection. Today's destination is to create a small water reservoirs, which will be an integral part of the environment of Prague. Except fish farming and flood protection must Prague ponds serve for recreation and relaxation for Prague residents. Is also important ecological functions, namely the creation of conditions for life and reproduction of endangered species of aquatic animals and plants. In order for these objectives to be systematically implemented was based project "restoration and revitalization of ponds"

Keywords

pond, revitalization, Prague, water reservoir

1 ÚVOD

Hlavní město Praha, zastoupené odborem ochrany prostředí MHMP, je správcem většiny drobných vodních toků na svém území, což je cca 250 km. Město zároveň vlastní 56 rybníků o ploše 85,7 ha, 3 vodní nádrže a 35 retenčních nádrží včetně 8 suchých poldrů. Tyto vodní plochy a vodní toky udržuje městská organizace Lesy hl. m. Prahy, která také většinu stavebních prací při revitalizacích realizovala.

2 HISTORIE PROJEKTU

Projekt „Obnova a revitalizace nádrží“ byl sice zahájen už po povodních 2002 odbahněním a celkovou rekonstrukcí zcela zničené Malé Řičky ve Stromovce, ale jeho přesnější cíle a strategie byly definovány až v roce 2005. V tomto roce se hl. m. Praha přihlásilo do celosvětové soutěže měst The international awards for liveable communittes pořádané ve španělské La Coruni



a jedním z prezentovaných projektů byl právě projekt „Obnova a revitalizace nádrží“. Z tohoto projektu zde byla představena obnova historického rybníka v Oboře Hvězda a tehdy zcela inovativní vegetační opevnění retenční nádrže N1 Stodůlky.

S dalšími provedenými revitalizacemi rybníků se stále zdokonalovaly jak cíle projektu, tak samotné realizace akcí. Do dnešního dne bylo v rámci projektu opraveno celkem 51 nádrží. Mezi nejzajímavější realizované akce patří např. revitalizace Počernického rybníka, odbahnění Hostivařské nádrže, revitalizace soustavy Chodoveckých nádrží, oprava Čimického rybníka, oprava Hořejšího rybníka nebo revitalizace soustavy nádrží na Hájeckém potoce.

V současné době probíhá jeden z nejvýznamnějších projektů, a to oprava a rozšíření rybníční soustavy v Královské oboře – Stromovce.

2.1 První projekt (jak to vlastně začalo)

Po povodních v roce 2002 se celá Stromovka a s ní i Malá Řička, která kdysi bývala vltavským ramenem, ocitli pod několika metry vody. To byla pro tuto již značně zchátralou nádrž poslední „kapka“.

V rámci odstraňování povodňových škod vytěžila do února 2003 organizace Lesy hl. města Prahy 22 500 m³ sedimentu. Celé okolí bylo poté vyčištěno a upravené břehy se osadily mokřadními rostlinami.

V létě 2003 projekt pokračoval opravou hráze Malé Řičky, která po povodni zcela zmizela. Kámen použitý na opravu hrázky pochází z bývalého oplocení Stromovky zbořeného povodní a připomíná původní kyklopské zdivo.

Dalším krokem se stala oprava nátoky z Vltavy. Staré potrubí bylo vyměněno a zaústění dostalo tvář kamenné vodní kaskády, přes kterou voda přepadá až k hladině. Přepadající voda tak dotváří nejen na pohled, ale i na poslech, kolorit tohoto místa, které slouží hlavně k rekreaci a odpočinku.

V zimě 2003 následovalo vyčištění podzemní části vyústění Malé Řičky, vedoucí kolem Císařského mlýna až do Dejvického potoka. Cihlová štola byla díky povodni a špatné údržbě velmi zanesená a voda ze Stromovky stěží odtékala. Původní předpoklad rychlého vyčištění štoly se však brzy ukázal jako nereálný. Čištění se změnilo doslova v hornickou činnost, kdy pracovníci firmy Patok metr po metru odstraňovali až několik desítek centimetrů mocnou vrstvou samovolně stabilizovaného nánosu cihel, kamení a železného šrotu. Kuriozitou byl nálezy několika německých nábojnic z druhé světové války.

2.2 Nejnáročnější projekt

Největším a taky nejnáročnějším projektem byla revitalizace a odbahnění Počernického rybníka, největšího rybníka v Praze.

Rybník byl zřízen zahrazením mělkého údolí patrně kolem roku 1848. V době svého vzniku byl rybník větší a odděleně napájen potoky Rokytky a Říčanským. Dnes jsou oba potoky spojené asi 1 km před ústím do rybníka. Původní výměra rybníka byla 29 jiter a 572 sáhů, tedy 22 hektarů, ale vlivem eutrofizace (nárůstu živin) a zaměňovacích procesů se zmenšila na dnešních 19 hektarů. V té době rybník sloužil k zadržování vody pro níže položené mlýny. Později se Počernický rybník zapsal také do dějin světových přírodních věd, a to tím, že u něj byla zřízena první česká terénní laboratoř a současně první hydrobiologická stanice na světě. Stanice zahájila svoji činnost v červnu 1888, s podporou barona Derczéni, majitele panství Dolno-Počernického a mecenáše vědy. Přírodovědci, v čele s profesorem Antonínem Fričem, zde tehdy měřili směr a sílu větru, teplotu vody a vzduchu a na dnešní poměry velmi pečlivě a moderními způsoby zkoumali vzorky planktonních živočichů a řas a rybníční dno. Věnovali se také sledování kaprů.

Rekonstrukce Velkého Počernického rybníka byla vyvolána dlouhodobě nevyhovujícím stavem hráze, všech funkčních objektů, obtokové stoky a celkovým zabahněním rybníka. Obnova byla zahájena v říjnu 2004 výlovem ryb a pokácením starých nemocných dřevin na hrázi a březích rybníka. Hráz rybníka byla opevněna kamennou dlažbou a bezpečnostní přeliv se vyzdil z kamene. Na koruně hráze byla navíc vybudována nová šterková cesta. Opraveny byly také nábrežní zdi, stejně jako koryto pod přelivem. Historický pískovcový most byl kompletně rozebrán a následně, po zpevnění všech spodních konstrukcí, opět složen. Kompletní rekonstrukce se nevyhnula ani požeráku a dělicí hrázce mezi rybníkem a obtokovou stokou. I spodní výpust (stavidlo) byla zrekonstruována takzvaně od základů, její původní tvar však zůstal zachován. Jako stavební materiál zde byla použita kombinace křemitého porfyru a pískovce, ze kterého byly původní objekty postaveny.

Další částí rekonstrukce byla oprava dělicí hrázky mezi rybníkem a obtokovou stokou, včetně opravy všech mostků a opevnění. Část dělicí hrázky byla rozšířena a na její koruně byla vybudována nová šterková cesta. Součástí hrázky je i snížený přístup k vodě a nově zbudovaná naučná stezka, která vede od hráze až k prostoru ostrova. Dále byla hrázka upravena tak, aby navazovala na rozšířené litorální pásmo (rákosiny). Tato část je klidová a slouží zejména pro živočichy a rostliny vázané na vodní prostředí.

Poslední částí rekonstrukce bylo odbahnění a výstavba ostrova. Po odvodnění rybníka se suchou cestou vytěžilo přibližně 60 000 m³ sedimentu. Část byla využita na výstavbu nového ostrova a rozšíření litorálního pásma, zbytek sedimentu byl vyvezen na okolní pole v Běchovicích a Počernicích.



Pro zpestření mokřadních biotopů bylo na ostrově i v okolí rybníka vyhloubeno několik tůní jako klidové místo pro rozvoj obojživelníků a bezobratlých živočichů.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií, Evropským fondem pro regionální rozvoj a MMR



Obr. 1. Bezpečnostní přeliv a most Počernického rybníka (vlevo); bezpečnostní přeliv RN Hájecká (vpravo).

3 CÍLE PROJEKTU

3.1 Technické

Prvním a nejdůležitějším cílem je zajištění bezpečnosti vodních děl jak za běžného provozu, tak i při povodňových stavech a jiných extrémních situacích. To obnáší řešení celkových rekonstrukcí a oprav hrází, bezpečnostních přelivů, nábrežních zdí, opevnění a vypouštěcích zařízení. Velmi často bývá součástí i celkové odbahnění rybníků.

Při obnovách technických prvků rybníků a nádrží jsou na pohledové konstrukce používány zejména přírodní materiály, jako je kámen a dřevo. Při opravách hrází se vychází z historických zkušeností využití kamene jako stabilizačního prvku. Dodnes se na některých rybnících dají nalézt více jak sto let staré funkční kamenné dlažby a tarasy. Právě proto se většinou na opevnění návodního líce používá kamenná dlažba uložená do šterkopísku a vyklínovaná. Pohledové části dalších technických prvků rybníků jsou také obkládány kamenem (Obr. 1). Nejčastěji se používá čedič a křemitý porfyr, který se podobá v Praze dříve často používanému pískovci. Na přelivné hrany bezpečnostních přelivů jsou většinou používány kamenofezy. U některých projektů (zejména u revitalizací retenčních nádrží ze sedmdesátých a osmdesátých let) jsou často monstrózní a poškozené betonové objekty

nahrazovány menšími stavbami z kamene a objekty jsou znovu navrhovány tak, aby při zachování stejné kapacity lépe zapadly do okolního prostředí.

Při odbahňování rybníků se nejčastěji používá odbahnění suchou cestou. Sediment je odstraňován tak, aby nebylo zasahováno do litorálních porostů s výjimkou hloubení tůní pro obojživelníky.

3.2 Ekologicko – estetické

Druhým cílem projektu je vytvoření vodních ploch s vysokou estetickou, ekologickou a pobytovou hodnotou v návaznosti na vodní toky jako zelené koridory města a následné využití vodních ploch pro nerušící volnočasové aktivity.

Základním požadavkem je tedy zlepšení kvality vody v pražských potocích a rybnících. Na rybnících jsou 2x ročně prováděny rozборы kvality vody a případné zjištěné zdroje znečištění jsou postupně odstraňovány. S tím souvisí i regulace rybního hospodaření. Na rybnících je zaveden extenzivní chov ryb bez možnosti hnojení a krmení. Rybní obsádky jsou stanovovány na základě dlouhodobého sledování kvality a průhlednosti vody tak, aby bylo dosaženo rovnováhy mezi rybní obsádkou a přirozenou úživností rybníka. Tím je umožněn rozvoj i dalším složkám rybníční fauny a flory a zvýšení biodiverzity (rozmanitosti rostlinných a živočišných druhů) v Praze.

Velký důraz je kladen na doplnění chybějících břehových porostů, vytvoření litorálních a břehových pásů kvetoucí vegetace včetně výstavy ostrůvků pro ptáky a zlepšení propojení vodního a suchozemského prostředí. Pozvolné přístupy k vodě jsou pak místem, kde se lidé mohou přiblížit přírodě (Obr. 2).

