

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2018 / 6

- 4/ Věžové vodojemy – výzkumný projekt mapující vývoj a podobu věžových vodojemů na našem území
- 14/ Batymetrické měření pro stanovení morfologie dna vodní nádrže
- 52/ Rozhovor s významným českým hydrotechnikem prof. Ing. Vojtěchem Brožou, DrSc.

ROSTISLAV ŠTEFÁNEK

Narodil jsem se v roce 1981 na jihovýchodní Moravě a již od mládí u mě rodiče při toulkách po lužních lesích a jezerech pěstovali kladný vztah k přírodě a všemu živému. Bydlím v kraji, kde je velké množství vodních ploch potažmo mokřadů, pískoven a říček. Vždy mě lákalo podívat se do tajuplných světů ukrytých pod vodní hladinou. Toto přání jsem si splnil až poměrně nedávno někdy v létě roku 2006, kdy mě po domluvě můj kamarád rybář a potápěč vzal na „šnorchlovačku“ mezi naše vodní obry – sumce velké. Sladkovodní svět se stal v tu chvíli mou srdeční záležitostí a začal jsem se vážně zajímat o potápěčské vybavení a možnosti. Zpočátku to bylo takové „nevinné plácání“ se základní ABC výstrojí, jehož záměrem bylo zjistit, jak se pod vodou ryby chovají a kde by mohla být ta nejlepší místa k rybolovu, který jsem v té době docela intenzivně provozoval. Postupem času počet podvodních dobrodružství převýšil docházky k vodě s pruty, přibýlo malé plastové vodotěsné pouzdro na můj kompaktní fotoaparát, a tak jsem začal poprvé zaznamenávat můj pohled na podvodní svět. Potápění a fotografování ve sladké vodě mě doslova nadchlo.

Postupem času mi můj malý kompakť přestal stačit a já se rozhodl zainvestovat a pořídil si zrcadlovku se třemi objektivy, podvodním pouzdem a bleskem. Rovněž jsem absolvoval potápěčský kurz a doplnil potápěčskou výbavu tak, abych mohl realizovat své podvodní fotografické sny. Součástí toho všeho jsou také návštěvy potápěčsko-fotografických festivalů, kde člověk může porovnávat a diskutovat o snímcích s celou řadou podobně „bláznivých“ lidí a kamarádů. Jedním z prvních festivalů, kterého jsem se zúčastnil, byl UW FOTO BRNO, kde jsem se také seznámil s kamarádem fotografem Viktorem Vrbovským, se kterým doteď plánujeme naše výpravy za podvodním dobrodružstvím. A tak se stalo sladko-podvodní fotografování mojí velkou životní vášní a výzvou jak ve svojí poměrně velké náročnosti, tak ve svém osobitěm a jedinečném kouzlu.



OCENĚNÍ

- 2018 CZECH NATURE PHOTO – **absolutní vítěz a 1. místo** v kategorii Plazi, obojživelníci a podvodní život (volně žijící)
- 2017 FOPO – Fotografie pomezí, kategorie Příroda a krajina – **1. místo**
- 2017 BRNĚNSKÁ ŽÁBA – soutěž podvodních fotografií, sladká voda – **1. místo**
- 2017 CZECH NATURE PHOTO – **1. místo** v kategorii Plazi, obojživelníci a podvodní život (volně žijící)
- 2016 BRNĚNSKÁ ŽÁBA – soutěž podvodních fotografií, sladká voda – **1. místo**
- 2016 JESENSKÝ RAK – soutěž podvodních fotografií – **Grand prix**
- 2015 FOTOSOUTĚŽ ČASOPISU NAŠE PŘÍRODA – **3. místo** v kategorii Volně žijící zvířata
- 2015 PŘÍBĚH ČESKÉ PŘÍRODY – **1. místo** v kategorii Příroda v akci a **Cena veřejnosti**
- 2015 TSTTT Uherské Hradiště – **2. místo** v kategorii Chráněné prvky naší přírody
- 2014 UW FOTOGRAFIE BRNO – **1. místo** v kategorii profesionál – sladká voda
- 2012 UW FOTOGRAFIE BRNO – **1. místo** v kategorii profesionál – sladká voda
- 2012 BRNĚNSKÁ ŽÁBA – **2. místo** – sladká voda
- 2012 SCUBACAM FESTIVAL – **cena poroty** v kategorii sladká voda
- 2011 TSTTT Uherské Hradiště – **Hlavní cena soutěže a 1. místo** v kategorii Chráněné prvky naší přírody
- 2011 UW FOTOGRAFIE BRNO – **1. místo** v kategorii profesionál – sladká voda
- 2010 UW FOTOGRAFIE BRNO – **Grand prix a 2. místo** v kategorii – sladká voda

Obsah



- 3 Úvod**
- 4 Věžové vodojemy – výzkumný projekt mapující vývoj a podobu věžových vodojemů na našem území**
Robert Kořínek, Michal Horáček, Martin Vonka, Šárka Jiroušková, Eva Burgetová
- 14 Batymetrické měření pro stanovení morfologie dna vodní nádrže**
Štěpán Marval, Tomáš Hejduk, Klára Dušková, Martin Tomek, Tomáš Vybíral, Radek Roub, Yveta Velísková, Valentín Sočuvka, Petr Dušek, Jiří Hlaváček
- 22 Vybrané metody hodnocení životního prostředí**
Tomáš Sezima, Petr Tušil, Martin Durčák, Tomáš Mičaník, Alena Kristová
- 26 Hodnocení stavu útvarů povrchových vod v České republice za období 2013–2015**
Petr Tušil, Pavel Richter, Petr Vyskoč, Renata Filippi, Martin Durčák
- 34 Stanovení odnosu půdy z rýhové eroze metodou digitální fotogrammetrie a metodou volumetrické kvantifikace**
Jana Uhrová, Radek Bachan, Pavla Štěpánková
- 40 Kvalita prostředí vodních prvků památkově chráněných areálů**
Miloš Rozkošný, Miriam Dzuráková, Hana Hudcová, Hana Mlejnková, Alžběta Petránová, Pavel Sedláček
- 50 Autoři**
- 52 Rozhovor s významným českým hydrotechnikem prof. Ing. Vojtěchem Brožou, DrSc.**
Pavel Balvín
- 54 Sto let vodního díla Les Království na horním Labi jako připomínka v rámci oslav velkého výročí vzniku samostatného Československa**
Vojtěch Broža
- 56 Odborný seminář „Problematika revizí domovních ČOV podle § 15a vodního zákona“**
Tomáš Mičaník
- 57 Ohlédnutí za Národním dialogem o vodě 2018**
Karel Drbal
- 62 60 let radiologie ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka**
Eduard Hanslík





Vážení čtenáři,

pohled z okna naznačuje, že podzim je tady v plné síle a musíme se začít připravovat na zimu. Babí léto, které jsme vnímali jako příjemné prodloužení prázdninového uvolněného období, bychom však na základě nových zjištění měli spíše považovat za potvrzení trendu klimatických změn, kdy léto začíná o měsíc dříve a končí o měsíc později, než bývalo obvyklé. Prodloužení teplého období má za následek dosahování vyšších teplot, zvyšování výparu a tím i sucha, pravděpodobnosti přívalemých srážek a zkrácení zimního období pak nedostatek sněhu a následně menší zadržování vody v krajině přirozeným způsobem.

Změnu klimatu již musíme brát jako fakt, se kterým se musíme naučit žít, a dokud to lze, tak se na ni připravovat tak, aby si i naše děti mohly užívat komfortu, který zažíváme my nyní. Nemyslím to jen z pohledu životní úrovně a jistot, které nám dnešní společnost poskytuje, ale především z pohledu alespoň udržení stavu okolní přírody a jejích darů. Stále jsme za přírodou o krok pozadu a větru a dešti neumíme poručit tak, jak bychom potřebovali. Což je ve světle dějinných souvislostí nakonec možná i dobře.

V úvodníku minulého čísla jsem se zmínil o množství komisí zabývajících se suchem, ale je potěšující, že většina z nich již nachází způsoby, jak své představy přetavovat do praktických kroků. Ať se již jedná o zajištění prostředků na vypořádávání se s klimatickými změnami a suchem pomocí programů Ministerstva životního prostředí, např. „Prostředí pro život“, nebo programy Ministerstva zemědělství cílenými na erozi půdy a způsoby pěstování zemědělských plodin, či úpravou dotačních podmínek Ministerstva pro místní rozvoj a Ministerstva dopravy při stavbách dálnic a rodinných domů vyžadujících zasakování srážkových vod. Pozadu nezůstávají ani obce, které mají své samostatné projekty, a mezi nimi musíme zmínit komplexní projekt hlavního města Prahy „Pól růstu“.

Všem je nám asi jasné, že jsou to jen drobné krůčky na dlouhé trati, ale pokud do mozaiky opatření zasadíme své dílky všichni, tak je šance, že se nám nepříznivé trendy počasí podaří zmírnit a snad někdy i vrátit do stavu, který byl běžný předtím, než začala průmyslová revoluce.



Ing. Tomáš Urban
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Věžové vodojemy – výzkumný projekt mapující vývoj a podobu věžových vodojemů na našem území

ROBERT KOŘÍNEK, MICHAL HORÁČEK, MARTIN VONKA, ŠÁRKA JIROUŠKOVÁ, EVA BURGETOVÁ

Klíčová slova: věžový vodojem – vodárenství – terminologie – evidence – výzkum

SOUHRN

Průspěvek přináší souhrn vstupních informací o výzkumném projektu *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití*. Ten se zabývá vývojem věžových vodojemů na dnešním území České republiky od počátků jejich vzniku až do současnosti. V první části příspěvku je vymezena základní terminologie problematiky a v návaznosti na ní i objekt zájmu výzkumu. Druhá část pak přináší přehled východisek výzkumu, zajištění a přehled zdrojů jeho primárních dat a také ve stručnosti dosavadní zpracování problematiky. Ve třetí části jsou vysvětleny zvolené výzkumné metody a krátce shrnuty plánované výstupy.

ÚVOD

Stavební, technologický a architektonický vývoj věžových vodojemů na našem území nebyl doposud systematicky a vědecky zpracován. Projekt *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití*, který je řešen v rámci programu Národní a kulturní identity (NAKI II) Ministerstva kultury ČR, se snaží tuto mezeru vyplnit. Příjemcem projektu je Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., spoluřešitelem České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební.

Přestože nebylo téma doposud adekvátně zpracováno, navazujeme v projektu na některé badatelské aktivity z dřívější doby. Na většině projektů již dříve spolupracovali autoři příspěvku. Jmenovitě se jedná zejména o práci Roberta Koříneka prezentovanou v populární formě ve webové databázi věžových vodojemů nebo vědecký projekt NAKI stejného autora ve spolupráci s Martinem Vonkou, který se zabýval komínovými vodojemy [1, 2]. Současný projekt ale šší svého záběru, použitou metodou výběru objektů i samotného výzkumu a plánovanými výstupy zásadním způsobem problematiku rozšiřuje a překonává.

Cílem projektu je vytvoření evidence věžových vodojemů a podrobná dokumentace vybraných objektů. Na nich budou zevrubně popsány hodnoty, které je činí z různých důvodů zajímavými. Zároveň se však může jednat o aspekty zobecnitelné i na další stavby. U zvolených věžových vodojemů, které ztratily svou předchozí funkci, budou navrženy nové možnosti jejich využívání. Realizace výsledků projektu by tak měla zároveň přinést nástroje pro dokumentaci, popularizaci a ochranu typologicky specifické skupiny ohrožených a mizejících objektů stavebního dědictví. Řešení projektu má také posloužit pro zvýšení povědomí o problematice v odborných kruzích, ale zároveň ji popularizovat mezi laickou veřejností a samotnými majiteli.

Předkládaný příspěvek představuje vymezení objektu našeho zájmu, včetně jeho nutného terminologického definování. Ve stručnosti přináší přehled východisek s přehledem dosavadního zpracování problematiky. Především se však zabývá zvolenou metodou výzkumu s podrobným rozebráním jednotlivých metod práce a jejich přínosu pro realizaci výsledků.



Obr. 1. Věžový vodojem Nebužely (archiv projektu, 2007) – takto konstruované vodojemy bývají někdy mylně označovány za „nadzemní“; podobný objekt bychom našli např. v obci Ločenice-Nesměň

Fig. 1. Water tower Nebužely (project archive, 2007) – the water reservoirs thus constructed are sometimes mistakenly referred to as “overground”; a similar object would be found in the village Ločenice-Nesměň

ODBOBNÁ TERMINOLOGIE A VYMEZENÍ OBJEKTU VÝZKUMU

Terminologie a výběr objektů

Na počátku řešení projektu bylo nutno podrobit rozboru a stanovit základní odbornou terminologii. Na základě jejího ujasnění proběhl následně i výběr dotčených objektů.

Vodárenství je jakožto technický obor zabývající se jímáním, odběrem, úpravou, akumulací, dopravou a rozvodem vody pro potřeby obyvatelstva, průmyslu a zemědělství postaven na používání správných termínů a definic. Odborná terminologie, která se v souvislosti s věžovými vodojemy nejčastěji používá, prošla od dob prvních vodohospodářských staveb dlouhým vývojem. Ten nebyl vždy jednotný. Navíc nevznikla doposud žádná metodická příručka, jaké termíny při výzkumu vývoje těchto objektů používat. Historicky se mění nejen označování staveb v soudobé literatuře a pramenech, ale stejně tak je terminologie roztržštěná v současných pracích, které se zabývají jak historickými, tak dobovými stavbami.

Ve starší odborné literatuře se můžeme setkat s pojmem **vodní (vodná) věž**, např. ve zprávě o vodojemu Starého Města pražského z roku 1431, kde se uvádí, že „*vyhořela věž vodná mistra Petra ode dna*“ [3]. Ottův slovník naučný užívá na konci 19. století pro vodojem původem francouzské slovo **bassin** [4]. Profesor Českého vysokého učení technického v Praze Ing. Dr. Jan Vladimír Hráský, jeden z nejvýznamnějších projektantů vodovodních systémů první poloviny 20. století na našem území, používá ve své literatuře pojmu **vodojmy**, přičemž tyto stavby rozlišuje na „*v zemi zapuštěné, nadzemní a ekvivalentní stavby vodojmové*“. Nadzemní vodojemy pak dále dělí na „*vodojmy o nízké podezdívce, věžové, vodojmy na továrních komínech, vodojmy na dřevěných lešeních a vodojmy v budovách*“ [5]. Technický slovník naučný z roku 1938 rovněž uvádí pojem **vodojmy a věžové vodojmy** [6]. Jednotná není v tomto směru ani současná literatura. Kupříkladu Jaroslav Jásek si všímá náročnosti sjednocení výrazů, termín **věžové vodojemy** pak ale trochu nepřesvědčivě zaměňuje s již zmíněným historizujícím výrazem **vodní věž** [7]. Obdobně nejasně pracují s terminologií i další práce.

Pro tento neukotvený stav jsme se při řešení projektu rozhodli v převážné míře vycházet z termínů daných platnými normami ČSN 75 5355 Vodojemy a ČSN 75 0150 Vodní hospodářství – Terminologie vodárenství.

Hlavní pojmy dané normou pro vodojemy jsou:

- vodojem – objekt pro akumulaci vody;
- věžový vodojem – vodojem, pro dosažení potřebné hydrostatické výšky hladiny umístěný na vlastní nosné konstrukci;
- akumulační nádrž – část vodojemu, která slouží k akumulaci vody [8].

Norma pro vodárenskou terminologii pak tyto hlavní pojmy definuje:

- vodojem – samostatný objekt pro akumulaci vody skládající se ze dvou nebo více nádrží a z jedné nebo více manipulačních komor; vodojem s jednou nádrží se navrhuje výjimečně v odůvodněných případech;
- věžový vodojem – vodojem, jehož nádrže jsou umístěny na nosné konstrukci nad terénem;
- nádrž vodojemu – jednotlivá nádrž na akumulaci samostatně napojená na manipulační komoru vodojemu [9].

Vodojemy zajišťovaly (a dodnes zajišťují) následující funkce:

- vyrovnávací – spočívající ve vyrovnání rozdílu mezi rovnoměrným přítokem ze zdroje vody a nerovnoměrným odběrem spotřebiště;
- tlakovou – spočívající v zajištění potřebného hydrostatického a hydrodynamického tlaku ve spotřebišti;
- rezervní – pro případ přerušení dodávek vody a poruch ve zdrojové a přítokové části systému;
- protipožární [10].

Jako **věžové vodojemy** tak vnímáme samostatné objekty k akumulaci vody, jejichž nádrže jsou umístěny na nosné konstrukci nad terénem. Vymezení terminologie je rovněž důležité z hlediska výběru věžových vodojemů k podrobnější dokumentaci. Příkladem může být stavba u obce Nebužely (okres Mělník), jejíž nádrž je nesena poměrně nízkou konstrukcí (obr. 1). Dno nádrže se nachází přibližně jen 3 m nad okolním terénem a objekt se příliš neliší od staveb

nadzemních vodojemů. Vzhledem k výše uvedené definici se ale jedná skutečně o vodojem věžový, a takto realizované stavby jsou tudíž taktéž součástí řešení projektu.

Pro věžové vodojemy se i dnes běžně užívá pojmu **vodárenská věž**. Ten se vžil zejména právě u starších objektů, ale k záměně dochází, nejen laickou veřejností, i u staveb z 19. a 20. století, včetně těch současných. Pojem vodárenská věž, který pramení ze samotné stavebně-technické podstaty zkoumaného objektu, je však nutné pro náš projekt odmítnout jako příliš vágní. Pojmem vodárenská věž bývají označovány i další věžovité objekty vodovodních systémů, které nemusí sloužit k akumulaci vod či zajištění potřebného tlaku v systému.

Příkladem mohou být věže sloužící k tlumení vodních rázů, vznikajících v potrubí při ovládnání vodovodního systému (např. Praha-Radlice (okres Hlavní město Praha), Svídnice-Práčov (okres Chrudim)). Mezi další věžovité vodárenské stavby řadíme odzdušňovací věže (např. na vodovodních řadech vedoucích surovou vodu od zdrojů k úpravě vody v Káraném-Sojovici (okres Mladá Boleslav), Benátky nad Jizerou (okres Mladá Boleslav)) nebo objekty věžovitých staveb nad samotnými zdroji – studnami (např. Benešov (okres Benešov), Hoříněves (okres Hradec Králové), obr. 2).



Obr. 2. Věžový objekt čerpací stanice v Hoříněvesi nesloužil k nesení nádrže (Jiří Polák, 2016)
Fig. 2. The tower object of the pumping station in Hoříněves did not serve to sustain of the reservoir (Jiří Polák, 2016)



Obr. 3. Šitkovská vodárna a přilehlé mlýny na konci 19. století [12]
 Fig. 3. The Šitkovská water-station and adjacent mills at the end of the 19th century [12]

V souvislosti s věžovými vodojemy se občas setkáme i s označením **vodárna**. Tento pojem však odkazuje spíše na technologický celek, který se na daném místě nacházel a jehož byla věžová stavba s nádrží součástí. U nejstarších vodáren se k pohonu čerpadla používalo vodní kolo (takže se vodárny nacházely přímo u vodních toků, často v sousedství vodních mlýnů), řeka byla zároveň zdrojem čerpané vody do vodovodní sítě. Takto pojatý technologický celek pak býval přirozeně označován vodárnou – například Šitkovská vodárna (obr. 3), Staroměstská vodárna, Novomlýnská vodárna [11].

Ze stejného důvodu je potřeba rozlišovat pojmy **drážní věžové vodojemy**, které jsou také předmětem našeho zájmu, a **drážní vodárny**. Součástí objektu drážního věžového vodojemu totiž v některých případech býval i parní kotol, parní stroj pohánějící čerpadlo a parní pulsometr (později i čerpadlo s pohonem elektrickým, případně poháněné spalovacím motorem). Rovněž zdroj vody (studna) se mohl nacházet buď v jeho těsné blízkosti, případně přímo pod objektem vodojemu (např. Mikulovice, Lověšice u Přerova, Ústí nad Labem-Střekov) [13]. V takových případech lze na objekt nahlížet jako na vodárenský komplex – vodárnu. Jsou však drážní věžové vodojemy, které žádou z výše uvedených technologií neobsahovaly (např. Ctidružice – stanice Grešlové Mýto). Proto budeme výhradně používat pojmu drážní věžové vodojemy s případným doplněním, zda jeho součástí byla další technologie.

Z hlediska dnešní vodárenské terminologie se pojem **vodárna** užívá v souvislosti s úpravou vody nebo s jejím zdravotním zabezpečením [8]. V této formě pracujeme v projektu s termínem i my.

Kromě drážních věžových vodojemů se v projektu zabýváme ještě několika specifickými typy objektů, jejichž funkce i stavební podoba suplovala věžové vodojemy. Jedná se především o tovární komíny, které nesou na svém dřívku nádrž (obr. 4). Vznikaly na konci 19. a zejména pak v první polovině 20. století. Pro takto umístěné nádrže používáme termín **komínové vodojemy**.

Komíny nesoucí vodojem nejsou jedinými stavbami, které v sobě kombinovaly více funkcí. **Věžových víceúčelových objektů**, jejichž součástí byla i nádrž k akumulaci vody, bychom našli celou řadu a vždy je nutné jejich funkce i popis samotných staveb stanovovat individuálně [1]. Příkladem může být věžovitá stavba v Liberci-Vratislavicích nad Nisou (okres Liberec) v tkalcovně koberců firmy Ignaz Ginzkey & Co. pro potřeby budované podnikové elektrárny. V přízemí objektu se nacházela strojovna, ve střední části zásobník na uhlí a v horní části nádrž. Podobným příkladem může být věž železobetonové konstrukce z roku 1928 stojící v areálu letiště Praha-Kbely (okres Hlavní město Praha). Vrchol věže je zakončen kupolí s plošinou, na které je ve výšce 40 metrů umístěn původní otáčecí reflektor. Nádrž na vodu je umístěna o dvě patra níže. Identifikace těchto objektů není zcela jednoduchá a dá se předpokládat, že jejich vymezení i konkrétní počty budov v rámci řešení operativně upravovány.

V některých, zejména textilních, továrnách byla nádrž umístěna ve věži, která byla stavební součástí výrobního areálu a sloužila i k dalším funkcím, především schodišti spojujícímu jednotlivá poschodí továrny. Tyto věže v sobě sdružovaly převážně protipožární funkce a i voda akumulovaná v nádržích sloužila nejčastěji pro hasební účely. Stavební podoba těchto objektů se zaměřením projektu ne zcela souvisí. Postihnout jejich množství navíc přesahuje jeho možnosti i časový rámec, a proto se jimi v projektu nezabýváme.



Obr. 4. Ocelový komínový vodojem bývalé válcovny trub v Ostravě-Svinově (okres Ostrava-město, archiv projektu, 2015)

Fig. 4. Factory chimney with steel water reservoir of the former tube mill in Ostrava-Svinov (Ostrava-city district, project archive, 2015)

Vymezení objektu zájmu

Díky vyjasnění odborné terminologie jsme zároveň mohli vymezit objekt našeho zájmu. Projekt se tak zabývá všemi stavbami, které obsahují nádrž či více nádrží sloužících k výše uvedeným funkcím vodojemů. Tyto nádrže jsou umístěny na samostatných nosných konstrukcích v určité výšce, které byly k účelu nesení nádrže zkonstruovány. V projektu tak nebudou zpracovávány věžové objekty, které původně vznikly za jiným účelem a nádrž do nich byla umístěna až později, např. obranné věže v hradebních systémech měst (Vysoké Mýto (okres Ústí nad Orlicí), Louny (okres Louny)), věž sýpky v Chotěšově (okres Plzeň-jih) a podobně.

Věžové vodojemy najdeme jako součást několika technologických celků. Jedná se o obecní vodovody sloužící primárně k zajištění rozvodu vody do domácností, areálů občanské vybavenosti v obvodu obce (např. školy ad.) a průmyslových podniků v jejich obvodu. Druhou oblastí našeho zájmu jsou stavby situované přímo v rámci průmyslových areálů (případně sloužící pro

areály občanské vybavenosti jako nemocnice ad.), které sloužily rozvodu vody do podnikových vodovodů, pro zajištění technologické vody ve výrobě (nebo obě tyto funkce) a někdy také jako zařízení pro rezervu vody k hašení požárů. Některé z těchto staveb jsou v podobě zmiňovaných komínových vodojemů. Poslední specifickou skupinou zájmu jsou drážní věžové vodojemy, které sloužily především jako zásobárna vody pro zbrojení parní trakce.

Záběr projektu zachycuje věžové vodojemy na dnešním území České republiky, samozřejmě v kontextu vývoje českých zemí v rámci jiných státních celků, kterých byly historicky součástí. Vznik a vývoj věžových vodojemů na našem území nikdy ale nestál osamocen od vývoje v zahraničí, především v Evropě. Pro zasazení tohoto vývoje i pro zachycení některých širších souvislostí proměny společnosti, trendů v soudobém stavitelství a architektuře a vývoji vodárenských technologií tak bude projekt rámcově vývoj u nás se zahraničím vhodně srovnávat. Jako zvláště důležité se nám pak jeví i srovnání a hledání zahraniční inspirace v tématu realizace nového využívání věžových vodojemů.