Na nejhodnotnějších revitalizovaných plochách je pravidelně prováděn biologický průzkum, od kterého se pak vyvíjí následný management ploch.

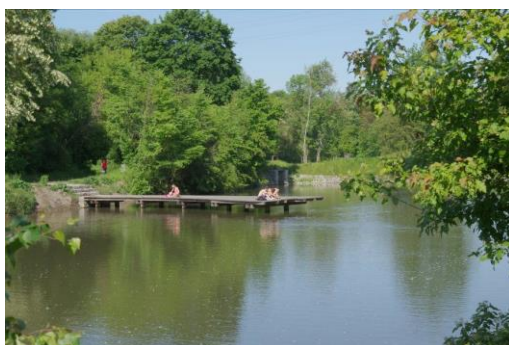
Další velmi důležitou součástí je zajištění kvalitní následné péče a údržby jako je sekání travnatých ploch, údržba břehového doprovodu a bohužel i úklidy.

3.3 Kulturně – historické a společenské

Součástí projektu je i zvyšování povědomí obyvatel Prahy o pražských rybnících, jejich významu v městské krajině a historii včetně obnovy historických rybníků a památek s nimi souvisejících. U rybníků jsou instalovány informační tabule popisující historii jednotlivých rybníků, revitalizace a faunu a flóru vyskytující se na rybnice. K projektům spolufinancovaným z fondů EU jsou vydávány i tištěné brožury. Součástí je i instalace drobného mobiliáře jako jsou například lavičky, mola (Obr. 3) nebo povalové chodníky.



Obr. 2. Nátok do retenční nádrže Říčanka před revitalizací (vlevo) a po revitalizaci (vpravo).



Obr. 3. Molo na Hořejším rybníku.



Obr. 4. Přehled ploch revitalizovaných v jednotlivých letech od roku 2003.

4 VÝSTUPY PROJEKTU

- **do konce roku 2014 bylo upraveno celkem 51 lokalit o ploše 169 ha** (Obr. 4),
- **celkem bylo vytěženo 545 tis. m³ sedimentu,**
- od roku 2005 jsou prováděna biologická hodnocení jednotlivých vodních ploch. Celkem bylo již vyhodnoceno 52 lokalit,
- od roku 2008 jsou upraveny podmínky pro chov ryb v jednotlivých nádržích za účelem zmenšení množství rybích obsádek a zlepšení kvality vody. To se projevuje zejména na zvýšení průhlednosti a čistoty vody,
- od roku 2009 bylo v Praze zřízeno 7 nových sportovních rybářských revírů (Vodní dílo Jiviny, rybník Martiňák v Dolních Počernicích, Libocký rybník, rybník Labuť v Kunratickém lese, Cukrovarský rybník ve Vinoři, rybník V Rohožníku a nádrž Slatina v Dubči),
- 2 vysychající vodní plochy se podařilo zachránit nalezením dodatečných zdrojů vody (Čimický rybník a rybník Aloisov),
- 3 nové vodní plochy vznikly na místech již zaniklých rybníků (rybník Ve Hvězdě, Střední rybník v Chabrech a nádrž Pod Lesem),
- 11 vodních ploch je součástí zvláště chráněných území, proto zde revitalizace probíhaly velmi citlivě.

**RYBNÍK POD PANSKOU S OBTOKOVÝM KORYTEM NA
ZÁKOLANSKÉM POTOCE, K. Ú. STŘEDOKLUKY -
REVITALIZAČNÍ A PROTIPOVODŇOVÉ OPATŘENÍ**
THE POND POD PANSKOU WITH BYPASS CHANNEL ON ZAKOLANSKY
STREAM, CADASTER STREDOKLUKY – REVITALIZATION AND FLOOD
CONTROL MEASURES

Ivana CAPOUŠKOVÁ^{1,✉}, Jitka Holcmanová², Olga Petrišćáková³

¹*Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Středočeský kraj, Pobočka
Kladno, nám. 17. listopadu 2840, Kladno*

²*Obec Středokluky, Lidická 61, Středokluky*

³*Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Středočeský kraj, Pobočka
Kladno, nám. 17. listopadu 2840, Kladno*

[✉]*i.capouskova@spucr.cz*

Abstract

This paper is focused on restoration of the pond Pod Panskou with bypass channel situated in the north part of village Stredokluky. The affected area was once part of the pond, whose original size was seven times larger and reached up from the dam of Kalingeruv mill to highway R6. However the original pond was destructed about 200 years ago and the original area was recently split by highway R7 between Prague and Slany.

The main purpose of this restoration project was flood protection, revitalization of rural landscape and nature conservation. The restored area is also part of Zakolansky stream, which is protected by NATURA 2000 as a habitat of critically endangered *Austropotamobius torrentium*. Therefore the bypass channel was built, which offers significantly greater diversity of habitats and shelter capacity. By restoration of bypass pond was created water surface of 4.7 hectares with a capacity of 46 600 m³ and with retention space about 37 000 m³. In the surroundings of the pond was also planted vegetation created by near-natural *Pruno padi-Fraxinetum excelsioris* association and *Salicion albae* association on waterlogged habitats. The pond with bypass channel was restored in the process of land consolidation and it was financed by European Union from the Rural Development Programme.

Keywords

land consolidation, flood protection, landscape revitalization,
Austropotamobius torrentium

1 DŮVODY VÝSTAVBY

Poslední desetiletí jsme na území České republiky svědky prudkých výkyvů počasí, pro něž jsou typické přívalové deště s nadprůměrným množstvím srážek na m², kdy dochází k rychlému odtoku vody z postižené oblasti, střídané dlouhými obdobími sucha, které doprovází plíživý nárůst průměrných teplot v kterémkoli ročním období. Ačkoli z hydrologických měření vyplývá, že srážkový roční průměr zůstává v porovnání s mnohaletými údaji konstantní, má tento jev čím dál ničivější dopad ať už z hlediska přímých škod způsobených povodněmi, tak i dlouhodobě na využitelné zdroje vody v krajině nezbytné pro zemědělství a na zásoby podzemní vody. S těmito problémy se však nepotýkají pouze podhorské oblasti nebo rozsáhlá území na dolních tocích řek, jak jsme zažili při opakovaných povodních v nedávných letech, ale dotýkají se i území s nadmořskou výškou kolem 300 m, kterými protékají pouze místní toky.

Středočeská Obec Středokluky, nacházející se ve správním okresu Praha – západ, je jednou z několika vesnic, kterými protéká Zákolanský potok (ř. km cca 18,6 – 18,9), místní tok na pomezí okresů Kladno a Praha – západ, který ústí zleva do Vltavy v Kralupech nad Vltavou, v okrese Mělník. Jedná se o tok s průměrným ročním průtokem 121 litrů za sekundu (průměrné roční srážky lokality jsou 576 mm), jenž se však v období prudkých dešťů několikanásobně zvětšuje, takže dochází k opakovanému zaplavení domů stojících v okolí toku a k dalším škodám na občanském vybavení. Zároveň však Zákolanský potok skýtá vhodné životní podmínky pro ohrožený druh raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), proto byl tok v úseku od soutoku s Dřetovickým potokem zařazen v minulosti pod kódem CZ 0213016 mezi evropsky významné lokality výskytu. Bez ohledu na tuto biologickou jedinečnost není okolí Středokluk nikterak krajinářsky idylické. Vesnici obklopují rozsáhlé, zemědělsky intenzivně využívané plochy orné půdy, které vytvářejí přechodové území mezi urbanizovaným západním okrajem Prahy a průmyslovými lokalitami Kladna, pro které je typické odlesnění a nedostatek kvalitní zeleně v krajině. Proto již na konci devadesátých let zástupci Obce Středokluky hledali způsob, jak všechny zmíněné jevy do budoucna řešit. Výsledek byl nalezen ve spojení historického potenciálu obce v podobě zaniklého rybníka Pod Panskou s možnostmi provedení pozemkových úprav podle zákona č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech.

2 LOKALITA

Rybník Pod Panskou, dříve zvaný Veliký rybník, byl založen v 17. století a sahál od středokluckého Kalingrovského (Kalingerova, dříve Podrybnického)



mlýna po silnici Lipskou, nyní Karlovarskou. Jeho plocha byla rozsáhlá; historické zdroje uvádějí 132 strychů (korců), tj. v přepočtu 37,98 hektarů. Byl to mělký, rybochovný rybník, jehož hladina značně kolísala a jehož zálivy byly při nízké vodě pronajímány jako pastviny. Díky postupnému zanášení bahnem se jeho plocha stále zmenšovala, takže v roce 1840 měl již plochu jen okolo 10 hektarů a posléze došlo k jeho úplnému zániku [1]. Výstavbou rychlostní silnice R7 mezi Prahou a Slaným ve druhé polovině 20. století byla jeho původní plocha definitivně předělena náspem. V části, která přiléhá k severnímu okraji Obce Středokluky, zůstala zachována zamokřená lokální deprese, hustě porostlá vlhkomilnými dřevinami, se středově protékajícím, melioracemi napřímeným Zákolanským potokem, odtékajícím z lokality pod náspem komunikace (Obr. 1).

Roku 2006 byl vodohospodářským správním orgánem schválen návrh společných zařízení v rámci komplexní pozemkové úpravy v katastrálním území Středokluky, zahájené z podnětu Obce Středokluky, jejímž zadavatelem byl někdejší Pozemkový úřad Praha – západ. Návrh byl vytvořen projektantkou a geodetkou Ing. Irenou Strakovou, která do návrhu zahrнула i obnovu rybníka Pod Panskou jako protipovodňového a krajinyotvorného prvku, včetně plánu revitalizace celé lokality a zajištění životních podmínek pro chráněný druh raka kamenáče (Obr. 2).

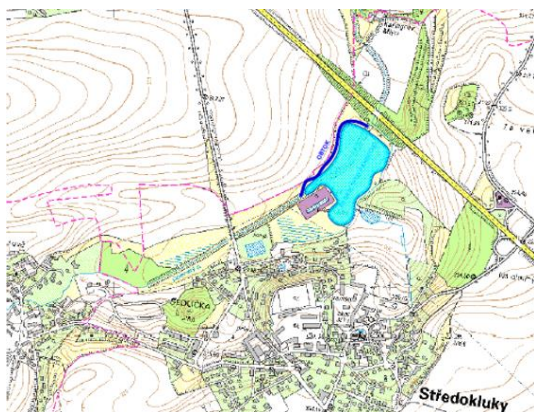
3 REALIZACE

V následujícím období Obec Středokluky zadala vypracování projektové dokumentace obnovy rybníka, jejímž autorem je projektant Ing. Petr Datel (Benešov), a následně Pozemkový úřad Praha – západ přihlásil projekt do 17. kola Programu rozvoje venkova pro období let 2007 až 2013. Tím bylo projektu zajištěno i financování z prostředků Evropské unie prostřednictvím Státního zemědělského a intervenčního fondu. V důsledku přijetí zákona č. 503/2012 Sb., o státním pozemkovém úřadu a změně souvisejících zákonů, došlo k 1. 1. 2013 ke vzniku Státního pozemkového úřadu (dále jen SPÚ) a k reorganizaci dosavadní sítě pozemkových úřadů, kdy agendy zaniklého Pozemkového úřadu Praha – západ převzala Pobočka Kladno Krajského pozemkového úřadu pro Středočeský kraj (dále jen KPÚ).

Na přelomu let 2013/2014 proběhla za spolupráce KPÚ, Pobočky Kladno SPÚ a Obce Středokluky zadávací řízení na dodavatele stavby a nezbytné odborné dohledy (autorský dozor, technický dozor investora, dozor bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, archeologický dohled). Zadávací dokumentace pro výběr dodavatele stavby musela v kvalifikačních kritériích zohlednit veškeré podmínky projektanta i příslušných správních orgánů.



Obr. 1. Celkový pohled na místo před realizací – napřímený Zákolanský potok protékající lokalitou s vymýceným porostem.



Obr. 2. Přehledná situace.

Jako dodavatel stavby bylo vybráno Sdružení Středokluky Proles- Kavyl se sídlem v Brně (sdružení firem: PROLES s.r.o., Brno – zástupce pro stavbu Ing. Kubiš, stavbyvedoucí V. Troščák a KAVYL spol. s r.o., Mohelno).

Vlastní výstavba rybníka byla zahájena v březnu 2014 a ukončena v říjnu téhož roku kolaudačním souhlasem k užívání tohoto vodního díla vydaným Městským úřadem Černošice – odborem životního prostředí, oddělením vodního hospodářství.

Stavba, kterou realizoval první účastník Sdružení, firma PROLES s.r.o., je členěna na stavební objekty SO 01 Zdrž, SO 02 Hráz, SO 03 Požerák - spodní výpusť, SO 04 Bezpečnostní přeliv, SO 05 Obtok a SO 06 Ozelenění (Obr. 3 vlevo, Obr. 4, Obr. 5 vlevo). Zahájení stavebních prací předcházelo pokácení všech dřevin na ploše a jejich následná likvidace, a to v termínu dle povolení ke kácení mimo vegetační období).

Následně muselo dojít k přesné synchronizaci vytvoření nového, téměř 500 m dlouhého obtokového koryta přírodního charakteru s možností manuální regulace průtoku, dostatečně meandrujícího, s vhodně umístěnými frakcemi kameniva různé velikosti sloužícího jako úkryt pro raka kamenáče (Obr. 3 vpravo), a záchranného transferu raků z původního koryta Zákolanského potoka do nově vybudovaného obtoku, a to nejpozději do 15. 5. b. r., tj. před termínem líhnutí nové generace ráčků z vajíček nalepených pod ocasem samic.

Tuto odbornou část zajišťoval ve spolupráci s obcí astakolog Mgr. David Fischer, který dále během stavby rybníka dohlížel na dodržení vhodných podmínek k usídlení populace raka včetně dalších vodních živočichů v novém obtokovém korytu, které nabízí výrazně vyšší diverzitu stanovišť (od proudných mělkých partií až po hlubší tůně). Přítomnost astakologa na stavbě byla jednou z mnoha kvalifikačních podmínek zadávacího řízení.

Výstavbou, resp. obnovením rybníka vznikla vodní plocha o výměře cca 4,7 ha a objemu cca 46,6 tis. m³ při normální hladině. Protipovodňové opatření spočívá v retenci vody v prostoru rybníka o objemu cca 37 tis. m³ včetně regulovatelného snižování kulminačních průtoků v Zákolanském potoce. Hráz je zemní homogenní, nasypaná z místního materiálu, hutněná po třiceticentimetrových vrstvách, opatřená požerákem se spodní výpustí (DN 500, Q 0,72 m³/s) a bezpečnostním přelivem (Q₁₀₀ 21 m³/s) [1].

Současně byla provedena úprava okolí rybníka a při zachování cenných partií vzrostlých dřevin byla na nově vzniklých a upravených plochách doplněna další zeleň (Obr. 5 vlevo). Tyto úpravy prováděl druhý účastník Sdružení - firma KAVYL spol. s.r.o. Vegetační úpravy rybníka tvoří přírodě blízká společenstva střemchových jaseňin (*Pruno padi-Fraxinetum excelsioris*) a na zamokřených místech společenstva vrbin vrby bílé (*Salicion albae*). Ozelenění nádrže bylo navrženo tak, aby příroda měla prostor k jejímu dalšímu dotvoření.



Obr. 3. Obtokové koryto – zemní práce (vlevo); rak kamenáč (vpravo).



Obr. 4. Bezpečnostní přeliv s lávkou (vlevo); spodní výpust (vpravo).



Obr. 5. Zpevnění návodní strany hráze (vlevo); nově vysázená vegetace v okolí rybníka (vpravo).



Obr. 6. Celkový pohled na obnovený rybník Pod Panskou

Tab. 1. Technické parametry vodního díla

plocha při normální hladině - Ha	4,37 ha
plocha při maximální hladině - Hr	5,3 ha
objem při Ha	46 600 m ³
objem při Hr	83 900 m ³
retenční objem	37 300 m ³
délka vzdutí	300 m
maximální hloubka u hráze při Ha	2,00 m
průměrná hloubka ve zdrži	1,00 m
normální hladina - Ha	292,50 m n.m.
maximální hladina - Hr	293,30 m n.m.
kóta koruny	294,00 m n.m.
délka hráze (vč. boční)	417,0 m
šířka koruny	6,0 m
max. výška hráze (návodní strana)	3,50 m
max. výška hráze nad ter. (vzdušný svah)	2,55 m
sklon návodního svahu	1 : 2,5 (boční 1 : 3,5)
sklon vzdušného svahu	1 : 3 – 1 : 4
obtokové koryto	493 m

4 TECHNICKÉ PARAMETRY VODNÍHO DÍLA

Jako návrhový průtok pro rybník byl stanoven (v souladu s normou ČSN 752410 – malé vodní nádrže) průtok Q_{100} . V běžném provozu se odtok z nádrže rovná přítoku do nádrže. Minimální průtok Q_{330d} je 30 l/s. Na přítoku je vytvořen rozdělovací objekt navržený na maximální průtok $Q_{100} = 26,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Z něho odtéká obtokových korytem maximálně $6 \text{ m}^3/\text{s}$ a přes bezpečnostní přeliv $21 \text{ m}^3/\text{s}$. Technické parametry realizovaného vodního díla jsou uvedeny v Tab. 1.

Celková investiční hodnota stavby financované z evropských fondů činí **9 778 652 Kč bez DPH**. Účetní hodnota doprovodných investičních nákladů financována Státním pozemkovým úřadem - veřejnou pokladní správou činí **366 633 Kč bez DPH**, a to za autorský dozor (Ing. Petr Datel), technický dozor

(KPCM s.r.o. Praha - Jaroslav Kredba a Ing. Rudolf Baudisch), dozor BOZP (Blanka Dostálová). Dohled archeologa (společnost Archaia) financovala Obec Středokluky.

Dokončenou a zkolaudovanou stavbu vodního díla (Obr. 6), zahrnující rybník a obtokový potok, převzala do své účetní a majetkové evidence Obec Středokluky, která tím převzala i povinnost zajistit správu, údržbu po dobu 5 let a provozuschopnost předávaného díla dle manipulačního řádu [1].

Realizace projektu obnovy rybníka Pod Panskou s obtokovým korytem na Zákolanském potoce jako revitalizačního a protipovodňového opatření má kromě naplnění vytčených cílů mnohem širší dosah – obyvatelům Středokluk i dalším návštěvníkům nabízí rozšíření životního prostoru o malebnou přírodní lokalitu, příležitost ke koupání a sportovnímu rybolovu. Za příznivých teplotních podmínek v zimním období bude rybník jistě využíván i k zimním sportům. V současnosti se již na rybníce zabydlely také divoké kachny (*Anas platyrhynchos*) a labuť (*Cygnus olor*). Jedinou a prozatím neodstranitelnou „vadou na kráse“ tak zůstává doléhající hluk z přilehlé rychlostní komunikace.

Literatura

- [1] POSPÍŠIL, Josef. *Středokluky*. Středokluky: Zdeněk Susa. 2013. 264 s. ISBN 978-80-86057-89-7.
- [2] DATEL, Petr. *Projektová dokumentace - Rybník „Pod panskou“, revitalizační a protipovodňové opatření*. MZe, Pozemkový úřad Praha-západ. 2011.
- [3] <http://www.stredokluky.cz>



RYBNÍKY – SOUČASNÉ PROBLÉMY VÝSTAVBY A ÚDRŽBY

PONDS - ACTUAL ISSUES OF THEIR BUILDING AND MAINTENANCE

Stanislav ŽATECKÝ✉

VODNÍ DÍLA-TBD a.s., Hybernská 40, 110 00 Praha 1
✉ zatecky@vdtbd.cz

Abstract

Contemporary operation and maintenance of the ponds – small water reservoirs, the problems connected to insufficient maintenance, durability of the construction and increased load of the water structures. The consequences of the increased stress of the embankments, failure of the devices, the effect of the use of new materials. Principles of structures realization. Usual mistakes in the projects and the during the structures realization.

Keywords

pond, small water reservoir, maintenance

1 ÚVOD

Rybníky, vodní nádrže sloužící k chovu ryb vznikaly na našem území postupně s osídlováním. Postupnou přeměnou krajiny ze zalesněné na polnohospodářsky obdělávanou vznikly i první úpravy vodního režimu v krajině a přehrazením toků v neodvodnitelných pozemcích na příhodném místě byly vytvořeny vodní plochy. Vznikaly tak postupně soustavy malých vodních nádrží s různým účelem využití a postupně došlo i k rozvoji chovu ryb jako významné složky potravy. Největší rozkvět rybníkářství byl v 15. a 16. století. Jako v případě každého uměle vytvořeného díla, je důležité se kromě rybářského hospodaření také starat o všechny části rybníka, které ho tvoří. Řádnou údržbu a obnovu z hlediska zachování provozuschopnosti a bezpečnosti si zasluhují zejména hráz, výpustná objekty a bezpečnostní zařízení, což jsou ty části rybníka, které jsou stavbou.