Vzhledem k historickému vývoji staveb určených buď pro akumulaci vody či především pro zajištění tlakových poměrů byly do projektu zahrnuty i stavby ze staršího období (hovoříme o období od 15. do 18. století). Vzhledem k technologickému vývoji samotných nádrží, které v minulosti nedosahovaly dnešních objemů (například u Šítkovské vodárny se uvádí objem nádrže pouze 1,71 m³ [3]) sloužily tyto stavby především k zajištění potřebného tlaku ve vodovodním systému a samotné množství akumulované vody bylo z dnešního pohledu velmi malé.

K nejvýznamnějšímu rozvoji výstavby věžových vodojemů došlo ve druhé polovině 19. století a v průběhu 20. století s několika vzájemně souvisejícími procesy. Jednalo se zejména o proces urbanizační (spojený s masivním stěhováním obyvatel do měst), industrializační (spojený s výstavbou a rozvojem průmyslových areálů) a modernizační (spojený se zvyšováním kvality života nejen ve městech). Na jejich základě postupně vznikla potřeba stále většího zásobování zdravotně nezávadnou pitnou vodou či vodou užitkovou pro potřeby průmyslových závodů.

Projekt se tak zaměřuje na stavby vzniklé v celém uvedeném období (od 15. století). Zahrnuty jsou rovněž věžové vodojemy současných konstrukcí, přičemž jejich terminologické i typologické vymezení bude upřesněno během řešení projektu.

VÝCHODISKA, ZDROJE VSTUPNÍCH DAT A ZPRACOVÁNÍ TÉMATU

Evidence všech věžových vodojemů na našem území je nyní ve stádiu rozpracování a její, pokud možno, kompletní doplnění přinese probíhající výzkum. Již nyní ale můžeme předložit průběžné výsledky, ze kterých při práci taktéž vycházíme. Z nich vyplývá, že na území České republiky je nyní evidováno více než 1 240 věžových vodojemů (přičemž 241 z nich již neexistuje). Přes 300 z nich pak patří mezi nejčastější typ věžových vodojemů u nás – tzv. hydrogloby a akna-globy (21 již neexistuje). Z uvedeného celkového počtu se pak jedná o 401 drážních věžových vodojemů (101 objektů již neexistuje), 69 vodojemů komínových (44 již neexistuje) a 78 vodojemů, které jsou součástí věžového víceúčelového objektu (50 již neexistuje).

Primárními zdroji dat a informací při tvorbě vstupní evidence byla především webová databáze Vodárenské věže [1]. V ní bylo v době začátku projektu evidováno 530 objektů, které ovšem zahrnovaly i stavby, které nebyly věžovými vodojemy podle metodiky našeho projektu. Tuto evidenci doplnilo studium databáze Industriální topografie Výzkumného centra průmyslového dědictví [14], Památkový katalog NPÚ ČR [15] atd. Kromě nich byly využity mapové podklady (základní vodohospodářské mapy ČR [16], veřejně dostupné mapy internetových portálů [17], obr. 5) nebo historické ortofotomapy [18]. Využita byla i odborná soudobá a současná literatura včetně regionální [19] a také odborná periodika či periodický tisk. Stranou nezůstaly samozřejmě ani výsledky dosavadních projektů či výzkumů členů řešitelského týmu [20].



Obr. 5. Při identifikaci věžových vodojemů typu „hydroglobus“ na leteckých mapách usnadňuje práci typický šestiboký půdorys daný rozložením kotvících lan; lze např. využít pro odlišení od vzhledově podobného věžového vodojemu typu „aknaglobus“, který není lany ukotven (mapy.cz, 2017)

Fig. 5. During identification of hydroglobus water tower on air maps, the work is facilitated by the typical six-layered floor plan given by the layout of anchor ropes; it can be used to discriminate it from the visually similar water tower „aknaglobus“, which is not rope anchored (maps.cz, 2017)

Jak bylo výše zmíněno, evidence v této podobě není a ani nemůže být definitivní. Jejich průběžné doplňování probíhá i nadále především dalším výzkumem v dostupných zdrojích informací (literární zdroje, periodika ad.) a zejména pak v archivních a jiných nepublikovaných pramenech, které mohou přinést vítané informace o doposud neznámých stavbách. Své místo ve výzkumu mají i informace poskytnuté pamětníky.

Účelem identifikace a evidence věžových vodojemů na území ČR (existujících, neexistujících) je shromáždění dat a dokumentů k určení přesné polohy objektů a základních dostupných údajů (důležitá časová data, typologie, stavebně-technická data, osobnosti), vztah k příslušné vodárenské síti/systému a časové zařazení do historického vývoje vodárenství. Evidence má následně také posloužit ke zjištění stavu současné funkce věžových vodojemů – zda stále slouží své původní funkci, našly nové funkční uplatnění, anebo jsou naopak nevyužité a opuštěné. U věžových vodojemů se zachovanou vodo hospodářskou funkcí projekt věnuje pozornost jejich současnému provozně-technickému stavu a jeho výsledky mají přispět k řešení situací v rámci vodárenských infrastruktur, včetně podchycení zásadních provozních problémů, poruch a závad, postupů při jejich řešení a souhrn sanačních přístupů. Naopak věžové vodojemné nevyužité a opuštěné jsou pro nás důležité při tvorbě podkladů a možností jejich nového využívání. Nerealizované návrhy budou reflektovány na kontextuální úrovni podle dostupných podkladů.

Z identifikovaného množství věžových vodojemů byl proveden výběr přibližně 250 objektů pro bližší zdokumentování. Tento výběr není konečný a při jeho sestavení bylo počítáno s rozšířením v případě nových zásadních zjištění o doposud neznámých stavbách či projektech. V daném výběru se nachází několik hlavních vybraných skupin věžových vodojemů, pro jejichž zařazení byla definována jistá kritéria.

Na prvním místě se jedná o věžové vodojemné vyhodnocené jako cenné. Hodnocení bylo provedeno na základě analýzy podle nastaveného systému hodnot. Při výběru se braly v potaz parametry jako hodnota stáří, stavební, technologická a architektonického provedení. Důležitou hodnotou byl rovněž vliv stavby na utváření daného místa. Vliv na hodnocení měla rovněž zachovalost a autenticita stavby. Kromě hodnotového hlediska jsme zároveň zohlednili, aby výběr pokryl jednotlivé typy věžových vodojemů, jejich konstrukční a technologická řešení a aby zasáhl různá časová období jejich výstavby.

Vedle těchto objektů byly identifikovány i věžové vodojemné ohrožené (tj. takové, které jsou nefunkční, chátrající, opuštěné, mnohdy s výhledem na demolici, nebo ve stavu, který nenaznačuje zlepšení stavu). V tomto případě byly při výběru vypuštěny některé z hodnotících hledisek výše, především zachovalost stavby. Vzhledem k jejich stavu se u nich postupuje při výzkumu přednostně.

Z obou výše uvedených skupin bude proveden i zmiňovaný výběr staveb, které již neslouží svému účelu a jsou vhodné nejen k zachování, ale i k nalezení nového využití.

Poslední specifickou skupinou ve výběru jsou věžové vodojemné již demolané. Ty byly vybrány taktéž s ohledem na některá kvalitativní hlediska výše, samozřejmě v dobovém kontextu jejich existence. Tento výběr má posloužit jako ukázka nenávratně zničených hodnot.



Obr. 6. Průzkum ocelové nádrže věžového vodojemu v Praze-Michli (okres Hlavní město Praha, archiv projektu, 2018)

Fig. 6. Research of steel reservoir water tower in Prague-Michle (district of the Capital City of Prague, project archive, 2018)

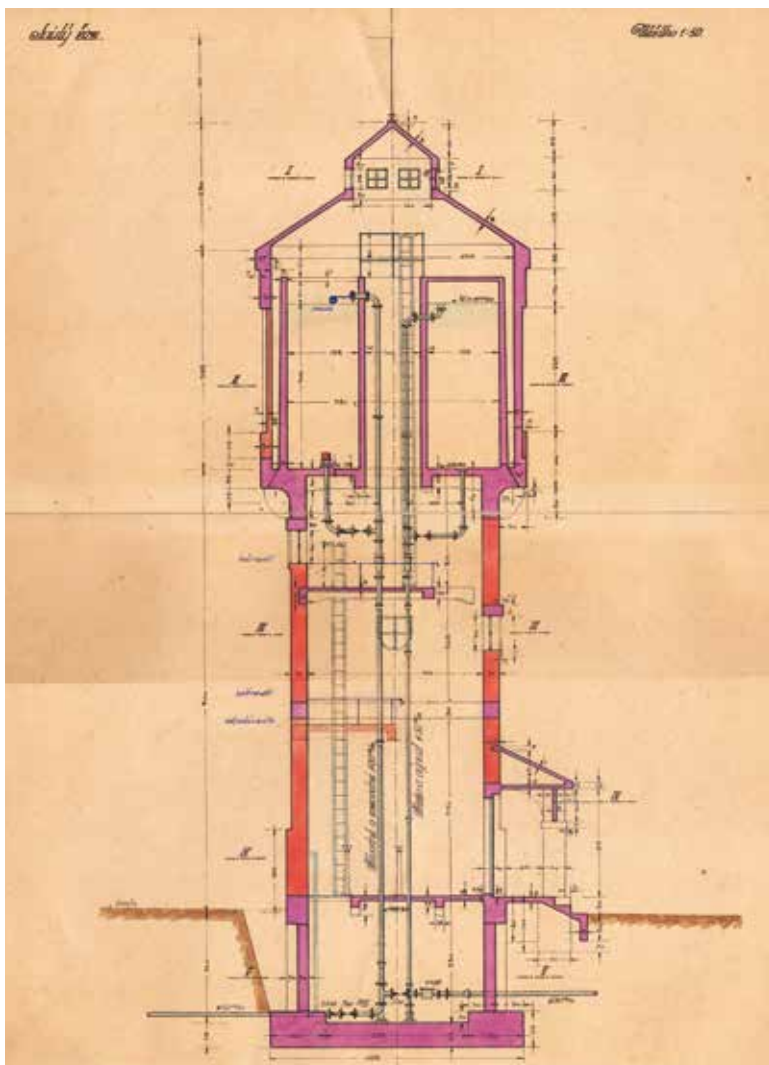
VÝZKUMNÉ METODY A METODY PRÁCE

Výzkumné metody

Povaha zkoumaných objektů, souvislosti jejich vzniku a využívání a také interdisciplinarity týmu řešícího projekt stojí za zvolenými metodami výzkumu. Věžové vodojemné jsou v rámci naší práce vnímány primárně jako technické stavby (mnohdy stále funkční), které ale často nabývají díky svému zpracování povahy umělecky ztvárněných objektů. Přes svůj utilitární význam a častou spojitost s rozvojem průmyslu ale nelze věžové vodojemné považovat za čistě industriální stavby. Jejich vznik souvisí i s proměnou úrovně hygienicko-zdravotních poměrů našich měst a také s modernizačními procesy.

Díky tomu vycházíme z přístupů studia dějin techniky, ale také historické geografie. Ve vazbě na proměnu průmyslu a společnosti jako takové, včetně modernizačních procesů, využíváme metody studia hospodářských a sociálních dějin. V souvislosti s dokumentací, důrazem na možnosti zachování a prezentací a popularizací výsledků se projekt prolíná i s přístupy v památkové péči. Poslední zmíněný přístup je pak někdy ve vztahu k industriálním a technickým stavbám označován za metodu průmyslové archeologie [21].

Se zvolenými metodami výzkumu souvisí i konkrétní metoda naší práce. V ní kombinujeme samostatný výzkum archivních i dalších dostupných pramenů s průzkumy přímo v terénu (obr. 6), které zahrnují jak stavebně-technické, tak stavebně-historické průzkumy. Z výzkumných metod pak vychází i povaha a konkrétní podoba připravovaných výstupů projektu.



Obr. 7. Ukázka původního plánu (řez) věžového vodojemu v Hoříčkách (okres Náchod) z roku 1925 (zdroj: Obecní úřad Hoříčky, Vodovod, Skupinový vodovod Česká Skalice, Projekt Vodovodu Hoříčky)

Fig. 7. Demonstration of the original plan (cross-section) of the water tower in Hoříčky (district Náchod) from 1925 (source: Hoříčky Municipal Authority, Water supply, Group Water Supply of Česká Skalice, Project water supply Hoříčky)

Rešerše zdrojů informací a jejich výzkum

Při získávání informací o věžových vodojemech vycházíme ve výzkumu zejména z archivních pramenů. Jejich výběr je přizpůsobován zájmům projektu a předchází mu důkladná rešerše. Archivní výzkum slouží nejen jako primární zdroj informací pro výstupy projektu, ale zároveň i jako podklady pro další průzkumy (viz níže).

Hlavní oblastí dohledávaných pramenů je stavební dokumentace a s ní související spisový materiál. Z nich je pak možné získat nejen vědomí o stavební podobě vodojemů, ale i informace o tom kdo a kdy nechal danou stavbu

postavit, jakým způsobem byla financována, kdo a jak ji stavěl, jakým způsobem se stavebně proměňovala a podobně. Mnohdy pak tyto prameny přinášejí i širší informace o fungování celku, jehož byl věžový vodojem součástí.

Stavební dokumentace včetně spisů bývá, pokud se zachovala, uložena v archivních fondech dotčených úřadů. Jedná se zejména o fondy okresních úřadů. Zde je dokumentace podle povahy spisu uložena buď pod signaturou vodního oddělení, případně živnostenského a zcela výjimečně i stavebního. Tyto fondy jsou uloženy v příslušných Státních okresních archívech (SOkA).

Druhou skupinou jsou pak archívy měst a obcí (pokud se jednalo o obecní vodovody, město zde zároveň bývalo obvykle iniciátorem výstavby a fondy k výstavbě vodovodů obsahují i řadu dalších relevantních informací). Zde je nutné poznamenat, že v případě stále stojících staveb a provozovaných systémů jsou spisy s nimi související mnohdy považovány za „živé“. V těchto případech neprošly skartačním řízením a obvykle bývají dodnes součástí spisoven místních úřadů (obr. 7). Pokud byly skartovány, najdeme je ve fondech příslušného SOkA.

Stavební dokumentace (někdy i včetně minimálně části spisu s ní souvisejícího) bývá mnohdy dochovaná také v archivních fondech původců, kteří věžové vodojemy nechávali stavět. Jedná se především o fondy jednotlivých podniků, případně pak fondy velkostatků (či jejich technických/stavebních kanceláří). Fondy velkostatků jsou uloženy v příslušných Státních oblastních archívech (SOA), podnikové fondy převážně také, případně v příslušném SOkA.

Stavební dokumentaci je rovněž možné někdy dohledat i v neoficiálních archívech, které vznikly (či byly zděděny) činností majitelů či provozovatelů daných vodovodů a jako živý materiál dříve neprošly skartačním řízením.

Samostatnou kapitolou je uložení stavebních spisů, které vznikly v gesci stavebních úřadů. Jejich struktura, její proměna a problematika dnešního uložení ale výrazným způsobem přesahuje možnosti tohoto článku.

Specifické je i dohledávání archivních pramenů k drážním věžovým vodojemům. Kromě výše řečených archivů je najdeme i v archívu Českých drah, Národního technického muzea (NTM) a ve fondech dalších archivů souvisejících s výstavbou železničních tratí u nás.

Mimo stavební dokumentaci pracujeme i s řadou dalších archivních pramenů, které nám mohou osvětlit i hospodářsko-sociální souvislosti vzniku a provozování věžových vodojemů. Jedná se například o obecní kroniky, zápisy z jednání městských orgánů a další. Samostatnou skupinou jsou pak informace o stavitelích či projektátech věžových vodojemů. Ty najdeme (často také ovšem včetně původní stavební dokumentace) buď v nemnohých archivních fondech dotčených firem, které jsou uloženy ve stejných archívech jako podnikové fondy, nebo ve specializovaných institucích jako je např. archiv NTM apod.

V případě zbořených staveb jsou archivní prameny často jedinými relevantními zdroji informací o samotné podobě jednotlivých staveb i jejich historii. V tomto směru je pro nás důležité i dohledávání dobové ikonografie, uložené obvykle ve fotografických sbírkách příslušných archivů, ale mnohdy i regionálních muzeí apod.

Prameny archivní povahy pak při rešerši i při výzkumu doplňujeme dalšími sekundárními zdroji, které jsou stručně již shrnuty výše u popsání evidence primárních dat.

Průzkumy v terénu

Řešitelský tým provádí u vybraných objektů (250) průzkumy v terénu (in-situ), které vychází z metod stavebně-historického průzkumu (SHP). U 8 až 12 objektů pak bude proveden i stavebně-technický průzkum (STP). Na jejich výsledky navážou architekti při návrzích konverzí věžových vodojemů. U řešených objektů je tak vždy kontaktován majitel pro svolení výzkumných prací.

Průzkum na místě se detailně zaměřuje na konstrukční a technologické řešení stavby a prostorových souvislostí. Nechybí ani zjišťování poznatků o energetickém hospodářství, zdrojích vody a jejich následné distribuci. Takto získaná data obsahují hodnocení objektu z hlediska stavební historie, architektury i dalších

aspektů a je v nich poukázáno na hodnoty řešeného objektu. Jejich nedílnou součástí je pak grafická příloha obsahující jak dobovou ikonografii, tak i současnou fotodokumentaci.

STP se provádí za účelem zjištění skutečného celkového stavu konstrukcí a materiálů, dokumentují se zjištěné vady a poruchy s identifikací jejich příčin. Průzkumy zahrnují i sběr klimatologických informací a podkladů o dlouhodobém vlivu vnějšího a vnitřního prostředí, které má vliv na životnost a s ohledem na velmi individuální řešení jednotlivých věžových vodojemů nezřídka vyžaduje i specifické zásahy a opatření. Provádí se i odběry vzorků materiálů (často vzhledem k historické hodnotě objektu pouze na mikro úrovni), případně sondy, které jsou následně laboratorními rozbory analyzovány ke stanovení mechanických charakteristik materiálu, stanovení vlhkosti materiálu, určení chemického složení zdiva, zjištění skladby jednotlivých konstrukcí a posouzení základových podmínek dané lokality. Dále je pozornost zaměřena na původní účel jednotlivých konstrukcí, na měření (monitoring) tepelně vlhkostních parametrů (teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu) a na způsobu větrání objektu. Výsledkem těchto průzkumů je objektivní stanovení technického stavu konstrukcí věžového vodojemu, popis a dokumentace zjištěných poruch, diagnostika jejich příčin včetně koncepčního návrhu sanačních metod pro zajištění dlouhodobé funkční způsobilosti a životnosti objektu.

Samostatnou kapitolou je pořizování dokumentace současného stavu. U většiny staveb dochází alespoň k základnímu zaměření, které obsahuje elementární geometrické charakteristiky (rozměr objektu, rozměry nádrže, výška dna nad terénem aj.). U přibližně 30 objektů bude provedeno kompletní zaměření a zpracování dokumentace současného stavu externím dodavatelem. Výstupem jsou pak řezy, půdorysy a pohledy řešeného objektu (obr. 8).

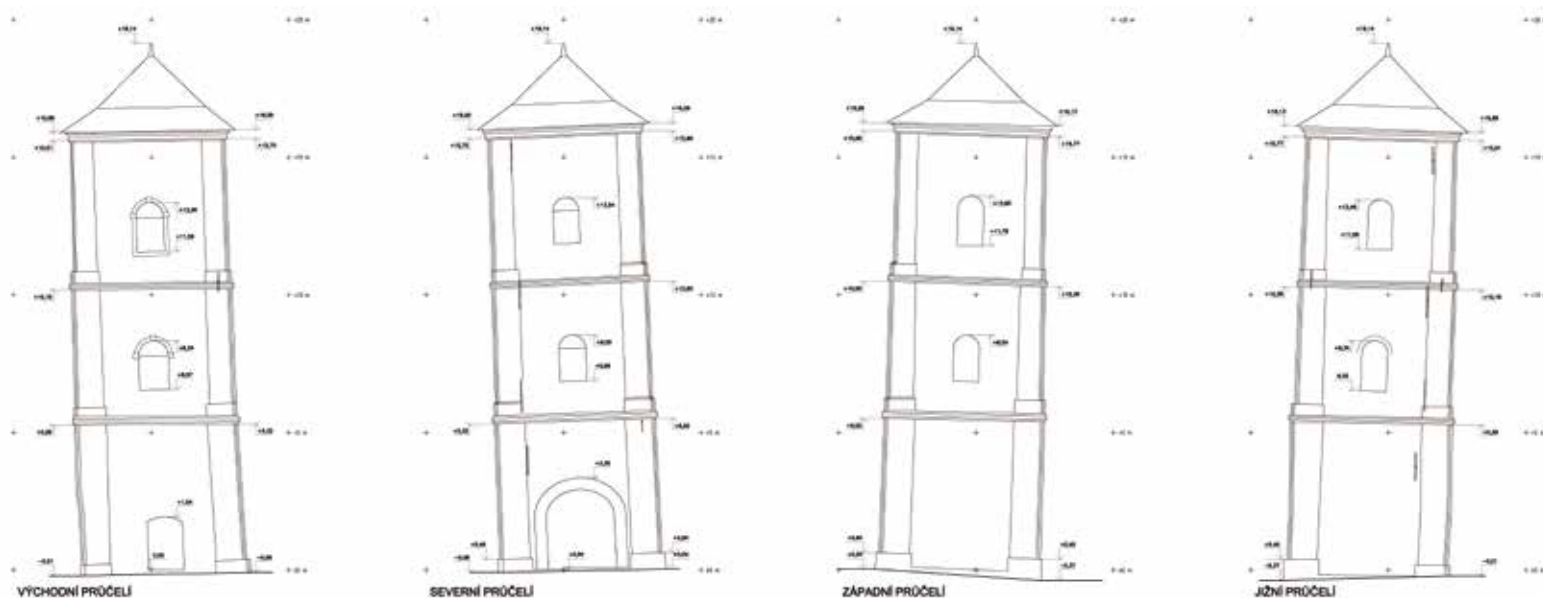
VÝSTUPY

Databáze věžových vodojemů, specializované mapy

Data získávána v průběhu řešení projektu jsou postupně zadávána do nové vznikající databáze věžových vodojemů. Databáze bude webovou aplikací sloužící pro ukládání nashromážděných dat a zároveň jejich přehlednou prezentaci. Datové rozhraní umožní editorům komfortní zadávání údajů a zakládání vizuálního materiálu nezávisle na platformě a nainstalovaném softwaru, a to i z terénu pomocí mobilních zařízení. Prezentace nabídne přehlednou specializovanou mapu dokumentovaného území a propracovaný systém filtrace a vyhledávání. Aplikace samotná využívá prověřených open-source technologií PHP/MySQL a běží v cloudovém pravidelně zálohovaném prostředí předního tuzemského poskytovatele. Dále bude vytvořen soubor specializovaných map existujících a neexistujících věžových vodojemů s odborným obsahem.

Publikační výstupy, prezentace výsledků

Data získaná výše zmíněnými výzkumy budou sloužit i jako podklady pro realizaci tří odborných monografií. První bude orientována na věžové vodojemy v systémech zásobování obyvatelstva, zemědělství a průmyslu. Druhá bude věnována drážním věžovým vodojemům. Třetí monografie vyjde v rámci výstavy zaměřené na představení vybraných ukázek nového využití věžových vodojemů jako kritický katalog. Průběžnou prezentaci výsledků budeme zajišťovat prostřednictvím příspěvků v odborných časopisech a sbornících a dále na vlastní konferenci a workshopu.



Obr. 8. Dokumentace současného stavu věžového vodojemu v Nových Dvorech (okres Kutná Hora) vychýleného ze svislé osy – pohledy (zdroj: archiv projektu)

Fig. 8. Documentation of the current state of the water tower Nové Dvory (Kutná Hora district), which is deflected from the vertical axis – views (source: project archive)

ZÁVĚR

Příspěvek rámcově představil projekt *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití*. Vymezil objekt zájmu, jeho východiska i výzkumné metody. Projekt si vytyčil za cíl zmapovat a zdokumentovat dědictví věžových vodojemů na našem území. Přestože se nejedná o téma zcela nové, širší metod bádání i svým rozsahem dosavadní výzkumy a zpracování výrazným způsobem převyšuje.

Novým přístupem ke zpracování tématu bylo i přednostní definování objektu zájmu. S ním souvisí i výklad dosavadní používané terminologie a jejích zdrojů. Díky tomu jsme byli schopni nalézt pevné stanovisko k pojmu věžový vodojem a s ním i konkrétní objekty našeho zájmu. Zároveň jsme se vymezili především vůči paušálnímu užívání výrazu vodárenská věž pro tyto stavby.

Cílem projektu má být vytvoření webové databáze věžových vodojemů a také několik publikačních výstupů, které zachytí věžové vodojemy v různých souvislostech a z pohledu několika vědních disciplín. Jejich součástí bude i kritický katalog k výstavě, která představí možnosti nového využití věžových vodojemů. Z evidovaného množství dotčených objektů bude cca 250 objektů vybráno k podrobnějšímu zpracování.

Vstupní data evidence všech dotčených objektů vychází z dosavadního odborného zpracování problematiky. Data a podklady pro zpracování vybraných objektů i realizaci výstupů projektu naopak budou již získávána souborným primárním výzkumem, který provádí interdisciplinární tým projektu. Ten zahrnuje jak podrobný archivní výzkum, včetně dalších nearchivních zdrojů, tak výzkumy přímo v terénu. Při nich využíváme metod stavebně-historického průzkumu. U úzké skupiny objektů pak bude proveden i podrobný stavebně-technický průzkum.

Projekt by tak měl přinést zcela nové zpracování problematiky věžových vodojemů u nás. Originalita výzkumu tkví nejen v důsledném vymezení objektu zájmu, ale především v inovativním přístupu kombinace více výzkumných metod zpracovávaných badatelským týmem napříč více vědními obory.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití (Program na podporu aplikovaného výzkumu a vývoje NAKI II, Ministerstvo kultury ČR, kód DG18P02OVV010).

Literatura

- [1] Společenstvo vodárenských věží. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <http://www.vodarenskeveze.cz>
- [2] Dokumentace, pasportizace, archivace a návrhy konverzí komínových vodojemů jako ohrožené skupiny památek industriálního dědictví na území České republiky řešený v letech 2013–2015 Českým vysokým učením technickým v Praze, Fakultou stavební a Výzkumným ústavem vodohospodářským, T. G. Masaryka, v. v. i.
- [3] JÁSEK, J. *Klenot města: historický vývoj pražského vodárenství*. Praha, 1997, s. 30.
- [4] Ottův slovník naučný: ilustrovaná encyklopedie obecných vědomostí. Třetí díl, B-Bianchi. Praha, 1890, s. 446.
- [5] HRÁSKÝ, J.V. *Přednášky o vodárenství (Zásobování měst a krajin vodou)*, Část II., Vodojemy. Praha, 1919, s. 5.
- [6] Vodojemy. In: TEYSSLER, V. a KOTYŠKA, V. (eds.) *Technický slovník naučný XIV*. Praha, 1938, s. 940–946.
- [7] JÁSEK, J. *Pražské vodní věže*. Praha, 2000, s. 5.
- [8] ČSN 75 5355. Vodojemy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [9] ČSN 75 0150. Vodní hospodářství – Terminologie vodárenství. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [10] CHEJNOVSKÝ, P. *Zdravotní vodohospodářské stavby: akumulace vody – vodojemy*. Praha, 2011, s. 9.
- [11] KOŘÍNEK, R. Vodárenské věže. 1. část: Nejstarší vodní věže. *SOVAK – Sdružení oboru vodovodů a kanalizací 22*, 2013, č. 3, s. 20–23.
- [12] ŠTĚCH, V.V., WIRTH, Z. a VOJTÍŠEK, V. *Zmizelá Praha: starý obraz města a jeho památek zničených v druhé polovině 19. a ve 20. století*. Praha, 1946, obrazová příloha, nestránkováno.

[13] KOŘÍNEK, R. a POLÁK, J. Vodárenské věže. 5. část (závěrečná): Průmysl, dráha a další zajímavosti. *SOVAK – Sdružení oboru vodovodů a kanalizací 22*, 2013, č. 7–8, s. 56–61.

[14] Industriální topografie. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <http://www.industrialnitopografie.cz/>

[15] Památkový katalog. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <http://www.pamatkovykatalog.cz>

[16] Hydroekologický informační systém VÚVTGM, v. v. i. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/>

[17] Mapy Google. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>. Mapy.cz. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <https://mapy.cz>

[18] Národní archiv leteckých měřických snímků. [citováno: 1. 10. 2018]. Dostupné z: <https://lms.cuzk.cz>

[19] Výběrem HRÁSKÝ, J.V. *Přednášky o vodárenství (Zásobování měst a krajin vodou)*, Část II., Vodojemy. Praha, 1919. KLÍR, A. a KLOKNER, F. (eds.) *Technický průvodce pro inženýry a stavitele. Sešit sedmý. Stavitelství vodní, II. část. Vodárenství*. Praha, 1923. JÁSEK, J. *Klenot města: historický vývoj pražského vodárenství*. Praha, 1997. PAVLÍK, O. *Věžové vodojemy na Mladoboleslavsku*. Mladá Boleslav, 2012.

[20] VONKA, M. a KOŘÍNEK, R. *Komínové vodojemy. Funkce, konstrukce, architektura*. Praha, 2015. In: VONKA, M., KOŘÍNEK, R., HOŘICKÁ, J. a PUSTÉJOVSKÝ, J. *Komínové vodojemy. Situace, hodnoty, možnosti*. Praha, 2015.

[21] BLAŽKOVÁ, T. a MATOUŠEK, V. Česká krajina 19. a 20. století ve světle industriální archeologie – stav bádání, s. 18–22. In: VÁŘEKA, P. (ed.) *Archeologie 19. a 20. století. Přístupy – Metody – Témata*. Plzeň, 2013, s. 17.

Autoři

Ing. Robert Kořínek, Ph.D.¹

✉ robert.korinek@vuv.cz

Mgr. Michal Horáček²

✉ michal.horacek@fsv.cvut.cz

Ing. Martin Vonka, Ph.D.²

✉ martin.vonka@fsv.cvut.cz

Ing. Šárka Jiroušková, Ph.D.¹

✉ sarka.jirouskova@vuv.cz

doc. Ing. Eva Burgetová, CSc.²

✉ burget@fsv.cvut.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Ostrava

²České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Příspěvek prošel lektorským řízením.

WATER TOWERS – RESEARCH PROJECT MAPPING THE DEVELOPMENT AND A FORM OF TOWER WATER RESERVOIRS ON OUR TERRITORY

**KORINEK, R.¹; HORACEK, M.²; VONKA, M.²;
JIROUSKOVA, S.¹; BURGETOVA, E.²**

¹TGM Water Research Institute, p. r. i., Ostrava Branch

²Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering

Keywords: water tower – water supply –
terminology – documentation – research

The paper presents a summary of input information about the research project Water towers – identification, documentation, presentation, new use. It deals with the development of tower water reservoirs in the present territory of the Czech Republic from the beginning of their creation to the present. The first part of the paper defines the basic terminology of the issue and the object of the research. The second part provides an overview of the bases of research, the provision and overview of the sources of its primary data and also the briefness of the current issue. The third part explains the selected research methods and briefly summarizes the planned outputs.





Batymetrické měření pro stanovení morfologie dna vodní nádrže

ŠTĚPÁN MARVAL, TOMÁŠ HEJDUK, KLÁRA DUŠKOVÁ, MARTIN TOMEK, TOMÁŠ VYBÍRAL, RADEK ROUB, YVETTA VELÍSKOVÁ, VALENTÍN SOČUVKA, PETR DUŠEK, JIŘÍ HLAVÁČEK

Klíčová slova: sediment – batymetrické měření – EcoMapper – RiverSurveyor M9

SOUHRN

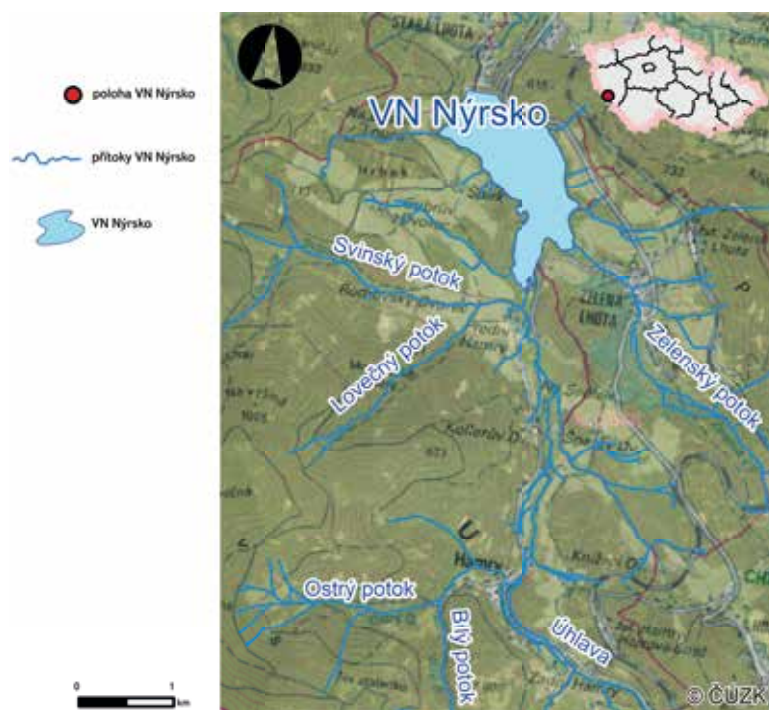
Informační a komunikační technologie jsou v současné době jedním z rozhodujících faktorů ovlivňujících ekonomický a společenský vývoj. Obdobný vývoj a trendy ve vazbě na informační a komunikační technologie lze zaznamenat i v oboru vodního hospodářství. Pro získání relevantních výsledků v oblasti říční hydrauliky, stanovení kapacit vodních toků a nádrží, sledování množství a dynamiky sedimentů jsou rozhodující vstupní data. Příspěvek prezentuje souhrn výsledků a zkušeností z prováděných batymetrických měření na vodárenské nádrži (VN) Nýrsko na Úhlavě. V rámci pilotní monitorovací kampaně byla získána data o morfologii dna vodní nádrže pomocí sofistikovaného přístrojového vybavení na bázi echo sounderu *RiverSurveyor M9* a *EcoMapper AUV* (z angl. Autonomous Underwater Vehicle). V příspěvku je uvedena příprava a postup terénního měření, popis následného postprocesingu získaných datových sad, vzájemné srovnávací analýzy, včetně porovnání s datovými sadami pořízenými pomocí ultrazvukové měřicí aparatury firmy Meridata ty MD500 osazené na měřicím člunu Joska, který je provozován Povodím Vltavy, s. p.

ÚVOD

Procesy eroze na zemědělské půdě a s tím spojená sedimentace ve vodních nádržích jsou aktuálně jedním z největších globálních vodohospodářských problémů [1–4]. Po celém světě mají procesy eroze, transportu půdních částic a sedimentace významný dopad na environmentální, ekonomickou i sociální sféru. Více než padesát procent původní zásobní kapacity světových nádrží bude pravděpodobně ztraceno v průběhu následujících třiceti let kvůli sedimentaci [5].

Zanášení vodních toků a nádrží produkty eroze způsobuje především zmenšení průtočnosti koryt vodních toků, akumulacních prostorů vodních nádrží a ovlivňuje jejich hydraulickou funkci, kdy se zkracuje doba zdržení, zvyšuje se rychlost průtoku nádrží a snižuje se zabezpečení odběru vody. Obecně tím dochází ke snížení objemu zadržené vody v území, což přináší dopady i na jakostní ukazatele vody. Při nižším objemu vody v nádržích dochází k rychlejšímu zvyšování teploty, což v kombinaci s uvolňujícími se živinami ze sedimentů významně podporuje eutrofizační procesy. Transport sedimentů do nádrže a rychlost sedimentace závisí na mnoha faktorech. Jsou jimi množství a distribuce srážek, rozmístění a typ vegetačního pokryvu, velikost povodí, geologické a geomorfologické poměry ve sběrné oblasti i míra antropogenních zásahů do krajiny [6, 7].

Pro detailní geomorfologické analýzy povodí jsou rozhodující kvalitní vstupní data. Metodou leteckého laserového skenování (LLS) je možné získávat velké množství bodových dat s georeferenčními informacemi (X, Y, H) ve velmi



Obr. 1. Pilotní lokalita – VN Nýrsko

Fig. 1. Pilot site Nýrsko water reservoir

krátkém časovém intervalu. Ve spojení s poměrně vysokým stupněm automatizace jejich zpracování při vytváření digitálního modelu terénu a povrchu představuje jednu z neefektivnějších metod pro získávání relevantních prostorových dat. V roce 2013 bylo dokončeno nové výškopisné mapování metodou leteckého laserového skenování území České republiky (ČR), které poskytlo nové výškopisné produkty Digitální model reliéfu 4. generace (DMR 4G), Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) a Digitální model povrchu 1. generace (DMP 1G) [8, 9]. Otázkou přesto zůstává, co se nachází pod vodní hladinou, jaké jsou zásobní (retenční) kapacity vodních toků, vodních nádrží. Kolik máme sedimentů ve vodních tocích či vodních nádržích, jaká je jejich dynamika. Na tyto otázky hledá odpovědi vědní obor batymetrie.

Na počátku batymetrických měření hloubek byla používána olovnice. Dnes je jednou z nejmodernějších a nejpoužívanějších metod pro získání informace o morfologii dna vodních nádrží technologie sonaru (SOUND Navigation And Ranging) v kombinaci s metodou určení polohy GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic). Na VN Nýrsko byla touto technologií

v roce 2017 provedena testovací měřicí kampaň za účelem získání poznatků o morfologii dna. Pro zaměření vodárenské nádrže Nýrsko byla mimo jiné využita měřicí aparatura EcoMapper, která byla na území ČR testována poprvé. Pro doměření v blízkosti břehové linie a v oblasti sedimentačního kuželu zde byly využity dvě měřicí aparatury RiverSurveyor M9, které byly nesený na míru sestrojeným trimaranem na dálkové ovládnání a originálním plavidlem Hydroboard II.

AUV přístroje byly původně vyvíjeny především pro vojenské účely, v současnosti představují zařízení, která se využívají v široké škále hydrografického průzkumu. První pokusy o sestrojení AUV přístroje proběhly v roce 1957 na univerzitě ve Washingtonu. Pomocí prvních sestrojených AUV se zkoumala difúze, zvukový přenos a výzkum pohybu ve vodě. V průběhu 80. let minulého století se pak AUV přístroje začaly používat také na průzkumné a hydrografické účely [10].

Získáním digitálního modelu reliéfu (DMR), který bude reflektovat i požadovanou informaci o morfologii vodního dna, je možné analyzovat zásobní kapacity vodních toků a nádrží. Při využití optimálního postupu je možné kvantifikovat množství sedimentů ve vodních tocích či nádržích, sledovat jejich dynamiku, resp. identifikovat kritické body vstupu sedimentů do vodních toků a nádrží (tvorba sedimentačních kuželů) a v důsledku toho přijímat příslušná opatření, která množství deponovaných sedimentů ve vodních tocích a nádržích omezí.

METODIKA SBĚRU DAT, PRŮBĚHU MĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ DAT

Pilotní lokalita

Vodní nádrž Nýrsko se nachází na úpatí Šumavy na horním toku Úhlavy nad obcí Nýrsko, viz *obr. 1* a 2. Stavba přehrady probíhala v letech 1965–1969. Hlavním účelem stavby je akumulace vody pro vodárenské účely. Vodní nádrž Nýrsko poskytuje pitnou vodu v oblasti Plzeňska, Klatovska a Domažlicka. Vzdušní líc je osázen stabilizačními dřevinami, přičemž vodní dílo dobře zapadá do okolní krajiny. Délka hráze v koruně je 320 m a výška nad terénem 36,2 m. Při levém břehu prochází hrázi odpadní a komunikační štola, na jejímž začátku stojí kruhová věž sruženého objektu, ve kterém je šachtový přeliv, dvě spodní výpusti a vodárenské odběry. Plocha povodí VN Nýrsko se rozkládá na 80,9 km², délka vzdutí je 2,5 km, zatopená plocha činí 148 ha a objem je stanovený na 20,75 mil. m³. Nádrž se nachází v III. zóně chráněné krajinné oblasti Šumava.

Měřicí aparatura

Měřicí aparatura EcoMapper byla navržena tak, aby umožňovala rychlý sběr hloubkových dat, kvalitativních parametrů vody a detekci objektů pomocí side-scan sonaru (*obr. 3*). EcoMapper představuje přístroj, který je schopný samostatně se pohybovat po volné hladině nebo pod jejím povrchem v předem stanovené hloubce a vykonávat sofistikovaný záznam definovaných dat.

Zařízení EcoMapper je tvořeno vysokovýkonným hardwarovým vybavením v kombinaci se sofistikovaným softwarem [11].

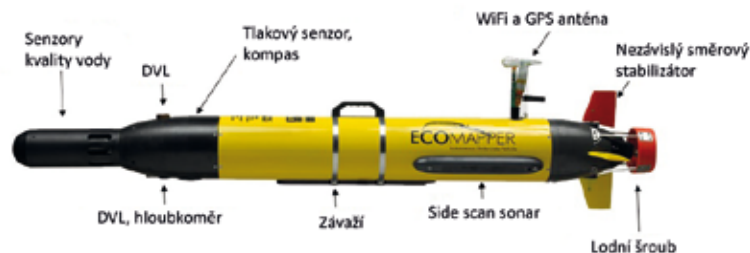
Z hlediska konstrukčního je EcoMapper tvořen třemi hlavními částmi. V přední sekci jsou umístěny senzory, které slouží k měření kvalitativních parametrů vody (pH, teplota, chlorofyl aj.), tlakový senzor a DVL senzor (Dopler Velocity Log), sloužící pro navigaci zařízení při misiích pod vodní hladinou. Ve střední části zařízení jsou umístěny elektronické komponenty, baterie a integrovaná palubní jednotka. V zadní sekci je pak umístěn lodní šroub zajišťující pohyb zařízení a GPS anténa, která slouží pro navigaci v případě měření na hladině [11].



Obr. 2. Pilotní lokalita – VN Nýrsko, pohled jižně z tělesa hráze
Fig. 2. Pilot site Nýrsko water reservoir, a view south of the dyke body

EcoMapper po dobu měření shromažďuje data předem stanovených parametrů v sekundových intervalech, ke kterým automaticky přidává lokalizační data. Pro měření batymetrie je možné využít tzv. bottom tracking (více-paprscitý sonar) nebo single beam (jedno-paprscitý sonar). Konkrétní možnosti nastavení a specifikaci hardwarových součástí detailně popisuje dokument viz [12].

Pro účely porovnání přesnosti získaných dat byla část VN Nýrsko v blízkosti hlavního přítoku (Úhlava) a v oblasti břehové linie zaměřena přístroji na bázi sonaru RiverSurveyor M9. Jedná se o zařízení, která primárně slouží pro měření průtoku na základě Dopplerova jevu – Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). RiverSurveyor M9 však představuje robustní zařízení, které je možné využít i v případě měření batymetrie v rozsahu hloubek 0,2–80 m [13], což odpovídá hodnotám zaznamenaným při kampani na VN Nýrsko. Při instalaci této aparatury na poloautomatickém plavidle trimaran zde byla zaznamenána batymetrická data od 18 cm. Měřicí aparatura je velmi sofistikovaným zařízením kombinujícím ověřenou instrumentaci ADCP se softwarem pro osobní počítač nebo mobilní telefon. Přístrojové vybavení bylo testováno s velkou mírou přesnosti [14] a jeho kompletní specifikaci a možnosti využití popisuje dokument viz [13].



Obr. 3. Konstrukční provedení EcoMapper
Fig. 3. EcoMapper design

Pro potřeby měření na VN Nýrsko bylo první zařízení RiverSurveyor M9 připevněno na nosném plavidle, konstruovaném do podoby trimaranu, tj. nosné lodi disponující trupem lodi a dvěma stabilizačními plováky. Konstrukce trimaranu pro batymetrická měření vychází z požadavku na rychlost pořizování dat a stabilitu nosného plavidla, přičemž splňuje požadavek na poloautomatické měřicí zařízení, viz *obr. 4* [15]. Druhé zařízení RiverSurveyor M9 bylo při měřicí kampani připevněno na originálním nosném plavidle Hydroboard II (*obr. 5*) dodávaném firmou SonTek. Toto plavidlo nedisponuje vlastním pohonem, proto je nutné jej při batymetrickém měření umístit za tažné plavidlo, v našem případě nafukovací člun s elektromotorem. Kompletní měřicí vybavení použité na lokalitě VN Nýrsko je prezentováno na *obr. 6*.

Příprava a průběh měření

Měřicí kampaň byla provedena 2.–3. srpna v roce 2017 v příznivých meteorologických podmínkách, kdy nejvyšší teploty dosahovaly 26–30 °C a vanul mírný západní vítr o síle 3–7 m·s⁻¹, který k večeru ustával. Vzhledem k vodárenským



Obr. 4. Konstrukční provedení plavidla trimaran
Fig. 4. Trimaran design



Obr. 5. Konstrukční provedení plavidla Hydroboard II [16]
Fig. 5. Hydroboard II design [16]

účelům nádrže bylo nutné před samotnou měřickou kampaní žádat o povolení vstupu na území VN Nýrsko na vodoprávním úřadu Klatovy. Po specifikaci účelu, délky pobytu a využití získaných poznatků bylo žádosti bez větších obtíží vyhověno a vlastní hydrografický výzkum mohl proběhnout.

Sběr dat pomocí přístrojového vybavení EcoMapper funguje na principu sledování předem připravené trasy tzv. mise, která je vytvářena v softwarovém prostředí VectorMap. Plánování mise zahrnuje nastavení navigačních bodů, jejich vzájemné vzdálenosti, hloubku ponoru, rychlost měření, nastavení konkrétních kvalitativních parametrů a bezpečnostních opatření. Po spuštění mise EcoMapper pracuje nezávisle na uživateli a pro navigaci využívá integrovaný systém GPS s korekcemi EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). V průběhu jednotlivých misí EcoMapper sleduje trasu podle předem naprogramovaných bodů (waypointů). Po dokončení své mise EcoMapper využívá pro komunikaci vzdálené připojení plochy, které slouží na odesílání zaznamenaných dat přes bezdrátové Wi-Fi připojení a bezpečné ukončení mise [17].



Obr. 6. Použité batymetrické vybavení při zaměřovací kampani na VN Nýrsko
Fig. 6. Used equipment for bathymetric surveying campaign on Nýrsko water reservoir

Sběr dat na VN Nýrsko s využitím EcoMapper byl proveden celkem ve třech misích. Vzhledem k měření na vodárenské nádrži, kde by se osoby bez povolení neměly pohybovat, a ke klidným povětrnostním podmínkám byla zvolena varianta trasování na hladině. Data byla získána křížováním nádrže, jak je znázorněno na *obr. 7*. Celkem bylo zaměřeno 37 677 bodů, přičemž minimální zaměřená hloubka byla 0,43 m a naopak maximální 28,83 m. Předem plánovaná trasa a rychlost plavidla byla volena s ohledem na celkovou kapacitu akumulátoru tak, aby EcoMapper vždy bezpečně dorazil na předem určený cílový bod. Sběr dat prostřednictvím EcoMapper je prezentován na *obr. 8*.

Měřicí kampaň zařízením RiverSurveyor M9, která byla připevněna na trimaranu a Hydroboardu II, byla použita pro mapování především přibližných zón u přítoku do nádrže. Pro daný účel (měření batymetrie v mělkých vodách) disponuje vhodnými vlastnostmi především trimaran, kdy je možné pořizovat batymetrická data již od hloubek cca 20 cm. Plavidlo disponuje vhodnou konstrukcí a splňuje vysoké manévrovací požadavky při mapování již zmíněných přibližných zón. K vedení trimaranu slouží standardní dálkové ovládání, jehož hlavní předností je proporcionální řízení, což znamená, že je možné přidávat rychlost plynule nebo zvolit konstantní rychlost. Způsob ukotvení a vedení RiverSurveyoru M9 je vhodný na menší vodní plochy. V průběhu měřicí kampaně bylo pořizováno celkem 19 602 bodů. Data byla získána křížováním oblasti hlavního přítoku, přičemž vybraná ukázka pořizovaných dat je znázorněna na *obr. 9*.