2 PROVOZOVÁNÍ A ÚDRŽBA RYBNÍKŮ V SOUČASNOSTI

2.1 Rybník z pohledu zákonných předpisů

Dnes je na rybníky nahlíženo z různých úhlů vzhledem k neurčitosti právní definice rybníka a dochází tak k různým požadavkům na priority při údržbě hrází a objektů. Současné zákony vymezují pojem rybník v několika předpisech:

- Zákon č. 99/2004 Sb. (zákon o rybářství) § 2 písm. c): *„Pro účely tohoto zákona se rozumí rybníkem vodní dílo, které je vodní nádrží určenou především k chovu ryb, ve kterém lze regulovat vodní hladinu, včetně možnosti jeho vypouštění a slovení; rybník je tvořen hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními“.*
- Zákon č. 254/2001 Sb. (vodní zákon) § 55 odst. 1: *„Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem, a to zejména... písm. l) jiné stavby potřebné k nakládání s vodami povolovanému podle § 8“.*
- Zákon 114/1992 Sb. (zákon o ochraně přírody a krajiny) § 3, odst. 1 písm. b) *„Významný krajinný prvek jako ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny utváří její typický vzhled nebo přispívá k udržení její stability. Významnými krajinnými prvky jsou lesy, rašeliniště, vodní toky, rybníky, jezera, údolní nivy...“*

Jiný pohled na rybník je z hlediska zákona č. 256/2013 Sb., (katastrální zákon), problematika zápisu do katastru a další v současné době velmi aktuální je problematika vlastnictví rybníka z hlediska zákona č. 89/2012 Sb. (občanský zákoník) ve znění pozdějších předpisů.

Díky různým obsahům pojmu „rybník“ dochází často při provozování a užívání těchto **vodních děl** k mnoha neshodám a nedorozuměním a při údržbě často k protikladným požadavkům. V současné době dochází opět k výstavbě rybníků, jedná se převážně o **vodní díla** s parametry odpovídajícími ČSN 75 2410.

2.2 Hráze a objekty – provoz, údržba a vliv užívání na jejich provozuschopnost

Hráze a objekty – to jsou ty části rybníků, které zajišťují základní funkci vodního díla, to je vzdouvání a akumulaci vody v rybniční kotlině potřebné pro rybniční hospodaření. Vzhledem k tisícileté historii výstavby a provozování



rybníků se setkáváme s velmi různorodou konstrukcí vzdouvacích objektů – hrází. S rozvojem technických dovedností a materiálových možností to platí i pro výpustná a bezpečnostní zařízení.

2.2.1 Hráze

Převážná většina hrází rybníků je provedena jako zemní hráze a to buď homogenní nebo s těsněním na návodní straně nebo uprostřed tělesa hráze. Dnes platná ČSN 75 2410 umožňuje na základě znalosti o použité zemině a konstrukci hráze navrhnout sklony svahů a minimální šířku koruny hráze z tabulky uvedené v normě bez nutnosti provádět výpočty stability. Toto však platí pouze pro nově budované, nebo opravované hráze. Velké množství hrází vybudovaných v minulých stoletích nespĺňují současná kritéria, násypy jsou z dnešního pohledu poddimenzované a při mimořádném zatížení může dojít k jejich porušení.

Mimořádná zatížení však neplynou pouze ze zatížení povodní a zvýšením hladiny, ale také například z pojezdu těžké techniky jak zemědělské, tak lesnické, a to u hrází, které na toto zatížení nebyly navrženy. Také automobilová doprava na hrázích, které jsou součástí silniční sítě, je násobně těžší než dříve. Převážná většina hrází rybníků ve druhé polovině 20. století také zarostla neudržovaným náletem nebo byla dokonce osázena při koruně stromy, převážně nejméně vhodných druhů (Obr. 1).



Obr. 1. Alej nevhodných topolů na koruně (vlevo); pařezy – doklad poškození stromů (vpravo).

Takto narušené, někdy poměrně subtilní násypy hrází jsou náchylné k porušení sesuvem při souběhu zatížení nebo po snížení hydraulické stability při vytvoření průsakových cest působením kořenového systému nevhodných porostů. Důsledkem zanedbávané údržby hrází je stále se zrychlující stárnutí hrází, zvláště opevnění. Dochází k rozpadu kamenného tarasu nebo dlažby často narušené neodstraňovaným náletem a rozplavováním násypu hráze při vlnění

nebo kolísání hladiny vody v nádrži. Při provádění údržby takto zanedbaných hrází může dojít k rozporným stanoviskům na odstraňování porostů z těles hrází. Pro provádění údržby je nutné postupovat ve smyslu zákona o vodách, kde je v § 59 odst. 1 písm. j) nařízeno „*odstraňovat náletové dřeviny z hrází sloužících k ochraně před povodněmi, ke vzdouvání vody nebo k akumulaci vody; na tyto povinnosti se s výjimkou ochrany památných stromů, zvláště chráněných druhů rostlin, zvláště chráněných živočichů a volně žijících ptáků, nevztahuje zákon o ochraně přírody a krajiny. Před jejich odstraněním, není-li nebezpečí z prodlení, je vlastník vodního díla povinen oznámit svůj záměr orgánu ochrany přírody*“.

Při větším rozsahu kácení je doporučeno provést před vlastním kácením technickobezpečnostní prohlídku hráze za účasti vodoprávního úřadu, případně specialisty technickobezpečnostního dohledu, a rozhodnout o postupu kácení. V mnoha případech bude nutné odstraňovat kořenový systém stromů a doplňovat násyp hráze vhodnou zeminou. Likvidace nevhodných porostů na hrázích je především podmíněna zajištěním bezpečnosti hráze, tomu se musí přizpůsobit všechny další požadavky. Metodika údržby porostů na hrázích je řešena v Metodickém pokynu č. 1/2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly, kapitola C, vydaném Ministerstvem zemědělství.



Obr. 2. Neudržovaný smrkový porost (vlevo); sesuv svahu – vliv porostu smrků (vpravo).

Mimořádná zatížení hrází těžkou technikou se projevují jednak vývojem podélných výmolů na neuzpevněných korunách hrází neuzpůsobených provozu dnes užívané těžké techniky, ale také deformacemi tělesa hráze a stlačováním násypu, které může vést k porušení potrubí spodní výpusti. Dochází také často k vyvrácení návodního opevnění tvořeného u starších hrází často kamenným tarasem, poměrně svislou zídou vyskládanou na sucho (Obr. 3). U hrází, po kterých jsou vedeny komunikace, je často změněn sklon svahů tím, že se při údržbě komunikace provádělo postupně vrstvení asfaltových koberců bez úpravy svahů.



Obr. 3. Taras porušený zatížením vozidly (vlevo); sesutá krajnice nad porušeným tarasem (vpravo).

Násyp hráze, který nebyl navržen na zatížení stále těžší technikou a dynamickým namáháním při průjezdu vozidly se začne postupně deformovat a dojde ke vzniku sesuvů a nátrží na svazích a k celkovému zhoršení stability hráze, která v kombinaci se zatížením násypu vodou může vést až k její destrukci. Na mnoha rybnících byly zvláště ve druhé polovině minulého století použity jako opevnění návodního svahu betonové panely (Obr. 4).

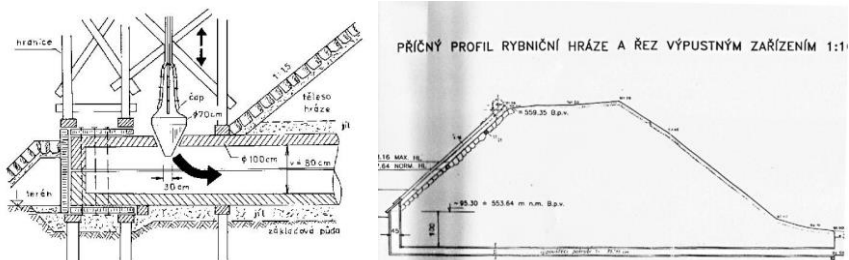


Obr. 4. Sesuté betonové panely (vlevo); sesuv silnice nad porušeným opevněním (vpravo).

Betonové panely i plná dlažba nejsou vhodným opevňovacím prvkem. Vlivem kolísání hladiny a vlnobitím dochází k vyplavování zemního materiálu z tělesa hráze, vytváření kaveren a následnému rozpadu opevnění. Tento proces může být poměrně dlouhodobý a do prvního pohybu panelů těžko odhalitelný při běžné prohlídce. Stejně tak dojde k narušení a rychlejší degradaci opevnění vlivem neodstraňovaného náletu. V kombinaci se zatížením dopravou dochází k ohrožení hráze i samotné komunikace a hrozí nebezpečí havárií vozidel.

2.2.2 Výpustná zařízení

Rybníky jsou vybaveny různými typy výpustných zařízení, odpovídajícími znalostem a možnostem výstavby. Nejstarší jsou v převážné většině vybaveny dřevěným výpustným potrubím uzavíraným čapem, nebo šikmou lopatou ovládanou z koruny hráze táhlem na návodním svahu (Obr. 5).



Obr. 5. Uzávěr čapem (vlevo); šikmá lopata na dřevěném potrubí (vpravo).

Oba tyto typy výpustí nelze použít pro regulovaný odtok, mají pouze polohu „otevřeno“, při vypouštění a „zavřeno“ při napouštění a provozu. Novější vodní díla jsou vybavena betonovým nebo ocelovým potrubím. Uzávěry jsou buď lopata ovládaná shora, nebo požeráky různých provedení buď hrazené dlužemi, nebo šoupátky. Nejnovější vodní díla jsou často vybavována potrubím z plastů a požeráky různých provedení. V současné době dochází stále častěji k poruchám starých dřevěných potrubí. Je to způsobeno jednak výše popsanými vlivy nadměrného zatížení a jednak se projevuje nepříznivé obnažení dřevěného potrubí ze vzdušné strany, kdy dochází ke zrychlenému procesu rozpadu dřeva (Obr. 6). Zapříčiněno je to buď zrušením, nebo díky špatné údržbě zničením tzv. trubních jam, které zajišťovaly trvalé ponoření dřevěného potrubí. Zamezilo se tak přístupu vzduchu k dřevěné trubě. Betonová potrubí používaná v novější době byla často uložena do hrází bez obetonování. U těchto potrubí dochází jednak k jejich podcenění při průjezdech techniky, nebo alespoň k jejich průhybu a rozpojení. Při vypouštění potom dochází k vyplavování materiálu hráze z okolí spojů a postupnému vytváření kaveren. Následkem je potom propad hráze a může dojít i k protržení. K porušení spojů potrubí může dojít i vlivem promrzání a teplotních deformací hráze. U ocelových potrubí k takovým poruchám dochází méně často, ale může podél nich lehčeji dojít k otevření průsakové cesty. Dále se může nepříznivě projevit vliv koroze na pevnosti potrubí. V dnešní době často používaná plastová potrubí, pokud jsou uložena pouze do zeminy, jsou nejpravděpodobnější příčinou poruchy hráze. Jednak není možné dostatečné zhutnění zeminy při sypaní a jednak dochází zatížením k deformaci potrubí a k vytváření otevřených průsakových cest.



Obr. 6. Nízká hladina v trubní jámě (vlevo); výpust rybníka – čap (vpravo).