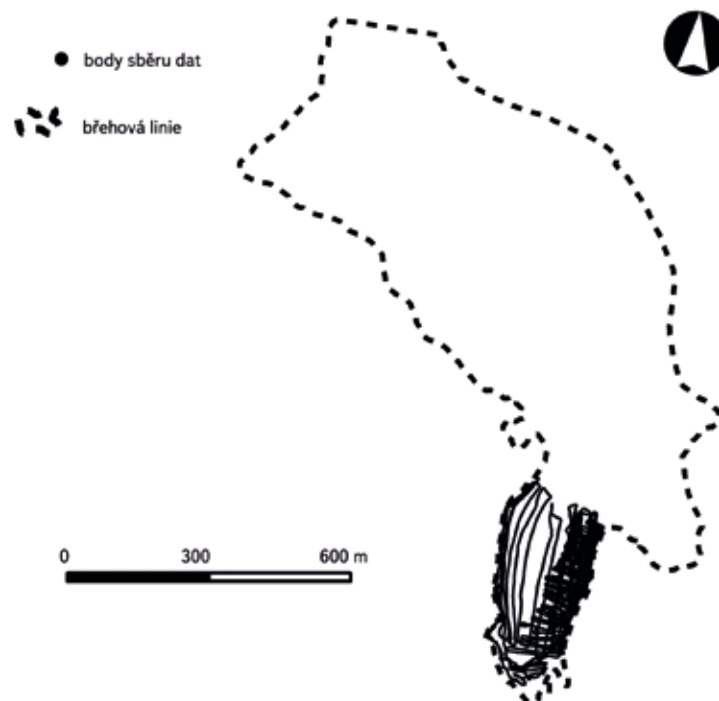


Obr. 7. Trasování na VN Nýrsko – EcoMapper
Fig. 7. Tracking on Nýrsko water reservoir – EcoMapper

Pro srovnávací analýzu bylo využito rovněž batymetrických dat Povodí Vltavy, s. p., která byla v roce 2010 pořízena měřícím člunem Joska – pořízeno bylo 516 811 bodů, přičemž trajektorie pořízených transektů je prezentována na obr. 10. Člun Joska je laminátový kajutový člun Quicksilver typ 650 obr. 11. Na měřenou lokalitu je dopravován na podvozku za terénním autem. Ultrazvuková měřicí aparatura firmy Meridata ty MD500 pořizuje data v souřadnicích X, Y, H, která jsou transformována do systému S-JTSK. Možnosti nasazení jsou na přehradních nádržích, rybnících a vodních tocích, kde jsou splněny podmínky pro umístění na vodní plochu, podmínky dostatečného manipulačního prostoru či nutného ponoru. Technologie umožňuje měření hloubky sedimentů, klasické



Obr. 8. EcoMapper při batymetrické misi v blízkosti sdrúženého objektu
Fig. 8. EcoMapper on a bathymetric mission near a clustered object



Obr. 9. Trasování na VN Nýrsko – RiverSurveyor M9
Fig. 9. Tracking on Nýrsko water reservoir – RiverSurveyor M9

měření hloubek i vyhledávání případných překážek. Minimální hloubka měření je vzhledem k ponoru člunu stanovena na 1 m, ta maximální je uváděna až do 200 m pod hladinou [18].

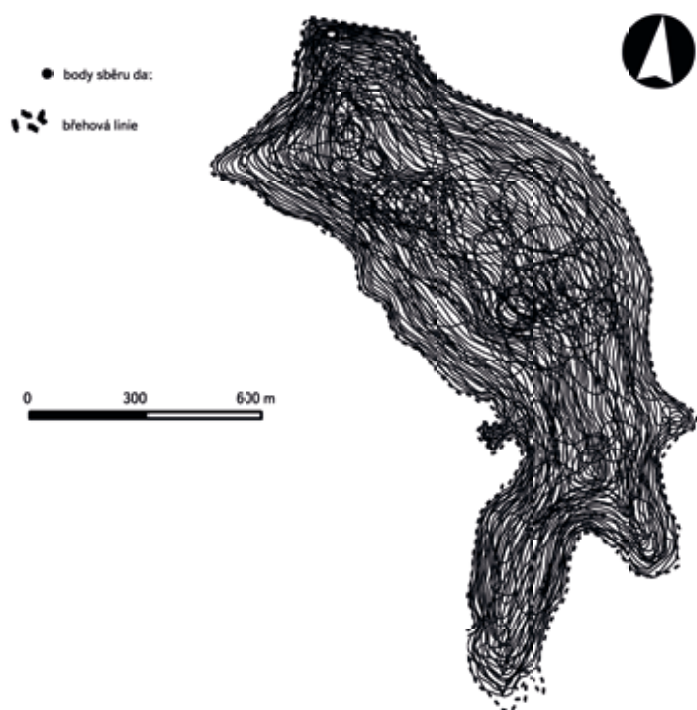
VÝSLEDKY

Zpracování a vyhodnocení získaných dat proběhlo pomocí nástrojů geoinformačního systému ArcGIS od firmy ESRI. Prvním krokem bylo stažení dat z jednotlivých datových úložišť používaných přístrojů pomocí připojení vzdálené plochy (Windows®) ve formátu ASCII, v souřadnicovém systému WGS 84 (World Geodetic System 1984). Dále byla data transformována do souřadnicového systému S-JTSK. Pro získání DMR dna nádrže a blízkého okolí se nabízí celá řada interpolačních metod (IDW, TIN, Topoto Raster aj.). Na základě poznatků z předešlé případové studie zaměřené na batymetrické mapování [19] pak byla vybrána geostatistická metoda kriging, která při porovnání s výše uvedenými metodami dosahovala nejlepších výsledků.

Jako první byla provedena změna velikosti gridu získaných dat do buněk o velikosti hrany 5 m. Z naměřených hodnot, které se protínaly s jednotlivými buňkami rastru, byla vypočítána průměrná hodnota buňky vstupující do interpolace. Takto připravená batymetrická data byla přepočítána na nadmořské výšky odečtením od aktuální kóty hladiny (519,5 m n. m.). Připravená batymetrická data byla spojena s výškovými údaji DMR 4G okolního terénu (buffer 500 m), pro účely lepšího zasazení do terénu a zpřesnění průběhu interpolace. Data DMR 4G byla využita na úkor přesnějších dat DMR 5G z důvodu nižších nákladů na pořízení a doplňující role těchto dat pro předkládanou případovou studii. Posledním krokem přípravy dat bylo odstranění batymetrických dat, která se vlivem změny velikosti gridu vyskytovala mimo zájmové území. Stejně tak byly odstraněny body z DMR 4G, které naopak do zájmového území zasahovaly.

Analogicky jako pro data pořízená měřicí aparaturou EcoMapper, resp. RiverSurveyor M9, bylo postupováno i pro data poskytnutá od Povodí Vltavy, s. p. Takto získané DMR byly porovnávány mezi sebou, viz obr. 12 a 13, kde je prezentováno porovnání výsledné morfologie dna Joska vs. EcoMapper.

Získané výsledky dokládají shodu jednotlivých měřických přístupů (A) v případě pravidelné morfologie dna (pravidelné členitosti) vodní nádrže. V případě proměnlivosti morfologie dna (B) je zřejmé, že v případě EcoMapperu nejsou podchycena tato specifika, což vychází z hustoty pořízených dat v rámci měřicí kampaně – viz srovnání obr. 7 a 9, resp. počtu pořízených bodů vstupujících do přípravy finálních DMR (EcoMapper 37 677, Joska 516 811). Obdobné poznatky byly získány i v případě porovnání výsledků z EcoMapperu, RiverSurveyoru a Josky, které jsou dokumentovány na obr. 13. Dílčí analýza byla provedena na vybraném příčném profilu u ústí vodního toku Úhlavy do VN Nýrsko. V dané lokalitě byla provedena detailní kampaň RiverSurveyorem M9, což dokládá i identifikace původního koryta vodního toku Úhlavy. Původní koryto řeky Úhlavy bylo také velmi dobře zachyceno při měřicí kampani, kterou provedlo Povodí Vltavy, s. p. Samotný širší záběr však opět dokládá vysokou shodu pořízených dat v rámci jednotlivých měřických zařízení.



Obr. 10. Trasování na VN Nýrsko – Joska

Fig. 10. Tracking on Nýrsko water reservoir – Joska

DISKUSE

Bodová data zpravidla obsahují chyby, které ovlivňují výsledný model reliéfu dna vodní nádrže a navazující analýzy. Chyby mohou vznikat v různých fázích sběru i zpracování dat [20]. Jedna z nejzávažnějších chyb vyhodnocení batymetrických dat v morfologicky členitých vodních nádržích vzniká nedostatečnou hustotou měřených vzorků. Výsledný model reliéfu tak může být v těchto místech více ovlivněn interpolací než v místech, kde jsou data v husté síti. Naopak v malých vodních nádržích s miskovitým profilem není prioritou vysoká hustota odebraných vzorků, ale podrobně zaměřené předpokládané zlomové linie mezi břehy a dnem nádrže.

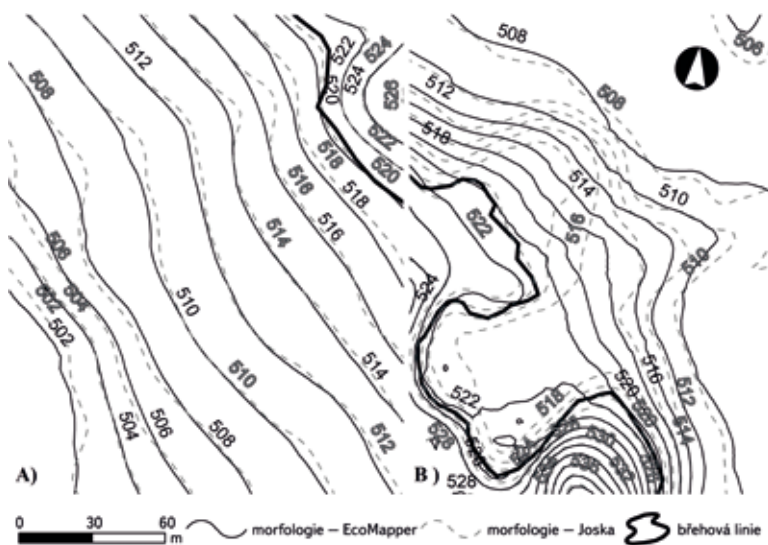


Obr. 11. Laminátový kajutový člun Joska – Quicksilver typ 650 [17]

Fig. 11. Laminated cabin boat Joska – Quicksilver typ 650 [17]

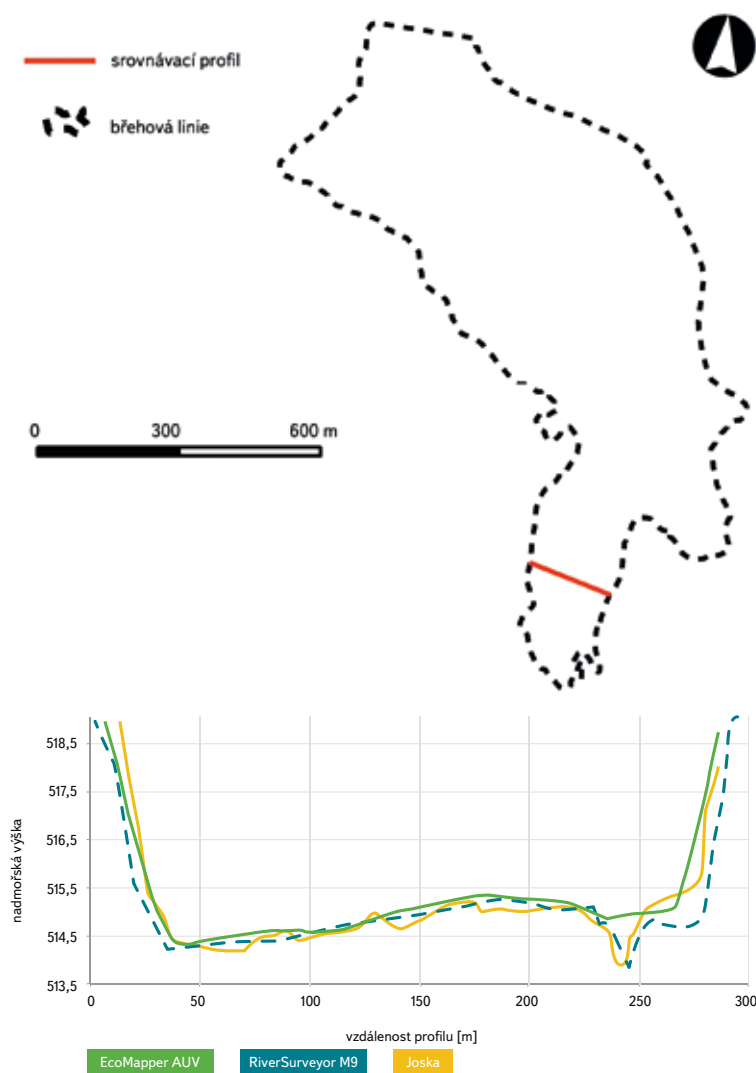
Přestože velkou roli v přípravě DMR hraje zvolený postup zpracování dat a vybraná interpolační metoda, není možné u morfologicky členitých nádrží jakoukoliv metodou nahradit nedostatečně „hustou“ datovou sadu. Z toho vyplývá, že v případě potřeby detailního modelování morfologie, např. v zatopených lomech nebo při odhalování podvodního bohatství, je potřeba při využití výše popsaných, finančně dostupnějších technologií (single beam) zvýšit rozlišení zaměřených dat na maximum v závislosti na velikosti požadovaného detailu. V případě studií dynamiky sedimentu ve vodní nádrži, které budou reprezentativní v řádech cm, je nutné identické trasování podle předem zvolené trajektorie pro všechna období [21]. Proto pro takovou studii se jeví jako ideální přístup technologie EcoMapperu, kdy můžeme několikrát využít předem zvolenou trajektorii, a reálně tak podchytit změny v mocnosti a dynamiku sedimentu v nádrži.

Alternativou pro časově náročné získávání dat jedním sonarovým paprskem jsou technologie mnoho-paprscitého sonaru, jeho rozšířená verze v podobě interferometrického sonarového systému, boční sonar, výložníkový systém,



Obr. 12. Porovnání výsledné morfologie dna (Joska vs. EcoMapper)

Fig. 12. Comparison of final bottom morphology (Joska vs. EcoMapper)



Obr. 13. Porovnání výsledné morfologie dna (EcoMapper vs. RiverSurveyor M9 vs. Joska)
Fig. 13. Comparison of final bottom morphology (EcoMapper vs. RiverSurveyor M9 vs. Joska)

parasound sub-bottom profiling nebo duální LiDAR. Tyto technologie se velmi rychle rozvíjejí a jejich detailní popis lze nalézt v certifikované metodice viz [22], kde se dále také autoři zabývají testováním v podmínkách ČR, cenovou dostupností testovaných technologií a možnými přístupy pro batymetrická měření.

ZÁVĚR

Hlavním cílem testovacího měření na VN Nýrsko měřicí aparaturou EcoMapper bylo vytvoření, resp. aktualizování 3D topografie vodní nádrže. Dalším cílem bylo ověřit deklarovanou využitelnost aparatury a její přesnost v porovnání s daty získanými aparaturou RiverSurveyor M9 a daty poskytnutými od Povodí Vltavy, s. p.

Získané výsledky vykazují vysokou shodu z pohledu pořízených dat jednotlivými přístupy (RiverSurveyor M9, EcoMapper, Joska). Sběr dat prostřednictvím jednotlivých zařízení poskytuje řadu výhod, které předurčují jejich širší využití. Na druhé straně je nutné rovněž reflektovat omezení, která je nutné zohlednit při prováděných měřeních jednotlivými aparaturami. Výhody trimaranu lze spatřovat především ve vysoké operabilitě a schopnosti měřit i v mělčích vodách, rychlém sestavení měřicí aparatury a mobilitě měření. Nevýhody

spočívají především v časové náročnosti při pořizování datových sad – omezení na malé vodní nádrže. Zařízení EcoMapper naopak poskytuje zcela autonomní systém, který je vhodný nejen pro batymetrii sledování dynamiky sedimentů, ale i pro monitoring kvality vody, rozložení rychlostí aj. Poskytuje rovněž měření na místech, kde není dovoleno motorové plavidlo (vodárenské zdroje). Dále nabízí vysokou variabilitu z pohledu volby hustoty pořizovaných dat za předem jasně specifikovaných podmínek a zaručuje měření v předem určené trase.

Naměřené datové zdroje poskytují vysoce kvalitní podklad pro následné pokročilé analýzy v geografických informačních systémech. Výsledné datové zdroje jsou následně využitelné při kvantifikaci množství sedimentů, projektové činnosti, matematickém modelování, případně pro zobrazování a prezentaci dat o jakosti vody v případě měřicí aparatury EcoMapper.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury ČR, projektu číslo TH02030399 Sledování množství a kvality sedimentů ve vodních tocích a nádržích za účelem snižování znečištění z nebodových zdrojů. Příspěvek vznikl rovněž za podpory řešení projektu VEGA-2-0058-15 Analýza miery vplyvu sedimentov na interakciu povrchových tokov s podzemnými vodami pri implementácii progresívnych metód merania.

Literatura

- [1] VRÁNA, K. a BERAN, J. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 9788001040027.
- [2] PIMENTEL, D. and BURGESS, M. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*, 2013, 3, p. 443–463, doi:10.3390/agriculture3030443. [citováno: 21. 6. 2017]. Dostupné z: <https://www.bmbf.de/files/agriculture-03-00443.pdf>
- [3] WALLING, E.D. FOR THE INTERNATIONAL SEDIMENT INITIATIVE OF UNESCO-IHP. *The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progress and future challenges*. Paris, France: Unesco, 2009. ISBN 9789231041358. [citováno: 21. 6. 2017]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001850/185078E.pdf>
- [4] ISSAKA, S. and ASHRAF, A.M. Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes*, vol. 1, 2017, p. 1–11 [citováno: 21. 6. 2017]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/24749508.2017.1301053?needAccess=true>
- [5] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, International Hydrological Programme. *The impact of global change on water resources: the response of unesco's international hydrology programme*, 2011. [citováno: 21. 6. 2017]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001922/192216e.pdf>
- [6] BELL, F.G. *Environmental geology: principles and practice*. Malden, MA: Blackwell Science, 1998. ISBN 0865428751.
- [7] KUBINSKÝ, D., FUSKA, J., WEIS, K. a LEHOTSKÝ, M. Změny akumulace objemu vodních nádrží Velká Richňavská a Malá Richňavská. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2013, roč. 14, č. 2, s. 402–413.
- [8] BRÁZDIL, K. Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. *Geodetický a kartografický obzor*, 55/97, 2009, č. 7, s. 145–151.
- [9] DOLANSKÝ, T. Lidary a letecké laserové skenování. *Acta Universitatis Purkynianae*, 99, Studia geoinformatica, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2004, ISBN 80-7044-575-0.
- [10] VIJAY, S. Autonomous underwater vehicles, Seminar on Autonomous Underwater Vehicles. Mandya: PESCE, 2011. [citováno: 12. 10. 2017]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/55826714/Autonomous-Underwater-Vehicles>
- [11] SOČŮVKA, V. a VELÍŠKOVÁ, Y. Automatizované monitorovanie morfológie dna vodných tokov. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2015, roč. 16, tematické číslo, s. 108–113.
- [12] YSI (2011): ECOMAPPER, Autonomous Underwater Vehicle. [citováno: 10. 10. 2017]. Dostupné z: http://www.watec.it/attachment.php?id_attachment=164
- [13] SonTek a Xylem brand, 2013. *RiverSurveyor S5 / M9 System Manual*.
- [14] HRADILEK, V., BAŠTA, P., VIZINA, Š., MÁČA, P., and PECH, P. Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs. In: *15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015*, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing 18. 06. 2015, Albena, Bulgaria. Sofia, Bulgaria: STEF92.
- [15] HLAVÁČEK, J., ROUB, R., MARVAL, Š., HEJDUK, T., ČUBA, P., HRADILEK, V., NOVÁK, P., VYBÍRAL, T. a BUREŠ L. *Technologie připevnění a stabilizace měřicí aparatury RiverSurveyor M9 na trimaranu za účelem měření batymetrie malých vodních nádrží, ověřená technologie*. 61 str. ISBN 978-80-87361-71-9, smlouva o uplatnění ověřené technologie byla uzavřena s Lesy hl. m. Prahy.

[16] RiverSurveyor M9 Hydroboard ADCP Rental. [citováno: 25. 7. 2018]. Dostupné z: <https://www.fondriest.com/riversurveyor-m9-hydroboard-adcp-rental.htm>

[17] SOČUVKA, V. a VELÍŠKOVÁ, Y. Určenie batymetrie a kvality vody v nádrži pomocou AUV prístroja. Konferencia: *Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia a fyzika vody v pôde*. Zemplínska šírava, 2.–4. červen, 2015, Slovenska republika.

[18] POVODÍ VLTAVY. Měřicí člun Joska. [citováno: 25. 7. 2018]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vymerovaci-lode/joska>

[19] NOVÁK, P., ROUB, R., HRADÍLEK, V., MARVAL, Š., HEJDUK, T., VYBÍRAL, T. a BUREŠ, L. Batymetrický přístup pro stanovení zásobních kapacit, množství a dynamiky sedimentů vodních nádrží – pilotní studie Němčice. *Vodní hospodářství*, 2017, roč. 67, č. 9. ISSN 1211-0760.

[20] KADLČÍKOVÁ, J. Testování a výběr interpolačních metod DMR v závislosti na typu georeliéfu. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, č. 2/2007: s. 14–18.

[21] ŠILJEG, A., LOZIĆ, S., and ŠILJEG, S. A comparison of interpolation methods on the basis of data obtained from a bathymetric survey of Lake Vrana, Croatia. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2015, 19, p. 3653–3666. [online] [citováno: 11. 7. 2017] <<https://doi.org/10.5194/hess-19-3653-2015>>.

[22] NOVÁK, P., ROUB, R., VYBÍRAL, T., HLAVÁČEK, J., MARVAL, Š., HEJDUK, T. a kol. *Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů*. Certifikovaná metodika. Praha: VÚMOP, 2017, 62 s. ISBN 978-80-87361-81-8.

Autoři

Ing. Štěpán Marval^{1,2}

✉ marval.stepan@vumop.cz

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.²

✉ hejduk.tomas@vumop.cz

Ing. Klára Dušková³

✉ duskova@vrv.cz

Ing. Martin Tomek³

✉ tomek@vrv.cz

Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D.⁴

✉ tomas.vybiral@georeal.cz

Ing. Radek Roub, Ph.D.¹

✉ roub@fzp.czu.cz

Ing. Yvetta Velísková, Ph.D.⁵

✉ yvetta.veliskova@savba.sk

Ing. Valentín Sočuvka, Ph.D.⁵

✉ socuvka@uh.savba.sk

Ing. Petr Dušek, Ph.D.⁵

✉ dusek@uh.savba.sk

Ing. Jiří Hlaváček⁶

✉ hlavacek@aquamonitoring.cz

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

³Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.

⁴GEOREAL s. r. o.

⁵Ústav hydrológie SAV

⁶AQUAMONITORING, s. r. o.

Príspevek prešiel lektorským řízením.

BATHYMETRIC MEASUREMENT FOR DETERMINATION OF MORPHOLOGY OF WATER RESERVOIR BOTTOM

MARVAL, S.^{1,2}; HEJDUK, T.²; DUSKOVA, K.³; TOMEK, M.³; VYBIRAL, T.⁴; ROUB, R.¹; VELISKOVA, Y.⁵; SOCUVKA, V.⁵; DUSEK, P.⁵; HLAVACEK, J.⁶

¹Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences

²Research Institute for Soil and Water Conservation, p. r. i.

³Water Management Development and Construction

⁴GEOREAL s. r. o.

⁵Institute of Hydrology SAS

⁶AQUAMONITORING, s. r. o.

Keywords: sediment – bathymetric measurement – EcoMapper – RiverSurveyor M9

Information and communication technologies are currently one of the decisive factors influencing economic and social development. Similar developments and trends in relation to information and communication technologies can be observed in the field of water management. To obtain relevant results in river hydraulics, determination of watercourse capacities and tanks, monitoring of the quantity and dynamics of sediments, are decisive the input data. The paper presents a summary of the results and experience from the performed bathymetric measurements on the Nýrsko water reservoir on the Úhlava River. Pilot Monitoring Campaigns have obtained data on water reservoir morphology using sophisticated instrumentation based on echo Souder RiverSurveyor M9 and EcoMapper AUV (Autonomous Underwater Vehicle). The paper presents the preparation and progress of field measurements, description of subsequent post processing of obtained data sets, comparative analysis, including comparison with data sets obtained using the Meridata ultrasonic measuring instrument, the MD500, installed on the Joska measuring boat operated by the Povodí Vltavy, State Enterprise.



Vybrané metody hodnocení životního prostředí

TOMÁŠ SEZIMA, PETR TUŠIL, MARTIN DURČÁK, TOMÁŠ MIČANÍK, ALENA KRISTOVÁ

Klíčová slova: životní prostředí – metody hodnocení CEA – CBA – MCA – oceňování statků na úseku životního prostředí

SOUHRN

Příspěvek nastiňuje možnosti vybraných metod hodnocení životního prostředí. Jeho cílem je upozornit na vzrůstající potřebu věnovat se této integrální vědní disciplíně více i v České republice.

ÚVOD

Životní prostředí (Environment) je systém složený z přírodních, umělých a sociálních složek materiálního světa, jež jsou, nebo mohou být s uvažovaným objektem ve stálé interakci. Je to vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů, včetně člověka, a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Podle § 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, je složkami myšleno především ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie [1].

Trvale udržitelný rozvoj je většinou chápán jako jeden z hlavních principů Evropské unie, sestávající se ze tří hlavních pilířů, a to z udržitelnosti ekonomické, sociální a environmentální.

V oblasti environmentální politiky je kromě principu trvale udržitelného rozvoje uplatňován ještě zejména princip prevence a obezřetnosti, únosné zátěže, uvážlivého hospodaření s přírodními zdroji, přímé zodpovědnosti, sanace a restituce.

Na úseku životního prostředí se mohou hodnotit jednak různé ukazatele a složky, dále opatření, včetně jejich efektivity, anebo různá opatření v kombinacích a seskupeních, zpracovaná v různých projektových návrzích, a to včetně vyhodnocení z pohledu poměru „výkon (efektivnost)/cena“.

Komplexní hodnocení životního prostředí České republiky je prováděno ve Zprávě o životním prostředí ČR.

Každé hodnocení je důležité pro zjištění, zda-li bylo dosaženo vytyčených cílů, popř. s jakou efektivitou či s jakými finančními náklady.

METODY HODNOCENÍ V EVROPSKÉ UNII

V Evropské unii je doporučováno a také prováděno hodnocení zejména pomocí metod nákladově-výstupové analýzy efektivity Cost-Effectiveness Analysis (dále jen CEA), nákladově-přínosové analýzy Cost-Benefit Analysis (dále jen CBA) a dále popř. také různými vybranými metodami multikriteriálního hodnocení Multi-Criteria Analysis (dále jen MCA).

Metoda CEA byla vyvinuta v padesátých letech minulého století ve Spojených státech amerických jako nástroj pro rozhodování mezi požadavky kladenými zejména Ministerstvem obrany a Armádou na zbrojní programy atd. Jedná se původně o metodu hodnocení předmětů nebo alternativ řešení. Účelem analýzy efektivity nákladů je zjistit, který projekt/program nebo

varianta projektu/programu může dosáhnout stanovených cílů při co nejnižších nákladech. CEA se používá k identifikaci nejvíce nákladově-efektivní strategie z množiny možných variant, které mají podobné výsledky.

Vzhledem k tomu, že analýza efektivity nákladů (CEA) úzce souvisí s analýzou nákladů a přínosů (CBA), lze kombinaci těchto metod využít při hodnocení projektů nebo programů opatření. Pomocí této nákladově-přínosové analytické metody lze u realizovaných projektů porovnat různé alternativy s podobnými cíli a změřit jejich efektivitu z hlediska vynakládaných nákladů. Dále lze taktéž metodu využít v rámci hodnocení očekávaných dopadů alternativních opatření ještě dříve, než jsou realizována (ex-ante), nebo k evaluaci účinnosti opatření, která již byla zrealizována (ex-post).

Výsledky CEA jsou častokrát integrovány do multikriteriální analýzy (MCA), která umožňuje kombinaci různých kritérií pro rozhodování v různých formátech.

Analýza nákladů a užitek (Cost-Benefit Analysis, CBA) je důležitá metoda, která sleduje ekonomickou efektivnost možné alternativy posuzovaného projektu, ať už v soukromém, nebo veřejném sektoru.

CBA je nástroj, který umožňuje srovnání nákladů a přínosů, a podle této analýzy lze určit, která alternativa projektu je z hlediska ekonomické efektivity nejvýhodnější.

Aby mohla být CBA dobře provedena, musí být prováděna podle přesné logického postupu (metodiky). Nejznámější metodiky CBA jsou např. podle Boardmana [3] a nově i podle manuálů a doporučení EU [4, 5].

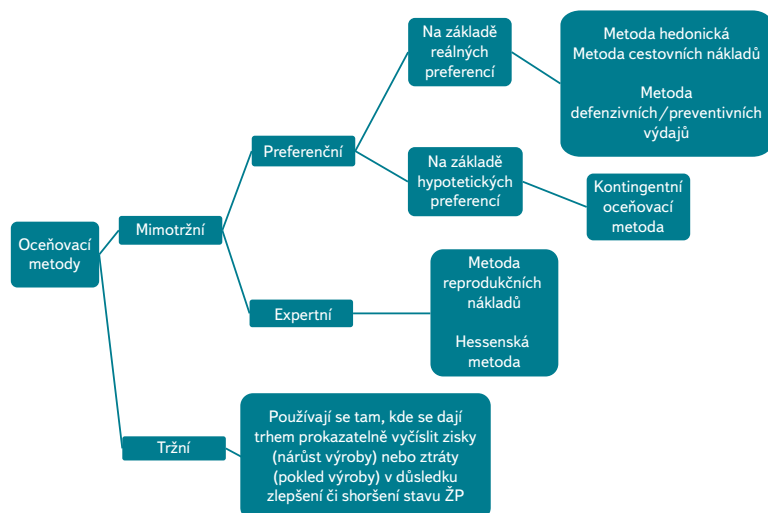
Problematické zůstává ohodnocování (oceňování) užitek na úseku životního prostředí. Oceňování lze provádět jen v konkrétních kontextech daného území podle nejvhodnější metody oceňování. Velmi významný je posun k přírodě blízkým opatřením [2].

OCEŇOVÁNÍ STATKŮ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Metody oceňování statků životního prostředí (ŽP) můžeme rozdělit na:

- metody tržního oceňování statků ŽP – používají se u statků, se kterými se již na trhu obchoduje (odvozují hodnotu statků ŽP na základě ceny, kterou již trh danému statku stanovil, obvykle historickým vývojem),
- mimotržní oceňovací techniky – používají se u statků, se kterými se na trhu neobchoduje, a je nutné zjistit jejich hodnotu jiným způsobem. Použit lze např. preferenční metody, které vycházejí z preferencí spotřebitelů (odvozují hodnotu statků ŽP na základě chování, kterým vyjadřujeme, jakou hodnotu pro nás daný statek má), a nepreferenční metody, které jsou založeny na expertním hodnocení (odvozují hodnotu statků ŽP na základě názoru odborníků).

Přehled základních oceňovacích metod je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1. Oceňovací metody (zdroj: *Ekonomie životního prostředí*, dostupné z: <http://fzp.ujep.cz>)
Fig. 1. Valuation methods (source: *Ekonomie životního prostředí*)

Multikriteriální analýza je metoda, která se používá při rozhodování mezi několika alternativami, přičemž se (na rozdíl od lineárního programování) nepřípouští současně více výsledných alternativ, a závěrem analýzy by měla být vždy pouze alternativa jediná. Předpokladem použití multikriteriální analýzy je větší počet kvantifikovatelných kritérií, která zahrnujeme do rozhodování.

Metoda se skládá minimálně ze čtyř navazujících kroků:

- identifikace alternativ a kritérií,
- ohodnocení (kvantifikace) kritérií,
- přidělení vah (normalizace),
- výpočet ohodnocení.

Multikriteriální analýza se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekritériálního rozhodování poté řeší disbalance mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantních projektech.

Vícekritériální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby podle několika kritérií, a to kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoříme také o číselných kritériích) nebo kritérií kvalitativních, kdy zavádíme vhodnou stupnici, např. stupnice klasifikační, nebo stupnice velmi vysoký – vysoký – průměrný – nízký – velmi nízký a současně definujeme směr lepšího hodnocení, tj. zda je lepší maximální nebo minimální hodnota (klesající nebo stoupající hodnoty). Je-li k dispozici seznam kritérií i seznam rozhodovacích variant, je nutné zvážit, jakou formu by mělo konečné rozhodnutí mít.

METODY MCA

Multikriteriální rozhodování je vždy analytický hierarchický proces [6]. Důležitým krokem při hodnocení vícekritériálních problémů je stanovení vah (významu kritérií). Pro jejich určení je možné využít širší spektrum metod. Jednou z možných alternativ je metoda bodovací. Tato metoda patří mezi výpočetně nejméně náročné, ale současně kvalita výsledků získaných jejím prostřednictvím je nižší. Metoda bývá také označována jako alokace 100 bodů [7]. Problém spočívá v tom, že řešitel musí být schopen kvantitativně ohodnotit důležitost kritérií. Toto je však často velmi obtížné vzhledem k různorodosti sledovaných kritérií. Pro zvolenou bodovací stupnici musí řešitel ohodnotit i -té kritérium

hodnotou b_i ležící v dané stupnici. Čím je kritérium důležitější, tím je bodové ohodnocení vyšší. Řešitel nemusí volit pouze celá čísla z dané stupnice a může přiřadit stejnou hodnotu i více kritériím. Bodovací metoda sice vyžaduje od řešitele kvantitativní ohodnocení kritérií, ale umožňuje diferencovanější vyjádření subjektivních preferencí než například metoda pořadí. Výpočet váhy se provádí podle vzorce (1) [7].

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}, i=1,2,\dots,k \quad (1)$$

Váhy jednotlivých kritérií leží v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, a tedy se jedná o váhy normalizované do jednoho intervalu (1). Tato metoda je zatížena velkým stupněm subjektivity v hodnocení respondenta.

Další možností je využití Saatyho postupu binomického hodnocení. Saatyho metoda je založena na kvantitativním párovém srovnání kritérií. Při vytváření párových srovnání $S = (s_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, k$, se často používá stupnice 1–9. Prvky matice s_{ij} jsou interpretovány jako odhady podílu i -tého kritéria a j -tého kritéria. Saatyho metoda je tedy založena na určení váhy jednotlivých kritérií – na stanovení vzájemné preference [7]. V případě každé dvojice kritérií se stanovuje hodnota síly vzájemné preference, která je poté zapsána do matice. Hodnocení je založeno na využití bodové stupnice uvedené v *tabulce 1* [8].

Tabulka 1. Systém hodnocení jednotlivých kritérií

Table 1. The system of evaluation of individual criteria

Vyjádření preferencí

Číselné	Slovní
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je silně významnější než druhé
7	První kritérium je velmi silně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Pro citlivější vyjádření preferencí, na základě principů manažerského rozhodování [8], je možné použít i další mezistupně (2, 4, 6, 8, 10). Velikost preferencí i -tého kritéria proti j -tému kritériu můžeme uspořádat do Saatyho matice, jejíž prvky s_{ij} představují odhady podílů vah kritérií (kolikrát je jedno kritérium významnější než druhé), podle vztahu (2) [7].

$$s_{ji} \approx \frac{v_i}{v_j}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Matice S je čtvercového řádu $n \times n$ a pro její prvky platí [7]:

$$s_{ji} = \frac{1}{s_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Matice je tedy ve své podstatě reciproční a na její diagonále jsou vždy hodnoty jedna. Toto je dáno faktem, že každé kritérium je samo o sobě rovnocenné. Pro určení konečných vah každého kritéria je pak používán normalizovaný geometrický průměr řádků Saatyho matice, vztah (4) [7].

$$W_i = \frac{\left[\prod_{j=1}^n s_{ij} \right]^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left[\prod_{j=1}^n s_{kj} \right]^{\frac{1}{n}}} \quad (4)$$

Saatyho princip hodnocení je výhodný vzhledem k tomu, že redukuje hodnocení respondenta na porovnání dvou kritérií (variant).

ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Nástroje vícekritériálního rozhodování umožňují do hodnocení zahrnout široké spektrum kategoriálně odlišných kritérií. Každá z metod je do jisté míry zatížena subjektivním postojem řešitele. Minimalizaci tohoto vlivu lze dosáhnout především u Saatyho metody, kdy je pevně stanoveno hodnocení vah, ze kterého musí řešitel vyjít. Navíc je škála deskriptorů od sebe oddělena hodnotou dvou bodů, díky čemuž dochází k většímu oddělení vah. Za další výhodu můžeme označit fakt, že hodnocení je založeno na porovnání dvou kritérií, kdy ostatní nebereme v úvahu.

Vzhledem k uvedeným faktům se jako efektivní jeví využití nástrojů vícekritériálního rozhodování v kombinaci s přístupem CBA (Cost-Benefit Analysis). Tento fakt je podpořen různorodostí kritérií, kterými můžeme problémy v oblasti životního prostředí hodnotit, ale také požadavky na ekonomické vyhodnocování prováděných opatření. Výhodou kombinace obou přístupů je také možnost opakovaného hodnocení, a tedy verifikace dosaženého zlepšení.

Literatura

[1] § 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.

[2] MACHÁČ, J., DUBOVÁ, L. a LOUDA, J. *Ekonomická analýza přírodě blízkých opatření ve městě*. IEEP, 2017.

[3] BOARDMAN, E. *CBA Cost-Benefit Analysis*. 4th Edition.

[4] BROUWER, R., BARTON, D., BATEMAN, I., BRANDER, L., GEORGIU, S., et al. *Economic Valuation of Environmental and Resource Costs and Benefits in the Water Framework Directive: Technical Guidelines for Practitioners*. AquaMoney Technical guidelines, 2009. Dostupné z: <http://www.aquamoney.org/>

[5] CBA GUIDE. Dostupné z: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf

[6] RAMÍK, J. *Vícekritériální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita v Opavě, 1999.

[7] FIALA, P. *Modely a metody rozhodování*. Praha: Oeconomica, 2008.

[8] FOTR, J., ŠVECOVÁ, L. a kol. *Manažerské rozhodování*. Praha: Ekopress, s. r. o., 2010.

Autoři

Ing. Tomáš Sezima, Ph.D.

✉ tomas.sezima@vuv.cz

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA

✉ petr.tusil@vuv.cz

Ing. Martin Durčák

✉ martin.durcak@vuv.cz

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.

✉ tomas.micanik@vuv.cz

Ing. Alena Kristová

✉ alena.kristova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Ostrava

Příspěvek prošel lektorským řízením.

SELECTED METHODS OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

SEZIMA, T.; TUSIL, P.; DURCAK, M.; MICANIK, T.; KRISTOVA, A.

TGM Water Research Institute, p. r. i., Ostrava branch

Keywords: environment – assessment methods CEA – CBA – MCA – environmental valuation of goods

The paper outlines the possibilities of selected environmental assessment methods. Its aim is to highlight the growing need to devote to this integral science discipline more in the Czech Republic as well.



Hodnocení stavu útvarů povrchových vod v České republice za období 2013–2015

PETR TUŠIL, PAVEL RICHTER, PETR VYSKOČ, RENATA FILIPPI, MARTIN DURČÁK

Klíčová slova: hodnocení stavu povrchových vod – vodní útvar – reprezentativní profil – ekologický stav – ekologický potenciál – biologické složky – chemický stav – prioritní látky

SOUHRN

Tento článek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost se souhrnnými výsledky hodnocení ekologického a chemického stavu, resp. potenciálu útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a kategorie „jezero“ za období let 2013–2015 v České republice, které byly v roce 2017 realizovány Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i. (dále VÚV TGM). Současně jsou zmíněny postupy a metody využití k realizaci hodnocení stavu vod. V závěru článku jsou uvedena konkrétní doporučení, jejichž zajištění umožní v maximální možné míře optimalizovat následné hodnocení stavu povrchových vod, které proběhne v roce 2019, přičemž právě toto hodnocení stavu povrchových vod bude jedním ze zásadních podkladů pro aktualizaci všech úrovní plánů povodí. Všechna prezentovaná agregovaná data vznikla zpracováním primárních dat z monitoringu povrchových vod, která na základě smluvních vztahů poskytly v roce 2017 jednotlivé státní podniky Povodí. Data o vybraných prioritních a prioritních nebezpečných látkách v biotě využita pro hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod byla poskytnuta z monitoringu pevných matric, který zajišťuje Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ). Vzhledem k rozsahu a povaze problematiky není cílem tohoto článku podrobnější analýza souvislostí, příčin a faktorů ovlivňující výsledky předkládaného hodnocení stavu útvarů povrchových vod jako rovněž srovnání s výsledky hodnocení stavu útvarů povrchových vod v prvním a druhém plánovacím cyklu.

ÚVOD

Obecně hodnocení stavu útvarů povrchových vod v podmínkách České republiky představuje podle požadavků národních právních předpisů a Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky [1] (dále jen Rámcová směrnice), hodnocení stavu vodních útvarů v kategoriích „řeka“ a „jezero“. Současně je potřeba zmínit, že hodnocení stavu vodních útvarů je nedílnou součástí všech úrovní plánů povodí, které se zpracovávají v šesti-letých cyklech v souladu s příslušnými ustanoveními zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů [2] (dále jen vodní zákon). Výsledky hodnocení jsou následně zásadním podkladem pro návrh programu opatření na zlepšení stavu vod a dalších aktivit v oblasti výkonu vodohospodářských činností na úrovni České republiky i dílčích povodí.

Podle § 4 vyhlášky č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod, ve znění pozdějších předpisů [3], má být stav

útvary povrchových vod vyhodnocen jednou za tři roky. V rámci procesu zpracování druhých plánů povodí bylo na národní úrovni dohodnuto, že obdobím pro hodnocení stavu vod v České republice pro tyto plány bylo období 2010–2012.

METODICKÉ POSTUPY POUŽITÉ PRO ŘEŠENÍ

Předkládané hodnocení stavu povrchových vod za období 2013–2015 bylo realizováno podle schválených metodických postupů pro 2. plánovací cyklus v oblasti vod a vzhledem k cílům použitým při hodnocení stavu povrchových vod pro 2. plánovací cyklus.

Pro samotné řešení hodnocení stavu byly použity certifikované metodické postupy a certifikované metodiky schválené Odborem ochrany vod MŽP, které jsou dostupné na www.mzp.cz/cz/metodiky_hodnoceni_stavu_vod. Tyto postupy plně respektují požadavky Rámcové směrnice [1] a souvisejících dokumentů (ostatní směrnice Evropské unie např. [4–6] a příslušné Guidance dokumenty), současně tyto postupy rovněž respektují požadavky národních právních předpisů a dalších relevantních dokumentů [2, 3, 7]. Součástí hodnocení stavu povrchových vod bylo i doplnění potřebných informací k reprezentativním profilům z hlediska potřeb jednotlivých metodických postupů hodnocení biologických složek ekologického stavu.

Podle ustanovení vodního zákona [2] se stavem povrchových vod (celkový stav) rozumí obecné vyjádření stavu útvaru povrchové vody určené ekologickým nebo chemickým stavem podle toho, který je horší. Při systému vyhodnocení stavu povrchových vod byl v souladu s požadavky relevantních legislativních předpisů na úrovni České republiky i Evropské unie vždy dodržen princip „one out – all out“. Platí tedy, že pro výsledné hodnocení je vždy určující nejhorší z výsledků vyhodnocení relevantních dílčích složek, což je v konečném důsledku klíčové pro výslednou klasifikaci stavu konkrétního útvaru povrchových vod.

Systém hodnocení chemického a ekologického stavu/potenciálu povrchových vod v České republice se dělí do dvou samostatných celků – systém hodnocení ekologického stavu/potenciálu a systém hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod. Každá z těchto částí má své specifické přístupy a podmínky hodnocení a stejně tak i rozsah hodnocených parametrů a matric, požadavky na četnost sledování, kvalitu dat atd.

Vyhodnocení chemického i ekologického stavu/potenciálu bylo realizováno na základě reálně naměřených dat v reprezentativních profilech útvarů povrchových vod, kde probíhal v daném období situační nebo provozní monitoring. Každý útvar nebo skupina útvarů má v podmínkách České republiky určeno právě jeden reprezentativní profil, v několika případech je jedním

Tabulka 1. Kategorie útvarů povrchových vod
Table 1. Surface water bodies – categories

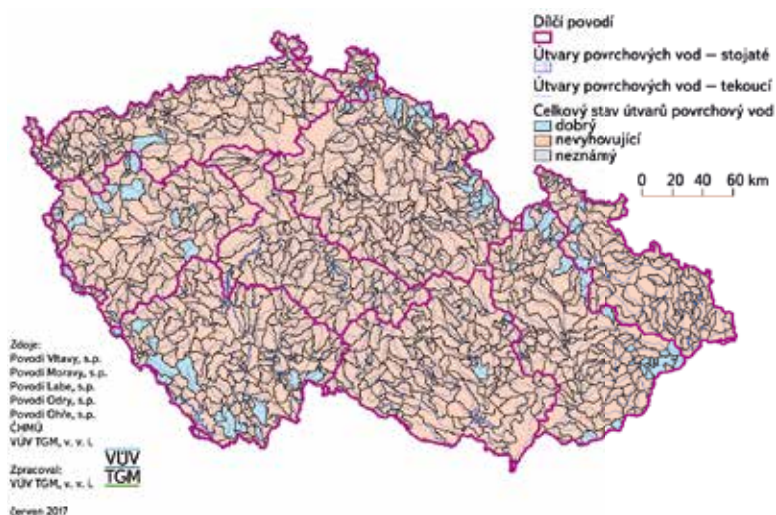
Kategorie útvarů povrchových vod	Počet útvarů povrchových vod	Procento útvarů povrchových vod (%)
„řeka“	1 044	93,1
řeka – přirozený	951	84,8
řeka – silně ovlivněný	89	7,9
řeka – umělý	4	0,4
„jezero“	77	6,9
jezero – silně ovlivněný	73	6,5
jezero – umělý	4	0,4
Celkem – útvarů povrchových vod	1 121	100

Tabulka 2. Celkový stav útvarů kategorie „řeka“ a „jezero“
Table 2. Overall status of surface water bodies in categories „river“ and „lake“

Celkový stav	Počet útvarů povrchových vod	Procento útvarů povrchových vod (%)
Kategorie „řeka“	1 044	100
dobrý	94	9,0
nevyhovující	946	90,6
neklasifikováno	4	0,4
Kategorie „jezero“	77	100
dobrý	5	6,5
nevyhovující	63	81,8
neklasifikováno	9	11,7

representativním profilem hodnoceno dva nebo více útvarů povrchových vod kategorie „řeka“. Výsledné hodnocení chemického a ekologického stavu/potenciálu bylo vztaženo na celý vodní útvar, v němž se reprezentativní profil nachází. Pokud v reprezentativním profilu neproběhl v hodnoceném období odpovídající monitoring, nebyl příslušný stav vodního útvaru klasifikován.

Pro hodnocení jednotlivých biologických složek ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod – kategorie „řeka“ – byla vyhodnocena dostupná data z reprezentativních profilů s využitím funkčních možností nástroje informačního systému ARROW, který provozuje ČHMÚ (dále jen IS ARROW). Hodnocení chemických a fyzikálně-chemických parametrů v rámci klasifikace chemického stavu a ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod bylo realizováno prostřednictvím upravených softwarových nástrojů vyvinutých VÚV TGM [8]. Hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek a biologických složek v rámci ekologického potenciálu útvarů povrchových vod kategorie „jezero“ bylo realizováno Biologickým centrem Akademie věd České republiky, v. v. i. V rámci hodnocení ekologického stavu/potenciálu útvarů



Obr. 1. Celkový stav útvarů povrchových vod za období 2013–2015 v České republice
Fig. 1. Overall status of the surface water bodies for the 2013–2015 period in the Czech Republic

povrchových vod nebyly, stejně jako v 2. plánovacím cyklu, hodnoceny hydromorfologické složky, a to především z důvodu absence monitorovaných dat a pro praktické potřeby hodnocení nedostatečné metodické podpory.

Pro realizaci hodnocení stavu povrchových vod byla poskytnuta data z Programu monitoringu povrchových vod státních podniků Povodí za období 2013–2015, včetně přiřazení reprezentativních profilů monitoringu k příslušným vodním útvarům povrchových vod v jednotném formátu a struktuře vhodném pro hromadné zpracování dat.

V rámci hodnocení chemického stavu a ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod (kategorie „řeka“ i „jezero“), viz *tabulka 1*, byly použity oficiální platné metodické postupy [9–20].

VÝSLEDKY

Přehled výsledků hodnocení stavu útvarů povrchových vod je dále uveden v tabulkové a grafické formě v agregované podobě za území České republiky.

Celkový stav útvarů povrchových vod

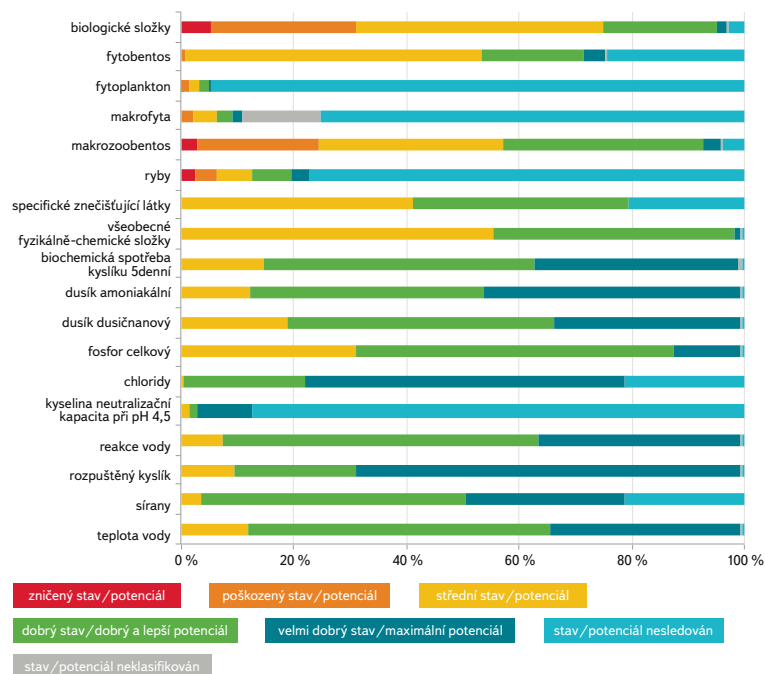
Následující *tabulka 2* uvádí přehled vyhodnocení celkového stavu útvarů kategorie „řeka“ a „jezero“ včetně procentuálního zastoupení v dané kategorii hodnocení.