Všechna potrubí je nutné obetonovat, přičemž použité betony musí být minimálně třídy C25/30, XC2, XF3, $D_{\max} = 22$, S3, u vyšších hrází C30/37, XC2, XF3, $D_{\max} = 22$, S3. Stejně třídy je nutné použít i pro podkladní betony! Pokud není požerák umístěn do tělesa hráze a je předsazen k návodní patě, doporučuje se v ose hráze nebo těsnícího prvku u nehomogenních hrází vytvořit zavazovací žebro. To však není zataženo pod potrubí, neboť by tvořilo podporu a mohlo by v tomto místě dojít ke zlomu již při hutnění hráze. Zavazovací žebro prodlouží a prakticky přerušuje možnou průsakovou cestu na kontaktu betonu se zeminou hráze. Ta by se kromě špatně provedených povrchů betonu na kontaktu (přetoky, větší podélné nerovnosti) mohla od betonů odlepit i v zimním období při promrzání potrubí. To nastane, pokud je umožněno proudění vzduchu konstrukcí požeráku do potrubí. Tento jev se dříve nevyskytoval u dřevěných trub, neboť byly ponořeny pod vodu i na vzdušné straně. Povrch betonových konstrukcí před zasypáním není možné upravovat žádnými omítkami nebo nátěry kromě pačoku z jílovité zeminy bezprostředně před sypáním. Správné provedení konstrukce spodní výpusti a násypu hráze na kontaktu s betonem zaručují dlouhodobý bezporuchový provoz. Vzhledem k tomu, že stavbu malých vodních nádrží občas provádí firmy s malými zkušenostmi s touto činností, upozorním na několik zásadních chyb, se kterými se můžeme setkat:

- 1) Neodvodněná a nezhutněná základová spára před pokládkou podkladního betonu, nebo v horším případě šterkopískové lože bod betonem.
- 2) Nedodržené sklony betonů obetonování potrubí tj. 10 : 1, přetoky betonu při nekvalitním bednění, velké nerovnosti (Obr. 7).
- 3) Špatně provedené dohutnění zeminy na kontaktu s betonem, použití nevhodné zeminy, nebo dokonce ponechání bednění podél potrubí v násypu hráze (Obr. 7).



Obr. 7. Nedodržený sklon, přetoky a ponechané bednění ve spodní části konstrukcí.

Obetonování potrubí je nutné z hlediska předpokládané životnosti vodního díla, což je obvykle minimálně sto let. Ve většině případů se rybníky „dožívají“ více jak sto let a je nutné funkční objekty, k nimž není po dobu životnosti přístup, budovat tak, aby nebyla nutná jejich výměna. Jedná se zejména o potrubí spodní výpusti. Jakýkoliv zásah do konsolidovaného násypu hráze, který by byl v tom případě nutný, může být prvotní příčinou vývoje průsakové poruchy v dalších letech provozu.

2.2.3 Bezpečnostní zařízení rybníků

Stejným vývojem jako výpustná zařízení prošla i bezpečnostní zařízení vodních děl. Ta nejjednodušších byla řešena jako průlehy, pokud možno rostlým terénem. Složitějšími jsou hrazené bezpečnostní přelivy, které současně sloužily k zajištění minimálního odtoku (Obr. 8). Dále se používaly k řízenému vypouštění části objemu nádrže, neboť dřevěná potrubí měla pouze omezený průtočný profil a využívala se až k vypuštění objemu pod úroveň pevné přelivné hrany přelivu. V současné době, vzhledem ke změnám odtokových poměrů a hustotě osídlení, je kladen velký důraz na zajištění bezpečnosti vodního díla. Tzv. zabezpečení vodního díla proti přelítí je nejnověji stanovena v tabulce, která je přílohou ČSN 75 2935 (Tab. 1). Z této tabulky se určí potřebná míra zabezpečení vodního díla (u nových, nebo opravovaných vodních děl je údaj uveden v „Posudku“ kategorizace) a podle postupu popsaného v normě se stanoví buď úpravy hráze a objektů, nebo nouzová opatření.

Tab. 1. Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla.

Kategorie vodního díla	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii vodního díla	Hodnotící hlediska podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii vodního díla		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potenciální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	p = 1/N	N [let]
I.	velmi vysoké	mimořádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	předpokládají se	0,0001	10 000
II.	vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	předpokládají se	0,0001	10 000
			jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	předpokládají se	0,001	1 000
			jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinelé	0,005	200
			jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	jsou nepravděpodobné	0,05	20

V současné době se preferují nehrazené bezpečnostní přelivy, které nejsou závislé na manipulaci při povodňových průtocích. Konstrukčně „nejjednodušší“ jsou přímé přelivy přes hráze, které však lze použít pouze pro menší návrhové průtoky. Měly by být budovány pokud možno v rostlém terénu v závazání hráze. Přeliv situovaný do násypu může být poškozen při sedání tělesa hráze. Konstrukce přelivu je mnohokrát ověřený typ a nebývají s ní významnější problémy. Ty však mohou nastat při řešení skluzu. Svah hráze, který obvykle nebývá mírnější než 1 : 2 je nutné opevnit poměrně těžkým kamenným záhozem, který odolá porušení při velkých rychlostech vody.

Přeliv je nutné také alespoň na vzdušní hraně přelivu, kde dochází ke změně proudění z prakticky nulové rychlosti proudu v nádrži na bystrinné proudění na skluzu, vybavit pevnou přelivnou hranou, blokem založeným do nezámrné hloubky. Zde obvykle dojde při špatně navrženém opevnění k tvorbě výmolů a narušení tělesa hráze.

Pro větší průtoky je vhodnější navrhnout boční přeliv se skluzem v závazání hráze. U těchto přelivů je nutné dbát na jejich hydraulické řešení a navrhnout dostatečnou délku přelivné hrany a hloubku spadiště tak, aby nedošlo ke vzniku nedokonalého přepadu při převádění návrhového průtoky. Pro nádrže s velkými návrhovými průtoky lze volit variantu sdruženého objektu, který v sobě slučuje funkci spodní výpusti a bočního přelivu. Platí pro něj stejné podmínky pro

hydraulické řešení jako pro spadiště bočního přelivu, je však ještě nutné zohlednit zda kapacita odpadního koryta je dostatečná a nemůže dojít vlivem zpětného vzduť vody ke změně návrhových parametrů spadiště. Tyto objekty jsou konstrukčně náročnější a je nutná velká pečlivost při provádění betonů i při dohutňování násypu k objektu.



Obr. 8. Nevyhrazený hrazený přeliv při povodni (vlevo); původní dřevěná konstrukce hrazení (vpravo).



Obr. 9. Přímý přeliv bez žebra po povodni (vlevo); boční přeliv, nekapacitní (vpravo).



Obr. 10. Boční přeliv se skluzem (vlevo); sdružený objekt (vpravo).

Zavazovací žebro je u těchto objektů nutné vždy. Velmi častou chybou je řešení zaústění skluzu od přelivu do toku. Často je skluz veden po patě hráze a zaústění je provedeno kolmo na osu odpadního koryta a není dořešeno navázání na tok. U malých vodních nádrží nebývá dořešeno ani tlumení energie buď vývarem, nebo drsným skluzem a opevněním ve výústní trati. Dochází pak ke vzniku výmolů a břehových nádrží odpadního koryta bezprostředně pod hrází. Toto platí přiměřeně i pro obtokové nádrže, pokud není možné zcela oddělit povodňové průtoky od nátku do nádrže.

Velké množství skluzů od přelivů je přemostěno, přičemž konstrukce mostu je v majetku správce komunikace. Při opravě nebo modernizaci silniční sítě je současně provedena výstavba nového mostu. Nové konstrukce projektují specialisté na dopravní stavby dle standardů silničního stavitelství. Hlavní zásada u mostních konstrukcí je rychlé odvádění veškerých vod, jak prosakujících z komunikace, tak i z násypů.



Obr. 11. Chybně navržená konstrukce (vlevo); správně řešená replika historického mostu (vpravo).

Tyto zásady jsou však diametrálně odlišné od konstrukcí vodohospodářských, které naopak musí zajistit vzdouvání vody, přičemž je vhodné, aby byla stále udržována optimální vlhkost zemin v násypu a zamezilo se vzniku trhlin z vysychání. Je proto nutné, aby vlastník vodního díla v případě takovéto rekonstrukce jako účastník stavebního řízení upozornil na potřebu autorizovat tyto konstrukce i autorizovaným inženýrem se specializací na vodohospodářské stavby.

3 ZÁVĚR

Malé vodní nádrže – „rybníky“ jsou vodní díla (stavby), u nichž jsou hráze a objekty v průběhu provozu zatěžovány různými provozními stavy nebo vnějšími

zásahy. Může se jednat o změny užívání nádrže, zvýšení zatížení hráze, narušení homogenity hráze nevhodnými zásahy nebo špatnou údržbou díla, zejména pak porostů. Na základě zkušeností mohu konstatovat, že každý rybník je vzhledem k svému přirozenému propojení s přírodními podmínkami individualitou a již při projektování je nutné k tomuto budoucímu zapojení přihlížet. Při provádění údržby, zvláště pokud se projeví následky zanedbané údržby z předchozích let, je nutné nápravná opatření volit tak, aby nedošlo k dalším škodám při neuváženém zásahu. K tomu slouží i provádění technickobezpečnostních prohlídek za účasti vodoprávního úřadu a v případě potřeby i odborníka na vodní díla tohoto typu. Často je nutné nápravná opatření řešit nařízením vodoprávního úřadu, a provedení prohlídky může na tuto potřebu upozornit. Na tyto stránky provozování rybníků není možné zapomínat, hráze a objekty jsou základními funkčními prvky rybníka a starost o ně tak, jak je předepsána v zákoně o vodách v §§ 56 – 62, je nutností. Nelze zapomínat, že velké množství rybníků je potenciálním rizikem pro území pod nimi a jejich bezpečnost je nutné trvale zachovat.

Literatura

- [1] Zákon č. 99/2004 Sb., Zákon o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství).
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Zákon č. 114/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů.
- [4] ČSN 75 2410, Malé vodní nádrže, 2011.
- [5] ČSN 75 2935, Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních, 2014.
- [6] Metodický pokyn MZE č.1/2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly (č.j. 37380/2010-15000).



PORUCHY A HAVÁRIE RYBNÍKŮ PŘI POVODNI V ČERVNU 2013 A PŘÍKLADY OPRAV ČI NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ FLOODS IN JUNE 2013 IN CZECH PONDS

Ondřej ŠVARC✉

VODNÍ DÍLA – TBD a.s., Hyberská 1617/40, 110 00 Praha 1, www.vdtbd.cz
✉ svarc@vdtbd.cz

Abstract

The text describes course and consequences of floods in June 2013 in ponds in Central and Southern Bohemia. It briefly evaluates character of the floods on the specimen of ponds showing the worst damage and it describes and analyses reasons of defects, their consequences and performed measures. The brief survey of prepared repair and reconstruction of these ponds and summarizing of new information in relation towards small water reservoirs are counterpart of the article.