Vyhodnocení celkového stavu útvarů povrchových vod v rámci České republiky je mapově znázorněno na *obr. 1*.

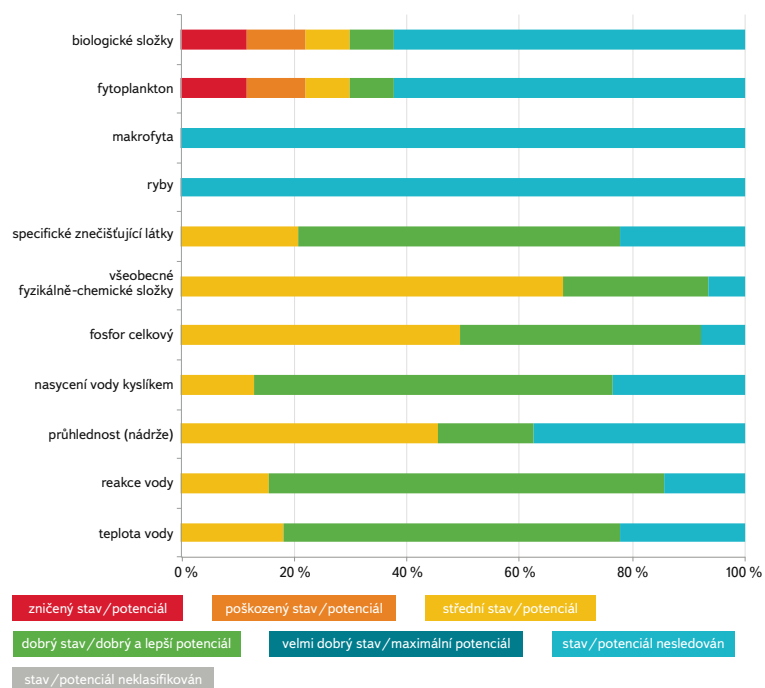
Z výše uvedených výsledků vyplývá, že více než 90 % útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ byla v hodnoceném období 2013–2015 v nevyhovujícím celkovém stavu. Podobně je tomu i u celkového stavu útvarů kategorie „jezero“, kde je do nevyhovujícího stavu zařazeno více než 81 % útvarů.

Ekologický stav/potenciál útvarů povrchových vod

V následující *tabulce 3* je uveden přehled agregovaných výsledků hodnocení ekologického stavu/potenciálu útvarů kategorie „řeka“ a „jezero“ v jednotlivých klasifikačních třídách.



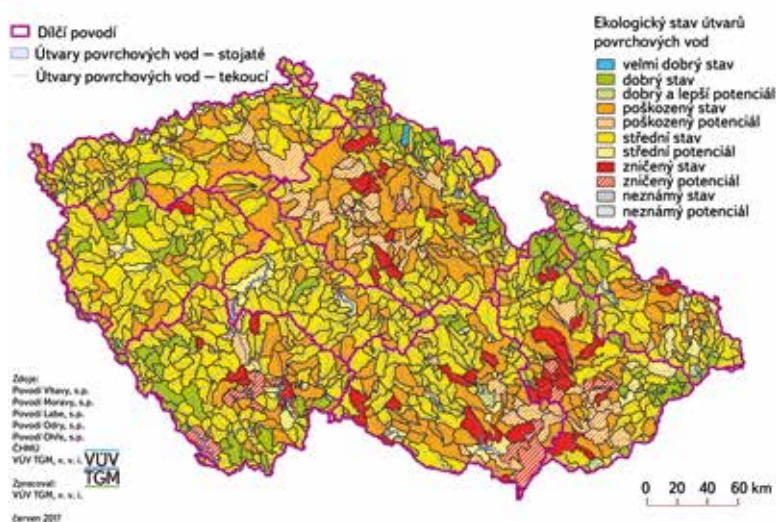
Obr. 2. Ekologický stav/potenciál útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ podle hodnocení jednotlivých složek a jednotlivých všeobecných fyzikálně-chemických složek
Fig. 2. Ecological status/potential of the surface water bodies in categories “river” and “lake” according to individual elements and individual physico-chemical elements



Obr. 3. Ekologický potenciál útvarů povrchových vod kategorie „jezero“ podle hodnocení složek a jednotlivých všeobecných fyzikálně-chemických složek
Fig. 3. Ecological potential of the surface water bodies in category “lake” according to the assessment of the elements and individual physico-chemical elements

Tabulka 3. Ekologický stav/potenciál útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a „jezero“
Table 3. Ecological status/potential of the surface water bodies in categories “river” and “lake”

Ekologický stav/potenciál	Počet útvarů povrchových vod	Procento útvarů povrchových vod (%)
Kategorie „řeka“	1 044	100
velmi dobrý stav/maximální potenciál	1	0,1
dobry stav/dobry a lepší potenciál	127	12,2
střední stav/potenciál	589	56,4
poškozený stav/potenciál	268	25,7
zničený stav/potenciál	55	5,2
neklasifikované útvary	4	0,4
Kategorie „jezero“	77	100
dobry a lepší potenciál	13	16,9
střední potenciál	42	54,4
poškozený potenciál	8	10,4
zničený potenciál	9	11,7
neklasifikované útvary	5	6,6



Obr. 4. Ekologický stav a ekologický potenciál útvarů povrchových vod za období 2013–2015 v České republice

Fig. 4. Ecological status/potential of the surface water bodies in the Czech Republic for the period 2013–2015

Tabulka 4. Vybrané specifické znečišťující látky, které překračují NEK u více než 1 % útvarů povrchových vod kategorie „řeka“
Table 4. Selected river basin specific pollutants exceeding EQS of more than 1 % of the surface water bodies in category “river”

Látka	Procento útvarů povrchových vod s překročením NEK (%)	Počet útvarů povrchových vod s překročením NEK	Počet klasifikovaných útvarů povrchových vod
halogeny adsorbovatelné organicky vázané (AOX)	14,1	147	499
metabolity alachloru	12,8	134	424
bisfenol A	7,7	80	339
fenantren	7,3	76	451
malathion	7,2	75	376
železo	6,6	69	650
pyren	6,4	67	451
metolachlor a jeho metabolity	4,7	49	460
kyselina ethylendiamintetraoctová	4,2	44	115
mangan	3,2	33	572
uhlovodíky C ₁₀ –C ₄₀	2,4	25	297
arsen	1,3	14	595
benzo[a]antracen	1,0	10	451
fenthion	1,0	10	278
MCPA (kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová)	1,0	10	418
selen	1,0	10	380

Graficky je hodnocení ekologického stavu/potenciálu útvarů kategorie „řeka“ s rozdělením na jednotlivé hodnocené složky uvedeno na obr. 2.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že klíčovými parametry nebo složkami, které jsou určující pro zařazení tvarů kategorie „řeka“ do středního a horšího stavu jsou makrozoobentos a fytobentos a ze všeobecných fyzikálně-chemických složek jsou to celkový fosfor, dusičnanový a amoniakální dusík. Pro specifické znečišťující látky je podrobnější hodnocení uvedeno v následující tabulce 4, kde je přehled vybraných specifických znečišťujících látek, u nichž došlo k překročení normy environmentální kvality (dále jen NEK) u více než 1 % všech útvarů povrchových vod kategorie „řeka“.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že nejvyšší procento překročení NEK u útvarů kategorie „řeka“ bylo zaznamenáno v případě specifických znečišťujících látek u parametrů – AOX, metabolity alachloru, bisfenol A, fenantren a malathion.

Ekologický potenciál útvarů povrchových vod kategorie „jezero“ je uveden v grafickém znázornění pro jednotlivé složky hodnocení na obr. 3.

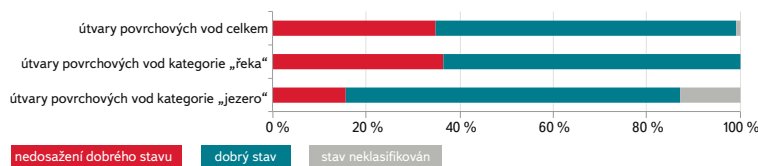
Z výše uvedeného grafického znázornění vyplývá, že určujícími složkami pro zařazení útvarů povrchových vod kategorie „jezero“ do středního a horšího potenciálu byl fytoplankton, všeobecné fyzikálně-chemické složky – celkový fosfor a průhlednost a některé specifické znečišťující látky.

Přehled souhrnného hodnocení ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod za období 2013–2015 v České republice je v mapové podobě uveden na obr. 4.

Souhrnně lze konstatovat, že ekologický stav/potenciál útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ dosahoval středního a horšího stavu/potenciálu u více než 86 % útvarů a pro kategorii „jezero“ byl střední a horší potenciál zaznamenán u více než 76 % útvarů.

Chemický stav útvarů povrchových vod

V následující tabulce 5 je uveden přehled výsledků hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a „jezero“ za období 2013–2015. Dále na obr. 5 je znázorněno graficky procentuální hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod pro obě kategorie.



Obr. 5. Chemický stav útvarů povrchových vod kategorie „řeka“, „jezero“
Fig. 5. Chemical status of the surface water bodies in categories “river” and “lake”

Tabulka 5. Chemický stav útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a „jezero“
Table 5. Chemical status of the surface water bodies in categories "river" and "lake"

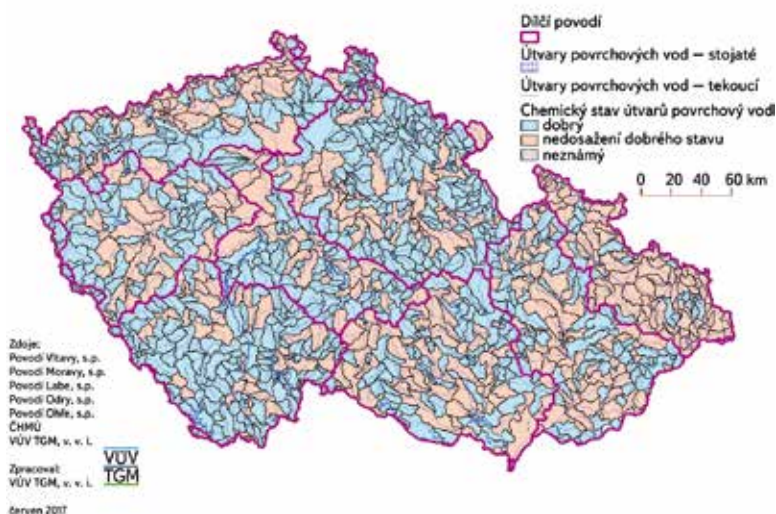
Chemický stav	Počet útvarů povrchových vod	Procento útvarů povrchových vod
Kategorie „řeka“	1 044	100
dobry stav	664	63,6
nedosažení dobrého stavu	380	36,4
stav nehodnocen	0	0
Kategorie „jezero“	77	100
dobry stav	55	71,4
nedosažení dobrého stavu	12	15,6
stav neklasifikován	10	13,0

V následující tabulce 6 jsou uvedeny prioritní a prioritní nebezpečné látky, u nichž v hodnoceném období 2013–2015 došlo k překročení NEK u více než 1 % útvarů kategorie „řeka“.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že nejproblematictějšími parametry v rámci hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ byly v hodnoceném období 2013–2015 ukazatele ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků – fluoranthen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, benzo(b)fluoranthen a benzo(k)fluoranthen.

Tabulka 6. Vybrané prioritní a prioritní nebezpečné látky, které překračují NEK u více než 1 % útvarů povrchových vod kategorie „řeka“
Table 6. Selected priority and priority dangerous substances exceeding EQS in more than 1 % surface water bodies in category "river"

Látka	Procento útvarů povrchových vod s překročením NEK (%)	Počet útvarů povrchových vod s překročením NEK	Počet klasifikovaných útvarů povrchových vod
fluoranthen	27,5	287	450
benzo[a]pyren	19,3	202	202
benzo[ghi]perylene	17,6	184	451
benzo[b]fluoranthen	15,2	159	450
benzo[k]fluoranthen	7,1	74	450
nikl a jeho sloučeniny – rozpuštěný	6,0	63	607
rtuť a její sloučeniny – rozpuštěná	3,3	34	458
kadmium a jeho sloučeniny – rozpuštěné	3,0	31	595
bromovaný difenylether, PBDE	2,0	21	229
di(2-ethylhexyl)ftalát (DEHP)	1,5	16	209
olovo a jeho sloučeniny – rozpuštěné	1,1	12	608



Obr. 6. Chemický stav útvarů povrchových vod za období 2013–2015 v České republice
Fig. 6. Chemical status of the surface water bodies for the period 2013–2015 in the Czech Republic

Přehled hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod v České republice je mapově znázorněn na obr. 6.

V hodnoceném období 2013–2015 lze konstatovat, že 64 % útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ bylo v dobrém chemickém stavu a 36 % vykazovalo nedosažení dobrého stavu. V případě útvarů povrchových vod kategorie „jezero“ bylo v dobrém chemickém stavu 71 % a naopak 15 % nedosahovalo dobrého chemického stavu. V této souvislosti je však rovněž nutné zmínit, že důležitou úlohu v tomto hodnocení sehrává vlastní monitoring povrchových vod, který v případě parametrů pro hodnocení chemického stavu pokrýval celkově

jen cca 70 % reprezentativních profilů útvarů povrchových vod. Současně byl i rozsah sledovaných prioritních a prioritních nebezpečných látek v rámci České republiky velmi variabilní.

DOPORUČENÍ PRO OPTIMALIZACI PROCESU HODNOCENÍ STAVU POVRCHOVÝCH VOD

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., na základě zkušenosti ze zpracování hodnocení stavu útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a „jezero“ za období 2010–2012 a 2013–2015 navrhl ve spolupráci s ČHMÚ níže uvedená doporučení. Tato doporučení si kladou za cíl zefektivnit realizaci hodnocení stavu povrchových vod na národní úrovni za období 2016–2018 pro 3. plány povodí a umožnit jeho zpracování v optimálním časovém horizontu, který bude minimalizovat možné zpoždění vzhledem k požadavkům časového plánu a programu prací pro jejich přípravu a zpracování.

Seznam reprezentativních profilů pro hodnocení stavu povrchových vod

Před samotnou realizací hodnocení stavu povrchových vod pro 3. plány povodí je potřeba v dostatečném předstihu mít k dispozici finální seznam reprezentativních profilů pro hodnocení stavu útvarů povrchových vod kategorie „řeka“ a „jezero“, přičemž lze v obou případech jako základ využít seznamy uvedené v Rámcovém programu monitoringu. V případě vodních útvarů kategorie „řeka“ je nutné i doplnění typologických a abiotických charakteristik, jako jsou geologie, úmoří, řád toku, nadmožská výška reprezentativního profilu, sklonitost, délka toku od pramene, apod. Současně je rovněž nutné k definovaným profilům mít jejich jednoznačnou identifikaci. Za součást identifikace lze považovat nejen ID ale i název profilu, název vodního toku a souřadnice, pokud možno v souřadnicovém systému S-JTSK. Kvůli jednoznačnému určení výše uvedených typologických a abiotických charakteristik by bylo vhodné rovněž k těmto údajům přidat ID vodního toku podle Centrální evidence vodních toků jakožto oficiální databáze (alternativně podle Digitální báze vodohospodářských dat) a zejména číslo hydrologického pořadí podle oficiální datové vrstvy ČHMÚ, která je státním podnikům Povodí dostupná. Je nutné dále odstranit určité technické problémy, pokud jde o „jedinečné“ ID profilů, a to zejména vzhledem k tomu, že v současnosti neexistuje jednoznačná identifikace v rámci celé České republiky. Aby se identifikátory nemohly mezi jednotlivými státními podniky Povodí překrývat, předřazuje VÚV TGM před ID i kód státního podniku Povodí (přičemž se předpokládá, že ID profilu je v jejich databázích jedinečné). Zcela nepřipustné by mělo být nadále používání identifikátorů zrušených profilů pro profily nové, obzvláště pokud jsou lokalizovány ve zcela jiném vodním útvaru. Uvedené identifikační údaje by měly být v databázích státních podniků Povodí a IS ARROW vždy shodné. Jako velmi přínosné se jeví dohodnout způsob celostátně jednoznačné a všemi zainteresovanými subjekty používané identifikace profilů.

Je nutné vyřešit i problematiku jednotných ID u profilů ve vodních útvarech kategorie „jezero“, kde část parametrů je stanovována z integrálního vzorku z hloubky 3–4 m a část parametrů ze zonálních měření sondou. Pro hodnocení stavu vodních útvarů kategorie „jezero“ je vhodné používat jedno ID pro hodnocený profil podobně jako u útvarů povrchových vod kategorie „řeka“.

Rovněž je důležité do IS ARROW k reprezentativním profilům zavést informaci o příslušných vodních útvarech (ID + název), které daný profil hodnotí. Současně před samotným hodnocením by bylo vhodné mít přehled o rozsahu monitorovaných biologických složek v reprezentativních profilech v daném hodnoceném období.

Aktualizace metodických postupů hodnocení stavu povrchových vod

Před realizací hodnocení stavu povrchových vod pro 3. plány povodí je nutné mít metodicky dořešen přístup k hodnocení stavu v nemonitorovaných útvarech povrchových vod, a to v obou částech hodnocení – chemický stav i ekologický stav, resp. potenciál.

Podle požadavků Evropské komise zřejmě dojde ke změnám v postupu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných vodních útvarů (tj. i u „jezer“, které nyní probíhá mimo IS ARROW) – je otázka, jestli bude hodnocení součástí modulu biologického hodnocení. Revizí by měla rovněž projít i metodika na hodnocení ichtyofauny pro útvary kategorie „řeka“. Pokud k určitým změnám hodnocení biologických složek dojde, je pak nezbytné zajištění dodatečného naprogramování nových algoritmů do IS ARROW s náležitou odbornou garancí těchto postupů.

Je potřebné rovněž rozpracovat detaily plánovaného zahrnutí hodnocení hydromorfologie tekoucích i stojatých vod do hodnocení stavu.

Kontrola exportu dat z laboratoří státních podniků Povodí do IS ARROW

Před hodnocením stavu je účelné provést kontrolu kompletnosti dat a verifikaci datového souboru, který půjde do samotného výpočtu. To lze provádět již v průběhu tříletí průběžně, ale je nutné mít definitivní a kompletní datový soubor pro hodnocení stavu pro minimalizaci vzniku nadbytečných verzí výstupů hodnocení stavu. V této souvislosti navrhuje zavést pravidelnou zpětnou vazbu mezi laboratořemi státních podniků Povodí a ČHMÚ, jako správce databáze, která by ověřila požadovanou kompletnost exportovaných souborů. Kontrola by měla probíhat na úrovni zaslaných dat ze státních podniků Povodí na ČHMÚ po jejich vložení do IS ARROW. Doporučujeme, aby státní podniky Povodí měly zpětnou informaci s přehledem vložených vzorků a základní statistiku za každou dávku dat, kterou odešlou. Tyto vzorky by měly zkontrolovat a odsouhlasit, že jsou kompletní. S ohledem na výše uvedené by bylo dále vhodné zajistit, aby následný export dat z IS ARROW ke zpracovateli hodnocení stavu povrchových vod byl součástí samotného programu, což se týká především podkladových dat pro hodnocení prioritních a specifických znečišťujících látek, aby se minimalizovalo riziko neúplného exportu. V této souvislosti se nám zdá přínosné označit již přímo v IS ARROW relevantní látky pro hodnocení stavu.

Jinak platí, že veškerá data by i nadále měla jít cestou přes IS ARROW, aby se zamezilo poskytování dat v různých formátech a struktuře. Pokud by z nějakého důvodu nebylo možné zajistit kompletní data v IS ARROW, bylo by alternativou posílat data v jednotném povinném formátu XML a struktuře pro zaslání dat do IS ARROW přímo zpracovateli hodnocení.

Rovněž bude nutné zahrnout údaje z odběrového protokolu biologických složek do IS ARROW, zejména z důvodů jejich potřeby při výpočtu jednotlivých metrik pro vyhodnocení stavu.

Kontrola správnosti výpočetních algoritmů pro hodnocení biologických složek v IS ARROW

Je potřeba definovat přesné odpovědnosti jednotlivých institucí s ohledem na zajištění aktuálních a správných postupů a algoritmů použitých pro výpočet jednotlivých metrik pro všechny biologické složky. Vzhledem k dosavadním zkušenostem je nutné v pravidelných intervalech kontrolovat aktuálnost a správnost výpočetních postupů a jejich použitelnost na modelových testovacích vzorcích dat z monitoringu. Tím je myšleno mít kontinuálně zajištěno

odbornou garancí vývoje systému hodnocení stavu povrchových vod. Bez expertní znalosti algoritmů není možné dále hodnocení rozvíjet, resp. aktualizovat podle potřeb. Doporučujeme, aby odborným garantem tohoto vývoje byl VÚV TGM, který disponuje odbornými kapacitami a může tuto garanci vývoje a kontinuální kontroly dlouhodobě zajišťovat.

Kromě kontroly úplnosti dat je třeba také před samotnými výpočty provést i kontrolu správnosti dat, alespoň namátkově. Došlo například k případům, že v rámci IS ARROW chyběly některé monitoringem zjištěné taxony, protože jejich seznam byl poslán v kódování podle nového taxalistu, ačkoli se předpokládalo, že vše bude kódováno podle taxalistu starého, platného pro data do roku 2015.

Pro zpracování hodnocení pro 3. plány povodí je rovněž potřeba implementovat do IS ARROW navržené výpočetní postupy jednotlivých metrik pro hodnocení ekologického potenciálu biologických složek pro vodní útvary kategorie „jezero“ (fytoplankton, makrofyta a ryby). V současné době je hodnocení ekologického potenciálu této kategorie útvary povrchových vod zajišťováno externě Biologickým centrem Akademie věd České republiky, v. v. i., mimo IS ARROW.

ZÁVĚR

Ze získaných výsledků hodnocení stavu útvary povrchových vod v České republice za období 2013–2015 při aplikaci principu „one out – all out“ vyplývá, že v nevyhovujícím stavu je asi 91 % útvary kategorie „řeka“ a 82 % útvary kategorie „jezero“. Pro většinu útvary povrchových vod s nevyhovujícím stavem platí, že pro tento stav jsou určující výsledky hodnocení ekologického stavu/potenciálu. Určujícími složkami pro výsledky hodnocení ekologického stavu/

potenciálu byly biologické složky – makrozoobentos a fytoobentos, všeobecné fyzikálně-chemické složky ekologického stavu/potenciálu – celkový fosfor a formy dusíku a ze specifických znečišťujících látek parametry – AOX, metabolity alachloru a metolachloru, bisfenol A a fenanthren. V rámci hodnocení chemického stavu útvary povrchových vod je hlavní příčinou nedosažení dobrého stavu koncentrace prioritních a prioritních nebezpečných látek ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků. V této souvislosti je nutné rovněž upozornit na velmi nízké cílové limitní koncentrace – NEK právě pro tyto parametry [5].

Hodnocení stavu útvary povrchových vod bylo realizováno na základě naměřených výsledků monitorovacích programů v reprezentativních profilech (přímé hodnocení stavu) – každý útvar nebo skupina útvary má v podmínkách České republiky určen právě jeden reprezentativní profil, v několika případech je jedním reprezentativním profilem hodnoceno dva nebo více útvary povrchových vod kategorie „řeka“. Konkrétní podoba výstupů hodnocení chemického a ekologického stavu/potenciálu útvary povrchových vod vycházela z potřeb jednotlivých státních podniků Povodí. Výsledky řešení je možné případně použít i pro plnění reportingové povinnosti České republiky vůči Evropské unii.

Poděkování

Závěrem bychom velice rádi poděkovali jednotlivým státním podnikům Povodí za poskytnutá data a souhlas se zveřejněním výše uvedených souhrnných výsledků hodnocení stavu povrchových vod za období 2013–2015. Rovněž si dovoluujeme poděkovat odborným pracovníkům oddělení jakosti vod ČHMÚ v Praze a Brně za součinnost a ochotu spolupracovat při zpracování těchto výsledků.



Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod ve znění pozdějších předpisů.
- [4] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 16. prosince 2008 o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a o změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES.
- [5] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/39/EU ze dne 12. srpna 2013, kterou se mění směrnice 2000/60/ES a 2008/105/ES, pokud jde o prioritní látky v oblasti vodní politiky.
- [6] Směrnice Komise 2009/90/ES ze dne 31. července 2009, kterou se podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES stanoví technické specifikace chemické analýzy a monitorování stavu vod.
- [7] Vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládnání povodňových rizik ve znění pozdějších předpisů.
- [8] VYSKOČ, P., RICHTER, P., MIČANÍK, T. a FILIPPI, R. *Vyhodnocení jakosti povrchové vody z hlediska výskytu prioritních látek a požadavků směrnice 2008/105/ES*. VÚV TGM, v. v. i., MŽP, 2011.
- [9] ROSENDORF, P. a kol. *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [10] DURČÁK, M. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod – specifické znečišťující látky*. VÚV TGM, v. v. i., 2013.
- [11] MARVAN, P. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky fytozobentos*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [12] OPATŘILOVÁ, L. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky fytoplankton*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [13] KOČÍ, M. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrofyty*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [14] HORKÝ, P. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [15] OPATŘILOVÁ, L. a kol. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky makrozoobentos*. VÚV TGM, v. v. i., 2011.
- [16] NĚMEJCOVÁ, D. a kol. *Metodika hodnocení biologické složky bentičtí bezobratlí (makrozoobentos) pro velké nebroditelné řeky*. VÚV TGM, v. v. i., 2013.
- [17] OPATŘILOVÁ, L. a kol. *Metoda pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie řeka*. VÚV TGM, v. v. i., 2013.
- [18] BOROVEC, J. a kol. *Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero*. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., 2014.
- [19] DURČÁK, M. a kol. *Metodika hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod*. VÚV TGM, v. v. i., 2013.
- [20] DURČÁK, M. a kol. *Metodika hodnocení chemického a ekologického stavu útvarů povrchových vod kategorie řeka pro druhý cyklus plánů povodí v ČR*. VÚV TGM, v. v. i., 2014.

Autoři

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA¹

✉ petr.tusil@vuv.cz

Ing. Pavel Richter, Ph.D.²

✉ pavel.richter@vuv.cz

Ing. Petr Vyskoč²

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

RNDr. Renata Filippi²

✉ renata.filippi@vuv.cz

Ing. Martin Durčák¹

✉ martin.durcak@vuv.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Ostrava

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha

Príspevek prošel lektorským řízením.

THE ASSESSMENT OF THE STATUS OF SURFACE WATER BODIES IN THE CZECH REPUBLIC FOR THE PERIOD 2013–2015

TUSIL, P.¹; RICHTER, P.²; VYSKOC, P.²; FILIPPI, R.²; DURCAK, M.¹

¹TGM Water Research Institute, p. r. i., Ostrava Branch

²TGM Water Research Institute, p. r. i., Prague

Keywords: assessment of the surface water status – surface water body – representative monitoring site – ecological status – ecological potential – biological elements – chemical status – priority substances

This article aims to present to the general public the results of the assessment of the ecological status/potential and chemical status of surface water bodies categories “river” and “lake” for the period 2013 to 2015 in the Czech Republic. The assessment was carried out in 2017 by the Water Research Institute of T. G. Masaryk, p. r. i. There are also mentioned the procedures and methods used for water status assessment. At the end of the article, specific recommendations are made to ensure that the assessment of surface water status in 2019 will be optimized to the maximum possible extent and that this assessment of surface water status will be one of the essential bases for updating all levels of river basin management plans in 2021. The objective of this article is not a more detailed analysis of the contexts, causes and factors influencing the results of the present assessment of the status of surface water bodies as well as comparison with the results of the assessment of the status of surface water bodies in the first and second planning cycles.



Obr. 1. Snímkování erozní rýhy pomocí bezpilotního letadla
Fig. 1. Photographing of the erosion rill with unmanned aircraft

Stanovení odnosu půdy z rýhové eroze metodou digitální fotogrammetrie a metodou volumetrické kvantifikace

JANA UHROVÁ, RADEK BACHAN, PAVLA ŠTĚPÁNKOVÁ

Klíčová slova: digitální fotogrammetrie – volumetrická kvantifikace – rýhová eroze – digitální model terénu – bezpilotní letecké prostředky – odnos půdy

SOUHRN

Článek představuje dvě rozdílné metody měření rýhové eroze, která patří k častým důsledkům extrémních srážkových úhrnů. Na vybrané lokalitě, postižené výraznou rýhovou erozí, byly pomocí volumetrické kvantifikace a blízké fotogrammetrie zdokumentovány projevy eroze způsobené přívalovými srážkami. Volumetrická kvantifikace je metodou přímého měření terénu. Pomocí speciálního zařízení – erodoměru – jsou ve vybraných místech zaměřeny příčné profily průběhu terénu, na základě kterých je pak vypočítána celková hodnota rýhové eroze. Metody blízké fotogrammetrie jsou založeny na snímkování zájmové lokality pomocí bezpilotního letadla. Pořízené fotografie následně slouží k vytvoření digitálního modelu terénu (DMT), jeho analýzou je poté zjištěn objem erodovaného materiálu. Srovnání těchto postupů pak proběhlo s využitím příčných řezů terénem vyneseným fotogrammetrií v místech fyzického měření erodoměrem.

ÚVOD

Rýhová eroze patří v našich podmínkách k rozšířenému typu poškození půdy. Tento typ vodní výmolvové eroze ohrožuje zejména svažitě zemědělské pozemky. Míra ohrožení stoupá, pokud je povrch půdy bez vegetačního pokryvu, případně s výsadbou širokořádkových plodin (kukuřice, řepa, brambory apod.). Spouštěčem rýhové eroze bývá nejčastěji přívalový déšť. Srážky nejprve odtékají po povrchu, následně se soustřeďují do jednotlivých rýh a celá situace může vyústit v soustředěný odtok vody. Při tomto jevu dochází k odnosu nejmúrodnější části půdy a poškození daného zemědělského pozemku, případně i odnosu sadby.

Kvantifikace odnesené půdy slouží ke stanovení přímých škod způsobených na pozemku, kdy vlivem eroze dochází k odstraňování úrodné orniční vrstvy a tím ke snižování produkční schopnosti půdy. Zhoršují se její fyzikální, biologické ale i chemické vlastnosti půdy [1].

Měření eroze půdy je možné provádět pomocí volumetrické kvantifikace s využitím tzv. erodoměru – přístroje pro záznam průběhu povrchu půdy ve vybraném profilu. Toto zařízení bylo nejprve využito pro stanovení ztráty půdy, ke které došlo při těžbě dřeva [2]. Dále byl erodoměr používán v různých modifikacích. Například v hornatých oblastech Blaney a Warrington [3] pracovali s erodoměrem, který zaměřoval pouze deset bodů pro jeden příčný profil. V České republice začal erodoměr pro stanovení objemu odnesené půdy využívat tým v Ústavu vodního hospodářství krajiny Fakulty stavební VUT v Brně pod vedením profesora Dumbrovského [4, 5], kde stále probíhá vývoj přístroje i postupů zaznamenávání a vyhodnocení erozních odnosů půdy při rýhové erozi.

Nepřímou metodu stanovení objemu eroze představují bezpilotní letecké prostředky (UAV), které mohou být používány k dálkovému průzkumu Země (DPZ) a umožňují sledování objektů a zemského povrchu bez přímého fyzického kontaktu [6]. UAV v dnešní době umožňují přesné, rychlé a relativně levné podklady pro vyhodnocení eroze na zemědělských plochách. Díky metodám fotogrammetrie a SfM (Structure from Motion) je možné zpracovat sadu neuspořádaných a různě se překrývajících snímků a rekonstruovat tak trojrozměrné modely, ze kterých lze následně měřit parametry erozních rýh (hloubka, šířka, délka) a stanovit objem odnesené půdy či vytvářet 3D modely současného i původního terénu. Metodami SfM se podrobně ve své práci zabývá například Westoby a kol. [7].

UAV byly pro monitoring časových změn půdního povrchu a intenzity eroze půdy využity např. v letech 2012 a 2013 Eltnerovou a kol. [8]. Další studie od Pierzchala [9] využila snímkování pomocí bezpilotních letadel ke sledování objemu přemístěné zeminy při těžbě dřeva. V České republice se pak na výzkum erozního poškození půd pomocí metod DPZ zaměřuje ve své práci Vláčilová a Krása [10]. V současnosti se pak optimalizací monitoringu eroze zemědělské půdy a postupy kvantifikace erodovaného materiálu s využitím bezpilotních letadel zabývá například Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství ČVUT v Praze ve spolupráci s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v. v. i., a Českým hydrometeorologickým ústavem v projektu s názvem Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod.

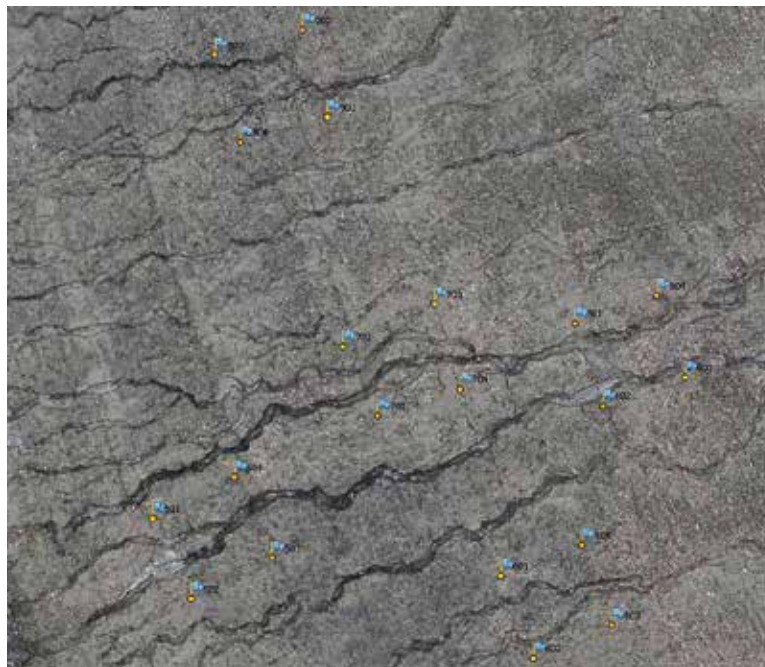
Brněnské pracoviště Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., provádí výzkum v oblasti možného stanovení míry odnosu erodovaného materiálu ze zemědělsky využívaných ploch pomocí metod digitální fotogrammetrie a volumetrické kvantifikace s následným porovnáním získaných výsledků. Tento příspěvek popisuje první výsledky záznamu rýhové eroze a jejího vyhodnocení pomocí výstupů dvou výše uvedených metod na vybrané pilotní lokalitě.

MATERIÁLY A METODY HODNOCENÍ

Metody digitální fotogrammetrie

K měření rýhové eroze pomocí bezpilotního letadla se využívá metody blízké fotogrammetrie. Vlastní postup se skládá ze snímkování povrchu terénu, následného zpracování pořízených snímků a vytvoření podrobného digitálního modelu terénu, ze kterého se provede výpočet objemu odnesené půdy [11].

Snímkovaná zájmová oblast musí být před vlastním vzletem bezpilotního letadla (obr. 1) vyznačena vlíčovými body (obr. 2), které je nezbytné přesně polohově zaměřit pomocí geodetických přístrojů. Naměřené souřadnice vlíčovacích bodů a jejich nadmořské výšky slouží k případné korekci nepřesností vlastních snímků a ke georeferencování vytvářeného modelu terénu. U pořízených snímků terénu je nezbytný překryv z 60–80 %. Jen tak je zabezpečeno bezproblémové spojení získaných fotografií, které usnadní další dílčí zpracování dat a zvýší přesnost konečného výsledku.



Obr. 2. Zájmová lokalita s vyznačenými vlíčovými body
Fig. 2. The location of interest with marked ground control points

Po práci v terénu následuje již vlastní zpracování snímků metodou SfM pomocí specializovaného softwaru (např. Agisoft PhotoScan Professional). Program je schopen identifikovat polohy, směry a náklony fotoaparátu umístěného na bezpilotním letadle [12]. Výstupem jsou data ve formátu ASCII nebo bodová vrstva s XYZ souřadnicemi, které je možné dále zpracovávat v prostředcích GIS. Zde lze zvolit ideální velikost rozlišení modelu, který se pro samotné zpracování může stát zásadním. Samotný výpočet objemu erozních rýh je pak založen na stanovení objemu prostoru mezi teoretickým původním terémem a terémem po odnosu půdy, který byl zaměřen bezpilotním letadlem a následně vymodelován. Podobnými postupy a využitím UAV při kvantifikaci objemů erodovaného materiálu se věnuje ve své publikaci Glendell a kol. [13].

Metoda přímé volumetrické kvantifikace

Volumetrická kvantifikace rýhové eroze na ploše pozemku představuje metodu přímého měření průběhu terénu. Pro jeho zaznamenání je využíván erodoměr – zařízení umožňující zaměření příčného profilu průběhu terénu. Použitý typ měřicího zařízení byl vyvinut v Ústavu vodního hospodářství krajiny Fakulty stavební VUT v Brně [4]. Při kvantifikaci rýhové eroze se záznam průběhu terénu provádí ve čtvercovém rámu o rozměru 2 × 2 m (obr. 3), v němž je vyneseno pět profilů v celé šířce čtvercového pole v pravidelných vzdálenostech (cca 0,33 m). Čtvercový rám s erodoměrem je umísťován na erozi zasažený svah. Povrch půdy vyznačují jehlice v celé šířce erodoměru (1 m), jejichž horní části po spuštění na terén kopírují průběh povrchu půdy. Ten je zdokumentován pomocí fotoaparátu a převeden do digitální podoby ve formě grafu, který dále slouží ke stanovení objemu erozních rýh [5].

Vyhodnocení erozního odnosu na pilotní lokalitě Šardice

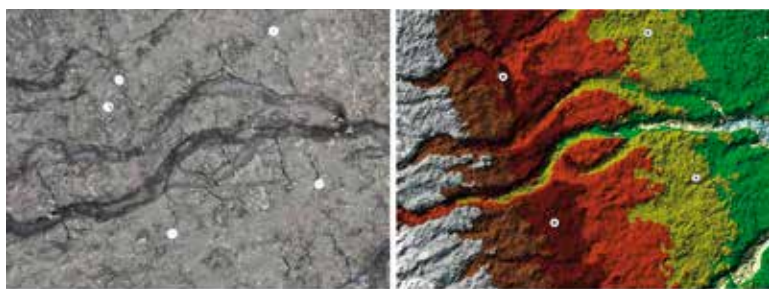
Katastr obce Šardice (okres Hodonín) byl v únoru 2017 postižen erozí z náhlého tání sněhu, kdy vznikly poměrně výrazné souběžné erozní rýhy. Lokalita se nacházela jižně od intravilánu obce nad Šardickým potokem s půdami o hlavní



Obr. 3. Záznam průběhu terénu pomocí erodoměru s využitím čtvercového pole
Fig. 3. Record the terrain course using the soil erosion bridge with the use of a square field

půdní jednotce (HPJ) 08, popsané jako černozemě modální a černozemě pelické, hnědozemě, luvizemě, popř. i kambizemě luvické, smyté. Následky eroze byly dokumentovány jak přímou metodou volumetrické kvantifikace (erodoměr), tak i s využitím blízké fotogrammetrie (UAV).

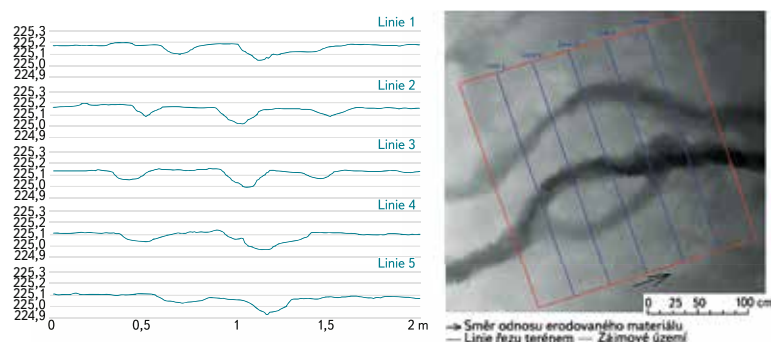
Nejprve bylo metodou přímého měření zaznamenáno 25 příčných profilů erozních rýh – v pěti čtvercích (2×2 m) rozmístěných tak, aby zachytily výrazné projevy rýhové eroze. Vlíčovacími body pro snímkování pomocí UAV byla jednak vymezena zájmová oblast, ale také i vrcholy jednotlivých měřících čtverců pro volumetrickou metodu (obr. 4). Na základě terénního průzkumu, velikosti snímaného území a požadované přesnosti výsledků byla pro pilotní lokalitu optimální výška letu stanovena na 10 m nad terénem. Z pořízených snímků byl vytvořen DMT povrchu půdy a v místech, kde probíhalo přímé měření pomocí erodoměru, byly vytvořeny příčné řezy DMT pro následné porovnání. V případě pilotní lokality byla velikost pixelu modelu DMT určena na velikost 1 cm, tato vzdálenost odpovídá rozlišení při metodě volumetrické kvantifikace.



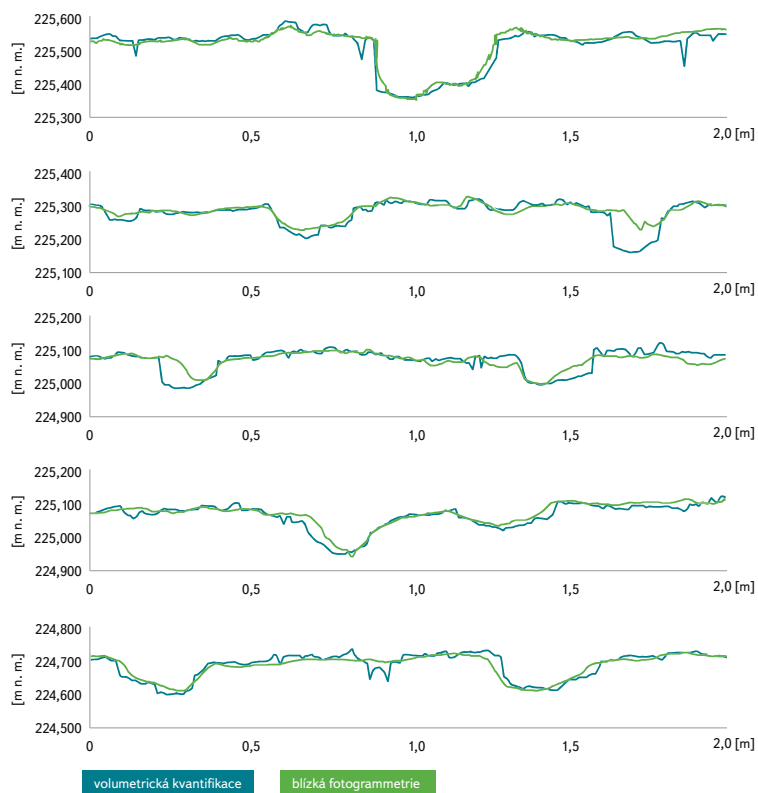
Obr. 4. Ortofoto snímek a DMT erozních rýh s vličovacími body pro jeden ze čtverců měřených erodoměrem
Fig. 4. Ortofoto image and DMT erosion rill with ground control points for one of the squares measured by a soil erosion bridge

VÝSLEDKY A DISKUSE

Základním výstupem volumetrické metody je záznam jednotlivých příčných profilů erozních rýh (obr. 5). Pro srovnání obou metod bylo nezbytné vynést z fotogrammetrických výstupů shodné příčné profily (umístění, rozsah). Srovnání výstupů získaných oběma metodami ukazuje dobrou shodu v průběhu těchto linií (obr. 6). Z jednotlivých příčných profilů je zřejmé, že výsledky získané metodou blízké fotogrammetrie shlazují do určité míry tvar terénu, a to především v případě kolmých stěn erozních zářezů.



Obr. 5. Příčné profily erozních rýh získané pomocí erodoměru
Fig. 5. Cross profile of erosion rills obtained by using a soil erosion bridge



Obr. 6. Srovnání příčných profilů erozních rýh získaných pomocí volumetrické kvantifikace (erodoměr) a bezpilotního letadla (blízká fotogrammetrie)
Fig. 6. Comparison of transverse profiles of erosion rills obtained by volumetric quantification (soil erosion bridge) and unmanned aircraft (close-up photogrammetry)

Dosavadní zkušenosti uváděné v literatuře předpokládaly, že odhad objemu erodovaného materiálu měřeného přímou metodou pomocí erodoměru bude až dvojnásobný ve srovnání s postupy blízké fotogrammetrie (bezpilotní letadlo) [10]. První srovnání výstupů z pilotní lokality v Šardicích tyto předpoklady nepotvrzují, průběh příčných profilů ve čtyřech z pěti měřených čtverců vykazuje dobrou shodu. K vyneseným řezům byl pro prvotní stanovení odnosu ze čtverců při hodnocení volumetrické kvantifikace vynesen řez z digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace [14]. Následný odnos ze čtverce byl stanoven rozdílem ploch v profilech přepočtených na plochu. Odhad objemu erodovaného materiálu při blízké fotogrammetrii byl stanoven přímo pro plochu každého čtverce, jako rozdíl dvou DMT. První výpočty odnosu uvádí *tabulka 1*. Z tabulky vyplývají u 4 z 5 čtverců minimální rozdíly při srovnání výsledků stanoveného odnosu půdy. Významnost shody obou metod bude následně

Tabulka 1. Hodnoty průměrné ztráty půdy z profilů vnesených terénem v absolutních hodnotách v m³ pro jednotlivé čtverce
Table 1. Average soil loss values from terrain profiles in absolute values in m³

	čtverec A	čtverec B	čtverec C	čtverec D	čtverec E
blízká fotogrammetrie	0,1239	0,0522	0,1312	0,1579	0,1393
volumetrická kvantifikace	0,1589	0,1261	0,1784	0,1403	0,1406

stanovena obvyklými statistickými metodami a další kroky výzkumu povedou k hledání postupů ke zpřesnění vyčíslení objemu odneseného materiálu oběma metodami.

První srovnání výstupů obou metodik tak ukazuje, že postupy založené na leteckém snímkování mohou být považovány za rovnocenné přímým metodám. Pro jejich širší uplatnění hovoří také, že poskytují spojitý obraz erozní rýhy v celém jejím průběhu. Je třeba mít na paměti shlazování kolmých stěn erozních zářezů při tvorbě digitálního modelu terénu z orotofoto snímků. Nicméně i metoda volumetrické kvantifikace má svá omezení, kdy může docházet ke zkreslení reálných hodnot při zaznamenávání průběhu terénu pomocí fotoaparátu a jeho následnou interpretaci. Navíc její pracnost a časová náročnost omezuje počet prováděných měření. Podrobné srovnání pozitiv a negativ obou metod je uvedeno v tabulce 2. Další práce v této oblasti budou zaměřeny na možnosti stanovení celkového objemu erodované půdy. Pro obě metody je třeba vyřešit stanovení základní roviny povrchu výchozího terénu před erozní událostí, a to jak její celkový průběh, tak také její vertikální umístění v získaných řezech terénu s projevem eroze.

Tabulka 2. Srovnání výhod a nevýhod jednotlivých stanovení
Table 2. Comparison of advantages and disadvantages of individual determinations

Volumetrická kvantifikace		Digitální fotogrammetrie	
+	-	+	-
Velmi přesný záznam příčného profilu erozní rýhy	Nezbytné technické vybavení s náročnou manipulací	Za relativně krátkou dobu je možné zaznamenat průběh eroze na velké ploše	Nezbytné finančně náročné technické vybavení a potřeba proškoleného pilota
	Průměrování hodnot objemu eroze na základě několika příčných profilů pro celou délku erozní rýhy	Možnost relativně přesného zpracování velkých oblastí postižených erozí	Shlazování kolmých hran erozních rýh
	S rostoucím prostorovým rozsahem eroze klesá přesnost vyhodnocení (průměrování hodnot)	Výstupy ve formě spojitě informace	Větší závislost na povětrnostních podmínkách (nelze při dešti a silnějším větru)

V současné době jsou za účelem stanovení průběhu původního terénu ověřovány možnosti využití digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace [14], a to jak v jednotlivých příčných profilech, tak i na celkové ploše pozemku. Další možností, jak stanovit průběh původního povrchu terénu, je zaměření pozemku po zapravení erozních projevů zemědělskou technikou pomocí digitální fotogrammetrie.

ZÁVĚR

Erozní procesy mají za následek odstraňování úrodné orní vrstvy a tím i snižování produkční schopnosti půdy. Stanovení objemu odneseného materiálu představuje jednu z možností vyčíslení přímých škod způsobených na pozemku. Pro stanovení objemu odnesené půdy je možné využít jak přímou volumetrickou metodu pomocí erodoměru, tak také i metody blízké fotogrammetrie pomocí bezpilotního letadla (UAV).