Keywords

pond, flood, overflow, measures

1 ÚVOD

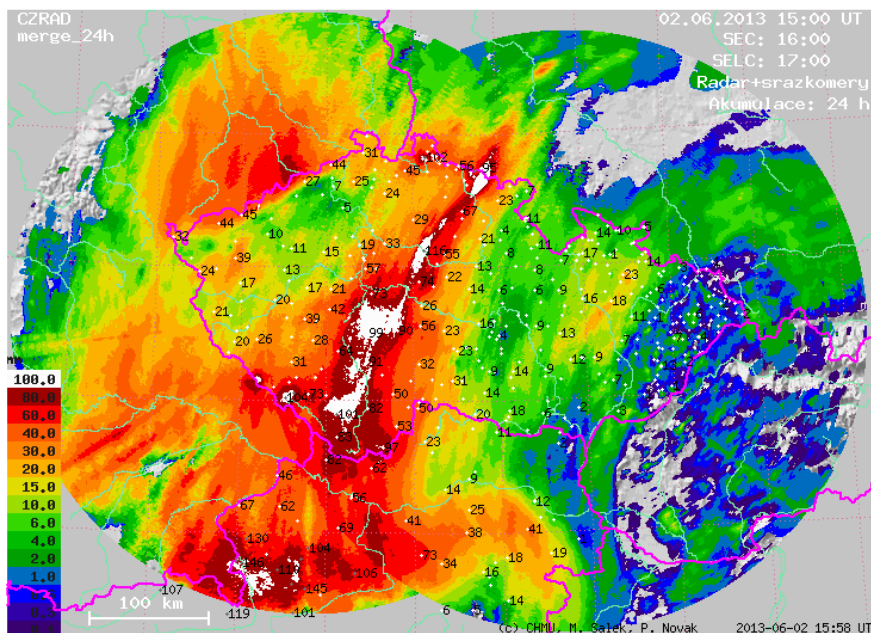
Od roku 1997 se ve střední Evropě začaly vyskytovat časté povodně. Některé byly způsobeny výrazným oteplením a souvisejícím táním sněhu (2005) nebo kombinací vydatných srážek a tání sněhu (2000, 2006), další byly spojeny s výraznou bouřkovou činností (2009, 2010, 2012). Povodně, které zasáhly území ČR v letní polovině roku v letech 1997, 2002, 2005, 2010, 2011 a 2013 byly způsobeny vydatnými velkoprostorovými srážkami, které se vyskytovaly v širší oblasti střední Evropy.

Povodně v červnu 2013 na území ČR byly spojeny se dvěma významnými obdobími srážek. Během šestidenního období od 29. května do 3. června byly místy zaznamenány úhrny srážek s periodicitou vyšší než 100 let pro jedno a vícedenní úhrny srážek. Ve východních Čechách se v tomto období vedle velkoplošných srážek vyskytly i orograficky podmíněné přívalové deště, které vedly k lokálním povodním. Podružná vlna povodní 9. a 10. června byla spojena s lokálními přívalovými dešti, kdy srážkové úhrny místy dosáhly 50 letých hodnot. Druhé období výrazných srážek nastalo 24. a 25. června, tedy

s 14 denním odstupem od podružné srážkové epizody a s centrem nejvyšších srážkových úhrnů posunutým na východ do oblasti Vysočiny a Jižní Moravy.

Červnovým povodním 2013 předcházela srážkově velmi významně deštivý květen, v jehož průběhu spadlo v Čechách průměrně 115 mm, což činí 174 % květnového normálu. Velmi silné nasycení území značně ovlivnilo odtokovou odezvu a přispělo k extrémním průtokům v zasažených územích.

Územně byly zasaženy nejvíce jižní, střední a východní Čechy. Úhrn srážek na území ČR v období od 1. 6. 17:00 SELČ do 2. 6. 17:00 SELČ je znázorněn na Obr. 1.



Obr. 1. Množství spadlých srážek za období od 1. 6. 17:00 SELČ do 2. 6. 2013 17:00 SELČ kombinací radarových odhadu a měření ze srážkoměrů.

Stejně jako v předcházejících letech nedošlo ani při povodních v roce 2013 k závažnému ohrožení bezpečnosti významných vodních děl. Všechny havárie se odehrály na tzv. „malých vodních dílech“. Jednalo se převážně o rybníky a malé vodní nádrže situované v územích nejvíce zasažených srážkovou činností, kde kulminační průtoky často přesahovaly stoletou vodu.

2 PRŮBĚH A NÁSLEDKY POVODNÍ NA VYBRANÝCH RYBNÍCÍCH, AKTUÁLNÍ STAV NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

2.1 Mlékovický rybník (ČHP 1-04-06-024)

Z povodní 2013 mezi rybníky mediálně nejznámější a i z pohledu ohrožení osob a poškození jejich majetku nejzávažnější bylo protržení Mlékovického rybníka v obci Mlékovice nedaleko Zásmuk (Středočeský kraj, okres Kolín).

Mlékovický rybník na Bečvárci je rybníkem průtočným, plocha povodí k profilu hráze je přes 40 km². Zemní hráz o délce 160 m má v koruně hráze šířku 2 – 5 m. Její maximální výška nade dnem výpusti je 6 m. Sklon návodního svahu je 1 : 2, sklon vzdušního svahu je 1 : 2,5. Návodní svah je opevněn kamennou rovnáninou, vzdušní je zatravněn. Rybník má dva bezpečnostní přelivy. Bezpečnostní přeliv I je umístěn v levém zavázání hráze. Skládá se ze tří hrazených polí, celková šířka přelivu je 5 m. Dřevěná stavidla se ovládají z ocelové lávky, před přelivem je umístěna lomená česlová stěna s lávkou. Voda od přelivu odtéká korytem vysekaným ve skále. Celková kapacita vyhrazeného přelivu při hladině v úrovni nejnižšího místa koruny hráze je 16 m³.s⁻¹. Bezpečnostní přeliv II je umístěn v pravém břehu rybníka. Skládá se ze dvou přelivných polí každé o šířce 1,45 m hrazených fošnami. Odpadní koryto je vyhloubené ve skále pravého břehu. Celková kapacita vyhrazeného přelivu při hladině v úrovni nejnižšího místa koruny hráze je 8 m³.s⁻¹.

Při červnové povodni byl zaznamenán největší nárůst přítoku do Mlékovického rybníka dne 2. 6. 2013 v dopoledních hodinách. Voda poměrně rychle vystoupila nad úroveň nejnižšího místa koruny hráze a začala se přelévat přes hráz. V relativně krátké době došlo k erozi vzdušního svahu a prolomení hráze. Průrvou se valila voda přímo na obytný objekt v podhráží, který podemlela a významně poškodila (Obr. 2).

Podle svědků byla povodňová vlna na přítoku do rybníka ovlivněna ucpáním propustku pod silnicí mezi Zásmuky a Hořticemi dřevní hmotou. Nad propustkem se voda údajně nadržela v údolní nivě Bečvářky a prolomením zátarasu došlo ke vzniku povodňové vlny, která výrazně ovlivnila (zvýšila) parametry hydrologické povodně. Tuto hypotézu se nám nepodařilo prokázat, podle našeho názoru byl propustek objektem, který povodňovou vlnu spíše mírně ztransformoval. Kapacita plně vyhrazených přelivů činí cca 24 m³.s⁻¹. S ohledem na technický stav hrazení přelivů se při nástupu povodně nepodařilo přelivy zcela vyhradit, skutečná kapacita bezpečnostních zařízení mohla být podle našeho odhadu asi 2/3 celkové hodnoty, tj. přibližně 16 m³.s⁻¹ (viz Obr. 3). Průtok rybníkem při kulminaci povodně byl minimálně dvojnásobný, jistě přesahoval teoretický stoletý průtok $Q_{100} = 27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 2. Mlékovický rybník při protržení hráze.



Obr. 3. Mlékovický rybník – bezpečnostní přelivy po povodni (5. 6. 2013)



Obr. 4. Mlékovický rybník 5. 6. 2013 – pohled průřvou do podhráží a dočasný překop hráze.

Immediately after the end of the exceptional flood, works were carried out on the dam and under it for the purpose of ensuring the safety of the dam and the seats in the sub-dam. A dam crossing was carried out and a channel was built for the conveyance of water. This was followed by the remediation of the dam under the crossing and further terrain works and remedial measures.

související se zajištěním bezpečnosti obyvatel a jejich majetků, především nejvíce poškozeného domu v podhrází. Koryto pro převádění vody přes hráz bylo prověřeno ještě v červnu, kdy ve dnech 25. a 26. 6. prošla Bečvárkou povodeň s kulminačním průtokem odpovídajícím Q_5 až Q_{10} . Na základě této zkušenosti byl později vybudován nový překop hráze v profilu spodní výpusti. Z původní hráze tak na místě zůstala jen malá část (Obr. 4).

V červnu 2014 zpracovala a.s. VODNÍ DÍLA - TBD projektovou dokumentaci komplexní rekonstrukce hráze a objektů. Nový boční bezpečnostní přeliv v pravém zavázání hráze s pevnou přelivnou hranou labyrintového tvaru dlouhou téměř 40 m byl navržen na bezpečné převedení průtoku $Q_{200} = 32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Z důvodu finanční náročnosti rekonstrukce prodal v roce 2014 původní vlastník rybník akciové společnosti Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, která zamítla navržené koncepční řešení a objednala u projekční a inženýrské společnosti Agropojekce Litomyšl, s.r.o. nový projekt, který je v současné době ve fázi stavebního řízení.

2.2 Komárovský rybník (ČHP 1-04-05-050)

Komárovský rybník nedaleko Dymokur (Středočeský kraj, okres Nymburk) je průtočný rybník na Smíchovském potoce, plocha povodí k profilu hráze je téměř 100 km^2 . Má zemní sypanou hráz délky 235 m a výšky až 4 m, která je v zavázáních půdorysně zakřivená. Koruna hráze je široká 3,5 m. Návodní svah je poměrně strmý a je opevněn záhozem z tříděné betonové sutě. Vzdušní svah má sklon okolo 1 : 2, je opevněn vegetačním pokryvem a rostly na něm statné jasaný. Rybník je vybaven třemi bezpečnostními přelivy: 1) hlavní hrazený bezpečnostní přeliv v pravém zavázání hráze (3 pole široká 1,05 m s dřevěnými stavidly výšky 1,65 m); 2) nehrazený propustek šířky 3,0 m a výšky 1,05 m v pravém zavázání hráze; 3) lichoběžníkový přeliv (průleh) v pravém zavázání hráze (šířka ve dně 4 m, sklon svahů 1 : 3, přelivná hrana asi 0,6 m pod úroveň koruny). Celková kapacita všech přelivů byla dostatečná pro převedení $Q_{100} = 21,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

K největšímu nárůstu přítoku do Komárovského rybníka při červnové povodni došlo v neděli 2.6.2013. Všechna stavidla byla včas vyhrazena, k omezení kapacity přelivů plaveninami v průběhu povodně nedošlo. Při nástupu povodně byla česlová stěna čištěna, později již nebylo možné čištění provádět a stěna se přelávala. Zhruba v 19 hod. se začala voda přelévat přes korunu hráze (viz Obr. 5). Největší přítok do rybníka byl zaznamenán v noci z 2. na 3. 6., kulminace průtoku nastala 3. 6. mezi 1:00 a 2:00 hod. Z konsumpčních křivek bezpečnostních přelivů a přibližných výpočtů přepadu přes korunu hráze byl odhadnut kulminační průtok okolo $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V průběhu ranních hodin již

docházelo k postupnému snižování průtoku. Hráz, přeléváná v celé délce po více než 12 hodin, odolávala eroznímu účinku vody až do odpoledne 3. 6. 2013, kdy došlo k jejímu prolomení v profilu spodní výpusti a postupnému vzniku průrvy. Povodeň byla v té době na sestupné větvi, v době protržení se voda přelévala již jen v nejnižších místech hráze.



Obr. 5. Komárovský rybník – voda přepadající přes korunu hráze 2. 6. 2013 ve 20:00 hod., přibližně 6 hodin před kulminací



Obr. 6. Komárovský rybník – pohled proti vodě do kamenným zásepem částečně zatarasené průrvy v profilu spodní výpusti a hlavní hrazený bezpečnostní přeliv v pravém zavázání s 20 m dlouhou česlovou stěnou.

Při povodni došlo k významnému poškození VD. Vzdušní svah hráze byl v celé délce narušen povrchovou erozí, byly obnaženy kořeny stromů, hloubka výmolů často přesahuje 1 m. Průrva v profilu spodní výpusti je široká přes 15 m, potrubí spodní výpusti je obnaženo a poškozeno (viz Obr. 6 vlevo). V prostoru pod průrvou jsou nánosy materiálu z rozplavené hráze. Pod nouzovým bezpečnostním přelivem v levém zavázání jsou hluboké výmoly. Betonové

přelivy na pravé straně hráze nebyly (viz Obr. 6 vpravo) významně poničeny, drobné škody jsou jen na opevnění vývaru pod nimi.

V dubnu 2014 dokončila a.s. VODNÍ DÍLA – TBD projektovou dokumentaci komplexní rekonstrukce hráze a objektů. Po rekonstrukci budou povodňové průtoky převáděny soustavou tří kašnových bezpečnostních přelivů v pravém zavázání hráze s odpady zaústěnými přemostěnými propustmi do vývaru pod hrázi (dvě stávající propusti + 1 nová). Nouzový přeliv v levém zavázání bude zasypán. Pro převádění průtoků až do velikosti Q_2 bude v první kašně vybudován stavidlový uzávěr chráněný česlovou stěnou. Nová soustava přelivů převede bezobslužně a s rezervou nově stanovenou stoletou vodu $Q_{100} = 41,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (téměř dvojnásobek Q_{100} udávané před povodní).

V roce 2014 bylo Ministerstvem zemědělství schváleno spolufinancování rekonstrukce hráze z programu 129 130 „Podpora obnovy, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavby vodních nádrží“. Po získání stavebního povolení bylo v dubnu 2015 provedeno výběrové řízení na zhotovitele stavby a dne 12. 5. 2015 předáno staveniště vítězné firmě. Sjednaný termín dokončení stavby je 20. 10. 2015.

2.3 Rybník Na Drážkách (ČHP 1-07-04-101)

Rybník Na Drážkách je boční rybník na říčce Smutná, nedaleko Sepekova (Jihočeský kraj, okres Tábor). Je situován v pravém břehu zdrže jezu U Vyhnalů na Smutné v ř. km 26,196. Plocha povodí Smutné k profilu jezu je 96,86 km². Od jezové zdrže je rybník oddělen boční hrází, ve které je umístěn napouštěcí objekt. Hlavní hráz je zemní sypaná, 80 m dlouhá, max. 3,0 m vysoká. Koruna hráze je 2 až 3 m široká, zatravněná, bez zpevnění. Návodní svah má sklon 1 : 3,5, je opevněn kamennou rovnatinou. Vzdušní svah má sklon 1 : 2, je opevněn vegetačním pokryvem. Boční hráz je zemní sypaná, 80 m dlouhá. Koruna hráze je 3,5 ÷ 5,7 m široká, zatravněná, bez zpevnění. Oba svahy boční hráze mají sklon 1 : 2 a jsou opevněny kamennou rovnatinou. Výpustné zařízení (otevřený dvoudrážkový prefabrikovaný železobetonový požerák) je situováno 30 m od pravého konce hlavní hráze. Rybník není vybaven bezpečnostním přelivem. Funkci pojistného zařízení plní obtokové koryto říčky Smutné s hrazeným jezem v ř. km 26,196. Napouštěcí objekt rybníka je situován v boční hrázi asi 20 m od jejího levého konce.

Podle záznamů z limnigrafické stanice na říčce Smutná v Božeticích proběhla na toku Smutné začátkem června 2013 povodňová vlna, která měla v uvedeném měrném profilu dvouvrcholovou kulminaci. První kulminace s průtokem $59,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byla zaznamenána v 7:30 dne 2. 6. 2013, druhá kulminace s průtokem $60,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byla zaznamenána v 16:50 téhož dne. Kulminační průtok

odpovídal přibližně průtoku $Q_{50} = 61 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ podle údajů ČHMÚ pro Smutnou v profilu limnigrafu Božetice. Maximální průtok, který protékal 2. 6. 2013 říčkou Smutnou v profilu jezu U Vyhnalů, se pohyboval mezi Q_{20} a Q_{50} podle hydrologických údajů ČHMÚ pro rybník Na Drážkách ($Q_{20} = 49 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{50} = 67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Při povodňové situaci na začátku června 2013 přetékala voda přes korunu boční hráze, která odděluje rybník Na Drážkách od koryta říčky Smutné, v celé její délce (viz Obr. 7 vlevo). Podle stop na budově u rybníka dosáhla při kulminaci povodně hladina v nádrži úrovně přibližně 423,42 m n.m., což je nejméně 0,7 m nad korunou boční hráze. Podle našich propočtů protékalo přes jez v korytě Smutné přibližně $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zbývající část povodňového průtoku, přibližně $33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, přetékala přes boční hráz do rybníka a následně přes hlavní hráz zpět do koryta řeky pod jezem. Spodní výpust ani odběr na turbínu nemohl extrémní přítok do rybníka odvést.



Obr. 7. Rybník Na Drážkách a říčka Smutná (v pozadí) při povodni 2. 6. 2013 a protržená hráz rybníka na Drážkách (stav 7.6.2013)

Podle informací od vlastníka rybníka byla při zvětšujících se průtocích ve Smutné již od večera dne 1.6.2013 postupně vyhrázována stavidla na jezu. Dne 2.6.2013 ve 4 hodiny ráno byla vytažena poslední stavidla, pole s hradidly se vyhradit nepodařilo. Přibližně v 5 hodin začala přetékat voda z jezové zdrže přes boční hráz do rybníka. V důsledku nekontrolovatelného přítoku vody do rybníka došlo k rychlému zaplnění rybníka a následně k přetékání hlavní hráze v celé její délce. Objekty rybníka byly nepřístupné, jakákoliv další manipulace nebyla možná. Kapacita jezu byla omezována značným množstvím spláví (klády, větve, trsy travin z výše ležícího rybníka Chobot apod.), které se zachytávalo na stavidlové konstrukci jezu. Podle stop na budově u rybníka dosáhla maximální hladina vody v rybníku při povodni kóty 423,42 m n.m., což je nejméně 0,4 m nad korunou hlavní hráze. V důsledku přelévání vody přes hráz došlo k porušení a k následnému protržení zemního tělesa hlavní hráze (viz Obr. 7 vpravo).

Jez U Vyhnalů při povodni nebylo možno využít na plnou kapacitu – vyhradit se podařilo pouze pole zahrazená stavidly s táhlem, pole s hradidly zůstala zahrazena. Další významné omezení kapacity jezu způsobovaly bariéry ze spláví zachyceného na stavidlové konstrukci jezu. Konstrukce jezu je pro převádění povodňových průtoků značně problematická, přetrvává vysoká míra nebezpečí přelití vody přes boční hráz do rybníka.

Projektovou dokumentaci opravy hráze a objektů rybníka a rekonstrukce jezu zpracovala v roce 2014 a.s. VODNÍ DÍLA – TBD. Stavidlová konstrukce stávajícího jezu bude nahrazena vakovým uzávěrem, který je z hlediska převádění povodní s velkým množstvím spláví spolehlivější a kapacitnější. Po rekonstrukci převede koryto Smutné $Q_{100} = 82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bez přepadu vody přes boční hráz do rybníka Na Drážkách. Obě hráze rybníka byly výškově upraveny a vzhledem k nejistotám v převádění extrémních povodní profilem jezu byla hlavní hráz opevněna skrytou plastovou geomřížovinou pro zvýšení erozní odolnosti v případě jejího přelití.

Na začátku roku 2015 byla v a.s. VODNÍ DÍLA – TBD dokončena prováděcí dokumentace, na základě které bylo provedeno výběrové řízení na dodavatele stavby. Zahájení prací je vázáno na schválení dotace z programu likvidace škod po živelných pohromách po povodních 2013 Ministerstva životního prostředí.

2.4 Rybník Zájezdek (ČHP 1-09-03-1480)

Rybník Zájezdek je průtočná nádrž na Konopištském potoce v obci Bystřice u Benešova (Středočeský kraj, okres Benešov). Svým charakterem se více podobá jezu se zdrží, než typickému rybníku. Plocha povodí k profilu hráze je 49 km^2 . Zemní sypaná hráz má délku 200 metrů, koruna hráze a svahy jsou zatravněny. Pro vypouštění vody z rybníka a převádění povodňových průtoků slouží sdružený objekt situovaný v ose toku v levém zavázání hráze, který se skládá z pevné části (dvě betonové stěny délky 2,5 m, šířky 0,4 m a výšky 1,5 m) a pohyblivého uzávěru, umístěného mezi betonovými stěnami (dvě dřevěná stavidla široká 115 cm a vysoká 160 cm). Před stavidly je umístěna ocelová česlová stěna, pro manipulaci se stavidly je nad přelivem vybudována betonová lávka.

Během noci z 1. na 2. června došlo k rychlému vzestupu hladiny v rybníku. Ke kulminaci povodně a zároveň protržení zemní hráze u výpustního objektu došlo 2.6.2013 v dopoledních hodinách (viz Obr. 8). Vzniklá průrva dosáhla až na základovou spáru. Maximální průtok přes vodní dílo byl odhadován mezi Q_{20} ($22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a Q_{50} ($30,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Vzniklá průrva byla široká 8 m a dosáhla až na základovou spáru.

Z důvodu selhání obsluhy VD nebylo v průběhu povodně provedeno vyhrazení stavidel výpustného objektu, nebylo prováděno ani čištění česlové stěny umístěné před stavidly. Ani úplné vyhrazení stavidel by ale přelití hráze neodvrátilo – při vyhrazených stavidlech bylo VD schopno bezpečně převést průtok jen okolo $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je méně než $Q_5 = 11,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 8. Rybník Zájezdek – pohled na sdružený objekt a protržené místo v tělese hráze a pohled na vytvářející se průrvu v tělese hráze (2. 6. 2013)

Ve společnosti VODNÍ DÍLA – TBD, a.s. byla na počátku roku 2014 vypracována projektová dokumentace rekonstrukce hráze a objektů. V místě nynějšího výpustného objektu má být vybudována levá část nové betonové konstrukce jezu, skládající se z přeléváné pevné stěny se stavidlovým uzávěrem, dolního loviště a dělicího pilíře. V místě průrvy má být vystavěna pravá část jezové konstrukce, skládající se z tížného betonového přelivného bloku délky 11 m a pravobřežní opěrné zdi. Přes celý objekt má vést lávka pro pěší. Nový jez převede samostatně $Q_{20} = 22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, vyšší průtoky budou převáděny i přes nouzový přeliv v pravé části hráze.

Na rekonstrukci VD bylo žádáno o příspěvek z programu likvidace škod po živelných pohromách po povodních 2013 Ministerstva životního prostředí, z důvodu chybně podané žádosti byl na akci přiznán jen zlomek z požadované částky. Vlastník (město Bystřice u Benešova) bude podávat novou žádost o přidělení dotace po vyhlášení vhodného programu.

2.5 Chotouchovský rybník (ČHP 1-04-01-041)

Chotouchovský rybník leží na okraji obce Chotouchov, asi 10 km jihozápadně od Kolína. Jedná se o boční rybník na říčce Polepka, plocha povodí k profilu hráze je $13,7 \text{ km}^2$. Hlavní hráz dlouhá 140 m je mírně prohnutá směrem po vodě, její maximální výška ze vzdušné strany je 6,75 m. Po koruně široké okolo 4 m vede asfaltová komunikace. Dělicí hrázka na levém břehu rybníka odděluje obtokové koryto Polepky, které je svedeno do propustku v levém

zavázání hlavní hráze, který tvořen dvojicí čtvercových mostních polí širokých 1,2 m.

V neděli 2.6.2013 v dopoledních hodinách došlo k rychlému nárůstu průtoku v říčce Polepka, která zaplavila celé údolí a voda živelně natékala do nízkou hrázkou odděleného bočního Chotouchovského rybníka. Nádrž se rychle zaplnila a hladina začala stoupat až ke koruně hráze. Pro snížení hladiny vody v rybníce byla operativně provedena řízená prohrábka části dělicí hráze tak, aby mohla voda z rybníku odtékat propustkem obtokového koryta v levém zavázání hlavní hráze (viz Obr. 9 vlevo). Toto opatření však nebylo dostačující a hladina v rybníku vystoupila nad úroveň koruny hráze a začala se přelévat (viz Obr. 9 vpravo). V kulminaci povodně se hráz přelévala v celé délce a v nejnižších partiích koruny dosahoval přepadový paprsek výšky až 0,4 m. V pravé části hlavní hráze docházelo navíc ve střední části vzdušního svahu ke zvyšujícím se vývěrům vody, jev byl doprovázen víry u návodní části hráze. Díky soudržnému materiálu hráze a zpevnění koruny asfaltovou vozovkou nedošlo k prolomení hráze, pozitivní vliv mohl mít i drátěný plot na návodní hraně koruny. Po opadnutí vody byla vzdušná strana hráze na několika místech zcela rozplavena. Následující dny byla zvýšena stabilita vzdušního svahu lomovým kamenem a rybník téměř vypuštěn. Z přibližných výpočtů po zaměření VD byl odvozen kulminační průtok v profilu rybníka okolo $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což výrazně převyšuje hodnotu Q_{100} stanovenou ČHMÚ na $22,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 9. Chotouchovský rybník – prohrábka dělicí hráze při nástupu povodně a pohled na přelévající se hlavní hráz

Na konci roku 2013 byla v a.s. VODNÍ DÍLA - TBD vypracována projektová dokumentace obnovy rybníka a zajištění jeho bezpečnosti při povodních. Byly navrženy úpravy dělicí hrádky (opevněný přeliv z rybníka do obtokového koryta), zkapacitnění propustku v levém zavázání hlavní hráze, úpravy toku v podhráží a samozřejmě i oprava poškozené hráze.

Financování akce je zajištěno z programu 117D914 - Obnova obecních a krajského majetku po živelních pohromách v roce 2013 Ministerstva pro místní

rozvoj. Vítěz veřejné soutěže na zhotovení stavby zahajuje práce v květnu 2015, stavba má být dokončena do konce srpna 2015.

3 SHRUTÍ A ZÁVĚRY

- V povodněmi nejvíce zasažených oblastech kulminační průtoky často přesahovaly Q_{100} . Povodeň tak na mnoha vodních dílech překračovala parametry kontrolní povodňové vlny stanovené ve smyslu ČSN 75 2935 - Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních pro většinu vodních děl IV. kategorie.

- Mechanizmem všech poruch VD, které měly za následek protržení hráze, byla eroze vzdušního svahu při přelévání koruny. K prolomení tělesa hráze a vytvoření průrvy většinou došlo v nejnižších místech koruny nebo v místech neodborně provedených zásahů (nejčastěji použití nevhodného materiálu nebo nedodržení technologických postupů při výměnách spodních výpustí nebo při opravách dřívějších poruch). Vnitřní eroze, přestože byla v jednotlivých případech zaznamenána, nebyla u žádného z havarovaných VD primární příčinou protržení hráze.

- Většina havarovaných vodních děl nebyla dostatečně zajištěna pro bezpečné převádění povodňových průtoků a nevyhovovala požadavkům současných legislativních předpisů (Vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb.). V průběhu druhé poloviny minulého století, která byla na povodně poměrně chudá, byly na hrázích a funkčních objektech často provedeny úpravy, které mají negativní vliv na bezpečnost VD při povodních. Jedná se většinou o omezení kapacity bezpečnostního přelivu nebo jeho odtoku, průlehy v hrázích nad výpustným zařízením vzniklé po výměně spodní výpusti nebo jiná lokální snížení hráze.

- Při červnové povodni se opět potvrdily známé nevýhody hrazených bezpečnostních přelivů na vodních dílech bez trvalé obsluhy. Rychlý nástup povodně a špatný stav nebo nefunkčnost uzávěru bývá příčinou jeho nevyhrazení. Výjimkou nejsou ani uzávěry, jejichž konstrukce ani vyhrazení za průtoku neumožňuje. Dalším prvkem omezujícím kapacitu objektů pro převádění vody bývají nesprávně navržené česle, které se při povodni zanesou a většinou není reálně je čistit ani odstranit. Časté je také omezení kapacity bezpečnostního přelivu málo kapacitním objektem na odpadu (např. průchod odpadu skrz těleso hráze nebo propustkem či mostkem pod komunikací, apod.).

- Pro malé vodní nádrže a rybníky není velmi často k dispozici ani základní technická a provozní dokumentace (manipulační řád s posouzením

bezpečnosti díla při povodních, pasport nebo alespoň popis a parametry objektů, výškové zaměření, aktualizované hydrologické údaje atp.), chybí vodočetné latě nebo jiná zařízení pro sledování polohy hladiny a průtoků.

- Drobní vlastníci a provozovatelé méně významných rybníků a vodních nádrží nejsou dostatečně obeznámeni se svými povinnostmi vlastníka vodního díla a jeho činnostmi při povodni (povinnost vybavit vodní dílo bezpečnostním přelivem dimenzovaným podle platných předpisů, preventivní kontroly technického stavu hráze a objektů, realizace nápravných opatření, kontroly stavu díla při povodni i jiných mimořádných zatěžovacích stavech, předávání informací povodňovým komisím a vodoprávním úřadům, povinnost zdokumentovat průchod povodně vodním dílem). Na vlastníky vodních děl není vytvářen dostatečný tlak ze strany vodoprávních úřadů.

- Přestože se s výskytem významných povodní v minulých 15 letech výrazně zlepšila obecná povodňová informovanost, funkčnost povodňových komisí a vzájemná informovanost a akceschopnost složek kritické infrastruktury, někteří vlastníci malých vodních děl ani obyvatelé v záplavových územích malých vodních toků, které v minulosti nebyly povodněmi zasaženi, nepocítují potřebu se o povodňovou problematiku preventivně zajímat.

Literatura

- [1] ČHMÚ. *Vyhodnocení povodní v červnu 2013: meteorologické příčiny povodní, dílčí zpráva, hydrologický průběh povodní, dílčí zpráva*, Praha, 2014.
- [2] ČHMÚ / VODNÍ DÍLA – TBD a.s. *Vyhodnocení povodní v červnu 2013: vyhodnocení funkce a bezpečnosti vodních děl za povodní, dílčí zpráva – část II (malá vodní díla)*, Praha, 2014.

Titul: Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost
Editoři: Ing. Václav David, Ph.D., Ing. Tereza Davidová
Vydala: České vysoké učení technické v Praze, Česká společnost
krajinných inženýrů, Univerzita Palackého v Olomouci,
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Vytiskla: Česká technika – nakladatelství ČVUT
ISBN: 978-80-01-05765-0

Nové přístroje pro HYDROPEDOLOGII

UMS KSAT - laboratorní permeametr

- Laboratorní systém pro měření nasycené hydraulické vodivosti
- Měření v režimu s konstantní a klesající výškou hladiny
- Pro použití s půdními válečky o objemu 250 mm³
- Plně automatizované měření pomocí připojeného PC
- Software pro vizualizaci naměřených dat



DualHead infiltrometr

- Plně automatizované měření infiltrace
- Snadná instalace a měření
- Nízká spotřeba vody
- Rozsah měření: 0,0038 cm/h - 115 cm/h
- Přesnost měření: ± 5 % z naměřené hodnoty.
- Regulace tlaku 0,4 cm H₂O



Dále nabízíme přístroje a služby pro výzkum v těchto oblastech:





vodní hospodářství®

Specializovaný vědeckotechnický časopis přináší již 65. rokem informace z oblasti projektování, realizace a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v České republice a na Slovensku.

Do časopisu přispívají přední čeští a slovenští odborníci.

Vychází 12 x ročně.

V čísle 7/2015 budou otištěny zásadní články z oblasti rybníkářství a hospodaření s vodou v krajině.

**Více informací a možnost objednání
na www.vodnihospodarstvi.cz**



Vydává Vodní hospodářství, spol. s r. o.

Tel: Ing. Václav Stránský 603 431 597, Stanislav Dragoun 603 477 517

E-mail: stransky@vodnihospodarstvi.cz, dragoun@vodnihospodarstvi.cz



ISBN 978-80-01-05765-0