Na pilotní lokalitě v katastrálním území obce Šardice (okres Hodonín) byly pomocí obou uvedených metod zaznamenány projevy eroze z tání sněhu v roce 2017. Hlavním cílem bylo posouzení přesnosti výstupů získaných metodou blízké fotogrammetrie ve srovnání s výstupy z měření erodoměrem. Srovnání prvních výsledků ukázalo, že metody blízké fotogrammetrie poskytují srovnatelné výstupy (průběh příčných profilů terénu) jako záznam erodoměrem. V dalších krocích budou hledány postupy pro zpřesnění stanovení objemu odneseného materiálu pomocí obou metod. Pokud by se prokázalo, že metody blízké fotogrammetrie poskytují dostatečně spolehlivé a přesné výsledky, umožnilo by to širší využití těchto postupů. Jedná se o efektivní, flexibilní, ekonomický i ekologický způsob sběru dat s vysokou přesností. Určitou nevýhodou bezpilotních letadel je v současné době slabá výdrž baterií a s tím spojený omezený dolet stroje a také značná závislost na vhodných povětrnostních podmínkách pro provoz UAV.

Kombinace metod blízké fotogrammetrie a volumetrické kvantifikace tak jak jsou prezentovány, může přispět k lepšímu poznání míry poškození zemědělské půdy erozními jevy. Bezkontaktní postupy navíc umožní získání spojitě informace o následcích eroze na velkých plochách v relativně krátkém čase.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_023/0000118 Voda pro Prahu řešeného v rámci operačního programu Praha – Pól růstu ČR.

Literatura

- [1] DUMBROVSKÝ, M. *Vliv eroze na produkční schopnost půd a půdní vlastnosti*. Disertační práce. Praha: VÚMOP, 1992.
- [2] RANGER, G.E. and FRANK, F.F. *The 3-F erosion bridge – A new tool for measuring soil erosion*. Publication No. 23. Department of Forestry, California, 1978, 7 p.
- [3] BLANEY, D.G. and WARRINGTON, G.E. *Estimating soil erosion using an erosion bridge*. Colorado, 1983. WSDG-TP-00008. WSDG Report. USDA Forest Services.
- [4] DUMBROVSKÝ, M., SOBOTKOVÁ, V., PAVLÍK, F. a UHROVÁ, J. Objemová kvantifikace erozních rýh v povodí Šardického potoka. *Littera Scripta*, 2011, roč. 4, č. 1, s. 145–154. ISSN 1802-503X.
- [5] SOBOTKOVÁ, V. *Volumetrická kvantifikace projevů vodní eroze a jejich vliv na komplex vybraných půdních charakteristik*. Dizertační práce. Brno, 2012. 121 s.
- [6] ŽIŽALA, D., KRÁSA, J. a kol. *Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., 2016. ISBN 978-80-87361-63-4.
- [7] WESTOBY, M.J. et al. "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 2012. vol. 179, p. 300–314.
- [8] ELTNER, A. et al. Multi-temporal UAV data for automatic measurement of rill and interrill erosion on loess soil. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2014. doi: 10.1002/esp.3673.

[9] PIERZCHALA, M. et al. Estimating Soil Displacement from Timber Extraction Trails in Steep Terrain: Application of an Unmanned Aircraft for 3D Modelling. *Forests*, 2014, vol. 5, p. 1212–1223.

[10] VLÁČILOVÁ, M. a KRÁSA, J. Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ. *Voda a krajina*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2013, s. 311–319. ISBN 978-80-01-05318-8.

[11] PAVELKA, K. Fotogrammetrie. Plzeň: Západočeská univerzita, 2003. ISBN 80-7082-972-9.

[12] AGISOFT. About. [online]. [citováno 2018-09-12]. Dostupné z: <http://www.agisoft.com/>

[13] GLENDELL, M. et al. Testing the utility of structure from motion photogrammetry reconstructions using small unmanned aerial vehicles and ground photography to estimate the extent of upland soil erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2017

[14] ČÚZK. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) [online]. 2010. [citováno 2018-09-14]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ov0bod53pfziiljecfc3t3i\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302](http://geoportal.cuzk.cz/(S(ov0bod53pfziiljecfc3t3i))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302)

Autoři

Ing. Jana Uhrová, Ph.D.

✉ jana.uhrova@vuv.cz

Mgr. Radek Bachan

✉ radek.bachan@vuv.cz

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

✉ pavla.stepankova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DETERMINATION OF SOIL LOSS FROM EROSION RILLS BY METHOD OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRY AND METHOD OF VOLUMETRIC QUANTIFICATION

UHROVA, J.; BACHAN, R.; STEPANKOVA, P.

TGM Water Research Institute, p. r. i., Brno Branch

Keywords: close-up photogrammetry — method of volume quantification — rill erosion — digital terrain model — unmanned aerial vehicles — soil loss

This article presents the first results of the research focused on the recording of rill erosion, and its evaluation using the outputs of the two methods that can be used to determine the soil yield. The consequences of erosion have been documented on a selected pilot site, both as a direct method of volume quantification (using a profile meter – so called soil erosion bridge) and with the use of unmanned aircraft in close-up photogrammetry (UAV). Volumetric quantification of rill erosion on land is a direct field measurement method which was recorded with an soil erosion bridge – a device that allows the direct measurement of the cross section of the terrain. By direct measurement, 25 transverse erosion engraving profiles of 2 m were recorded, which exhibited significant signs of escape erosion. The site of interest was also captured using UAV. A digital terrain model (DMT) was created from the captured images, and DMT cross-sections for subsequent comparison were created at points where direct erodometric measurements were taken. It has been shown that methods such as soil erosion bridge readings and photogrammetry are highly effective in the measurement and analysis of rill erosion. They are efficient, flexible, economical and environmentally friendly methods for collecting data with great precision.



Kvalita prostředí vodních prvků památkově chráněných areálů

MILOŠ ROZKOŠNÝ, MIRIAM DZURÁKOVÁ, HANA HUDCOVÁ, HANA MLEJNKOVÁ, ALŽBĚTA PETRÁNOVÁ, PAVEL SEDLÁČEK

Klíčová slova: kulturní památky – historické zahrady – vodní prvky – rybníky – kvalita vody

SOUHRN

Vodní prvky představují významnou součást prostředí kulturních památek, památkových zón a rezervací. K naplnění požadovaných funkcí, které mohou zahrnovat sociální, historické, rekreační a vzdělávací, ale také environmentální funkce, je nutné zajistit jejich odpovídající cílový stav. Tento stav zahrnuje strukturně-technický stav a kvalitativní stav. Článek uvádí výsledky dotazníkového vyhodnocení ohrožení negativních změn vodních prvků. Představuje také výsledky kontaminace vybraných typických vodních prvků a jejich systémů fosforem a změny trofického potenciálu vody v průběhu roku 2017. Tento článek přináší informace o možných řešeních pro zlepšení kvality prostředí vodních prvků založených na přírodních metodách (biologické bakteriálně-enzymatické přípravky, plovoucí ostrovy s okrasnou mokřadní vegetací, mokřadní rostliny s plovoucími listy, změny v rybích obsádkách atd.).

ÚVOD

Historické zahrady a parky od renesance až do poloviny 20. století zahrnují různé zahradní typy a umělecké pojetí volného prostoru v jejich rámci. Skládají se z konstrukčních a vegetačních prvků a jsou součástí krajiny, uměle a umělecky navržené či upravené člověkem [1, 2]. Konstrukční prvky zahrnují i všechny vodní prvky, jenž se dělí na prvky formální (např. vodní plochy prizmatických tvarů, umělé kanály, fontány, kašny a jiné – více viz [3]) a neformální (např. malé vodní plochy přírodního charakteru, části koryt vodních toků apod.). Pohled na historické zahrady se výrazně změnil v průběhu 20. století. Až do společenského zřízení ochrany přírody v 70. letech bylo stanovení památkové kvality historických zahrad a parků v závislosti na jejich umělecké hodnotě. Myšlenka ochrany přírody posunula náhled na parky a zahrady či přírodní scenérie s jejich biotopy stejně vysoko jako umělecké kvality. Dnes jsou historické zahrady a parky vnímány v jejich komplexitě. V mnoha konkrétních případech spory mezi ochranou přírody a zachováním historického stavu zahrady se změnil na přístup umožňující sladění obou pohledů [2]. K tomu v případě vodních prvků rybníčního typu vstupuje potřeba sladit produkční hospodaření na nich s potřebným ekonomickým přínosem, s památkově ochrannými či i přírodně ochrannými požadavky, navíc v kombinaci se zachováním podmínek pro rekreační a turistické užití (např. památkově chráněné komplexy v Lednici, Kroměříži, Českém Krumlově apod.). Sladění těchto požadavků si kladou za cíl i projekty zaměřené na rekonstrukce, revitalizace a případně i obnovu historických zahrad a památkově chráněných areálů, včetně vodních prvků [4]. Přístupy k revitalizaci a obnově historických zahrad po skončení období totalit v Polsku uvádí Wener [5].

Z hlediska ohrožení vodních prvků lze identifikovat převážně ohrožení kvality jejich vodního prostředí (přísun znečištění z bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění), ohrožení prostorových charakteristik (zazemňováním, ucpáváním, vysycháním atd.) a ohrožení kvality doprovodné vegetace (rozšiřování invazivních druhů, ohrožení suchem, záplavami, změnami hladiny podzemní vody, škůdci a nemocemi atd.). Kontaminaci objektů netěsnými kanalizacemi a odpadovými jímkami popisuje jako jeden z problémů zejména při výskytu povodní Krčmář [6]. Významnou roli v ohrožení kvality rybníčních vodních prvků hraje eutrofizace vod [7, 8]. Velkým problémem je také ukládání splavenin a následné zarůstání ploch s nízkým vodním sloupcem vegetací, což může být problémem i u vodních prvků památek, které jsou napojeny na povrchové vody s nedostatečnou kvalitou, přinášející erozní smyvy [9]. Údržba a monitoring stavu památek, včetně zahrad a parků a vodních prvků, bude hrát podle [10] významnou roli v souvislosti se změnou klimatu a výskytem extrémní počasí.

CÍLE VÝZKUMU

Cílem výzkumu bylo provést prověření a hodnocení stavu vodních prvků (fontán, kašen, bazénů, nádrží, rybníků apod.) památkově chráněných objektů a území a kvality jejich vodního prostředí, se zaměřením na všechny typy památkových rezervací, národní kulturní památky a lokality světového kulturního dědictví. Nejprve bylo třeba zvolit vhodné postupy, mezi něž patřilo využití dotazníkového šetření, detailního průzkumu vodního prostředí vybraných lokalit a analýz vzorků vod a sedimentů, se zahrnutím rozboru vybraných biologických složek (fytoplankton, zooplankton, vegetace) a posouzení složení rybích obsádek. Výsledkem výzkumu by měla být doporučení a návrhy opatření k udržení či zlepšení kvality, včetně úprav rybích obsádek.

METODICKÉ POSTUPY A PILOTNÍ LOKALITY

Úvodní fáze výzkumu zahrnovala provedení dotazníkového šetření zaměřeného na posouzení ohrožení lokalit národních kulturních památek a památkových rezervací (městských, vesnických, archeologických) vybranými antropogenními vlivy (povodně, sesuvy, eroze, atmosférické spady, znečištění, ohrožení průmyslovou činností atd.) provedené pracovníky VÚV TGM, v. v. i., a NPÚ, v. v. i., [11] postupně v jednotlivých krajích ČR v letech 2012 až 2015. V případě vodních prvků měla být hodnocena vybraná rizika ohrožení jejich stavu z hlediska změn jakostních charakteristik vodního prostředí a na vodu vázaných biotopů, výskytu invazivních druhů, změn jejich diverzity, z hlediska zajištění potřebného



Obr. 1. Výzkumné lokality a jejich zařazení do kategorií památek
Fig. 1. Surveyed localities and their rank by culture heritage site categories

množství vody, zazemnění, zanesení sedimenty, zarůstání, která mohou mít významný dopad na stav a kulturní hodnotu památek a památkově chráněných území. Dotazník zahrnoval otázky týkající se: pozorování kvalitativních změn vodního prostředí, výskytu projevů eutrofizace, výskytu nežádoucí vegetace, zarůstání, stavu sedimentů, stavu znečištění vody, vnosu a charakteru znečištění, zajištění požadovaného množství vody, ohrožení nadměrným množstvím vody, pozorování projevů sucha, konstrukčního stavu apod.

Následně byla použita část metodiky [12] hodnocení ohrožení stavu vodních prvků průzkumem kvality vodního prostředí (voda, sedimenty, bioseston, rybí obsádka). Nejprve se jednalo o podrobné šetření pro všechny památkově chráněné objekty a území zařazené do světového kulturního dědictví „SKD“, tzv. „památky UNESCO“. Následně bylo šetření na místě provedeno pro lokality vytipované dotazníkovým šetřením, a to v roce 2016, v období s předpokládaným nejméně příznivým

stavem v jakosti vod během roku (přelom jara/léta až konec léta). Od roku 2017 je prováděn dvouletý detailní monitoring ušší skupiny lokalit (obr. 1). Poslední fázi výzkumu, která není ještě dokončena a není zařazena do článku, je zobecnění poznatků a zpracování doporučení pro praxi v oboru péče o kulturní dědictví.

Popis sledovaných vodních prvků lokalit na obr. 1:

- průtočné rybníky bez produkčního chovu ryb – Břevnov, Červené Poříčí, Český Krumlov, Halašovice, Ploskovic, Vesec, Krátká, Rájec nad Svitavou (2 rybníčky), Kroměříž-Podzámecká zahrada (1 rybník), Lednice;
- průtočné rybníky s produkčním chovem ryb – Osek (1 rybník), Kroměříž-Podzámecká zahrada (2 rybníky), Holesov;
- větší bazény a nádrže s okrasnými rybami – Osek (3 nádrže), Ratibořice, Litomyšl, Rájec nad Svitavou (2 nádrže), Kroměříž-Květná zahrada;
- kašny, fontány a malé nádrže – Libochovice, Zákupy, Nové Město nad Metují;
- vodní příkop – Švihov.

V terénu byly přístroji Hach-Lange HQ40d 1x měsíčně měřeny: teplota vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku, nasycení kyslíkem, elektrická konduktivita vody a pH, a to pod hladinou a u dna. Průhlednost byla měřena Secchiho deskou. Odebrané vzorky vod byly analyzovány v akreditovaných laboratořích VÚV TGM na obsah nerozpuštěných a organických látek, jednotlivé formy dusíku a fosforu, chlorofyl, trofický potenciál [13] atd.

Mezi hlavní posuzované skupiny ukazatelů kvality vodního prostředí patří posouzení teplotního a kyslíkového režimu během roku, jenž odráží i vliv primární produkce reagující na zatížení nutrienty, a na druhou stranu vytvářející podmínky pro život zoocenózy, zejména ryb, které jsou v případě vodních prvků památkově chráněných areálů i součástí estetického působení těchto prvků, anebo součástí produkčně-ekonomického využití. Dále se jednalo o posouzení mikrobiální kontaminace, zatížení nutrienty a odezva v primární produkci (analýza chlorofylu a, množství a složení fytoplanktonu).

Tabulka 1. Podíl ohrožených lokalit z pohledu vodních prvků na celkovém počtu sledovaných památkově chráněných lokalit dané kategorie
Table 1. Ratio of threatened localities of the surveyed and assessed cultural heritage localities of given categories from the water elements point of view

Kategorie památkově chráněných lokalit	Celkový počet sledovaných lokalit	Podíl lokalit kategorie na celkovém počtu sledovaných lokalit všech kategorií (%)	Počet ohrožených lokalit	Procentní podíl (%)	Počet lokalit s vodním prvkem typu malá nádrž/rybník	Počet ohrožených lokalit s vodním prvkem typu malá nádrž/rybník	Procentní podíl (%)
SKD	12	3	7	58	7	5	71
NKP	253	67	39	15	29	20	69
VPR	61	16	18	30	32	18	56
MPR	40	11	9	23	10	3	30
APR	8	2	0	0	0	0	0
OPR	2	1	0	0	0	0	0
Celkem	376	100	73		78	46	

Legenda: SKD – památka světového kulturního dědictví, NKP – národní kulturní památka, VPR – vesnická památková rezervace, MPR – městská památková rezervace, APR – archeologická památková rezervace, OPR – ostatní památkové rezervace

VÝSLEDKY

Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření mělo přispět k základnímu rozdělení objektů a území do kategorií „neohrožené“ a „ohrožené“ ve smyslu působení antropogenních vlivů na památky, v naší části výzkumu [11], na vodní prvky.

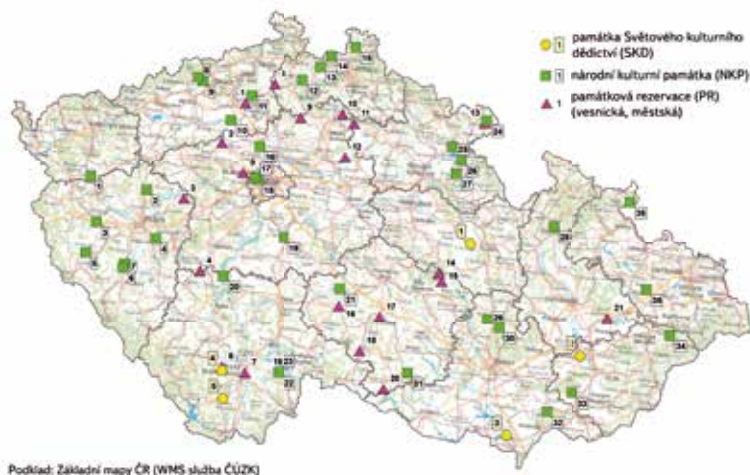
Z šetření vyplynulo, že více než polovina památek zařazených mezi památky světového kulturního dědictví (UNESCO) má vodní prvky ohrožené působením antropogenních vlivů (*tabulka 1*), což je dáno i tím, že se jedná o areály s historickými zahradami majícími řadu vodních prvků typu nádrží a rybníků (Český Krumlov, Holašovice, Lednice, Litomyšl, Kroměříž, Průhonice, Telč), konkrétně 7 ze 12 lokalit (příčemž zde uvádíme Průhonice jako zástupnou lokalitu za Prahu (SKD je vymezena jako historické jádro Prahy + Průhonický areál). Také byl zjištěn významný podíl ohrožených lokalit mezi souborem vesnických památkových rezervací (VPR), a to 30 %. Důvodem je většinou nadměrná eutrofizace vod (spojená se zvýšením zákalu vody, rozvojem fytoplanktonu anebo zarůstání plovcími vodními rostlinami, výskytem sinic, změnou vlastností vody až s tvorbou zápachu) návesních rybníčků, nádrží a rybníků v důsledku vnosu splaškových vod či erozních smyvů ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků v povodí. Jeden nebo více vodních prvků typu nádrže, nebo rybník, má v rámci vymezené památkově chráněné zóny 32 z 61 zkoumaných VPR. Z těchto 32 lokalit bylo 18 (56 %) zařazeno mezi ohrožené.

Dokumentace ohrožení byla orientačně rozčleněna do okruhů spojených s i) zhoršením konstrukčního stavu, kam bylo zařazeno i ohrožení povodněmi a projevy eroze, ii) vnosem znečištění, iii) projevy eutrofizace a znečištění, iv) zanášením splaveninami a zamedňováním sedimenty, v) zarůstáním vegetací, vi) poškození nálety vegetace a vii) ohrožení kvality prostředí výskytem invazních druhů (ryb anebo rostlin).

Roztřídění odpovědí z dotazníků ukazuje, že v kategorii „SKD“ je 5 lokalit ohroženo znečištěním, 3 projevy eutrofizace, 3 výskytem invazních druhů, 2 nadměrným množstvím sedimentů a jedna navíc i zarůstáním a poškození konstrukcí. V kategorii „NKP“ je nejvíce lokalit ohroženo znečištěním (28) a možnou změnou funkčnosti konstrukce (25), v tomto případě se jedná zejména o ohrožení poškození povodněmi a erozními jevy. U 15 lokalit je jejich prostředí ohroženo negativními projevy eutrofizace, v 19 případech je prostředí ohroženo nadměrným množstvím sedimentů. Osm lokalit je ohroženo zarůstáním, 11 výskytem invazních druhů a 11 nálety. V kategoriích památkových rezervací jsou ze sledovaných městských rezervací „MPR“ pouze 4 ohroženy projevy eutrofizace a 4 nálety vegetace. Vodní prvky sledovaných vesnických rezervací „VPR“ ohrožuje znečištění vod, ať už je to znečištění přinášené přítoky, které zahrnuje zejména vnos odpadních vod, ale také erozních smyvů ze zemědělských ploch, anebo znečištění v důsledku uvolňování živin z nadměrného množství deponovaných sedimentů. Jedná se o 15 lokalit z 18, které byly označeny jako „ohrožené“. U 4 lokalit navíc dochází k zarůstání vodních prvků, což je spojené opět s velkým množstvím sedimentů.

Analýzou odpovědí dotazníkového šetření bylo vytipováno zhruba sedmadesát lokalit (*obr. 2*) s ohrožením stavu, anebo kvality prostředí vodních prvků.

Na výsledky dotazníkového šetření a zařazení lokalit do dvou skupin „neohrožené“ a „ohrožené“, navázal v letech 2015 a 2016 orientační průzkum na místě. V rámci tohoto průzkumu byl vždy prověřen stav konstrukce vodních prvků, zásobení vodou a další otázky obsažené v dotaznících, a to i s využitím diskuse s pracovníky správy daných památek, nebo území. Také byly z jednotlivých vodních prvků odebrány orientační jednorázové vzorky vody a sedimentů, v nichž byly sledovány výše uvedené parametry, látky a rizikové prvky. Výsledky byly posuzovány s využitím limitní hodnoty koncentrací, uvedených v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Bylo snahou vzorky odebrat v jednom charakteristickém období, konkrétně v letním období, kdy bylo pravděpodobné, že bude zachycen nejméně příznivý kvalitativní stav.



Podklad: Základní mapy ČR (WMS služba ČÚZK)

Obr. 2. Hodnocené památkově chráněné zóny a objekty
Fig. 2. Cultural protected zones and localities assessed by the questionnaire

Vysvětlivky:

Památky SKD: 1 – Litomyšl, zámek; 2 – Kroměříž, zahrady a zámek; 3 – Lednice, zámek; 4 – Holašovice, VPR; 5 – Český Krumlov, historické jádro
NKP: 1 – Klášter premonstrátů Teplá; 2 – Klášter Plasy; 3 – Klášter Kladruby; 4 – Zámek Kozel; 5 – Zámek Horšovský Týn; 6 – Hrad Švihov; 7 – Zámek Červené Poříčí; 8 – Klášter v Oseku; 9 – Zámek Duchcov; 10 – Zámek Libochovice; 11 – Zámek Ploskovic; 12 – Zámek Zákupy; 13 – Zámek Lemberk; 14 – Hrad Grabštejn; 15 – Zámek Frýdlant; 16 – Zámek Veltrusy; 17 – Hradiště Šárka; 18 – Břevnovský klášter; 19 – Zámek Konopiště; 20 – Zámek Orlík; 21 – Klášter premonstrátů v Želivě; 22 – Rožmberská rybníční soustava; 23 – Zámek Třeboň; 24 – Klášter v Broumově; 25 – Zámek v Ratibořicích; 26 – Zámek Nové Město nad Metují; 27 – Zámek Opočno; 28 – Zámek Velké Losiny; 29 – Zámek Lysice; 30 – Zámek Rájec nad Svitavou; 31 – Zámek Jaroměřice nad Rokytnou; 32 – Zámek Milotice; 33 – Zámek Buchlovice; 34 – Valašské muzeum v přírodě; 35 – KP Zámek Slezské Rudoltice; 36 – Bratrský sbor ve Fulneku
PR: 1 – MPR Terezín; 2 – VPR Třebíz; 3 – VPR Ostrovec; 4 – VPR Drahenice; 5 – VPR Dobrovíz; 6 – VPR Záboří; 7 – MPR České Budějovice; 8 – VPR Janovice; 9 – VPR Nosálov; 10 – VPR Mužský; 11 – VPR Vesec; 12 – VPR Bošín; 13 – VPR Křínice; 14 – VPR Křižánky; 15 – VPR Krátká; 16 – MPR Pelhřimov; 17 – MPR Jihlava; 18 – MPR Telč; 19 – MPR Třeboň; 20 – VPR Dešov; 21 – MPR Lipník nad Bečvou

U vzorků vod byly následně z rozborů zjištěny jako problematické parametry: rtuť, celkový fosfor, amoniakální dusík a parametry související s rozvojem fytoplanktonu a samočisticími procesy eliminujícími znečištění (nerozpuštěné látky, TOC, pokles koncentrace rozpuštěného kyslíku a nárůst pH vody). U rtuti byly zjištěny významné koncentrace (mezi 0,3 a 0,9 mg/l) u lokalit v blízkosti hnědouhelných lomů v severních Čechách (Duchcov, Osek) a u tří VPR, kde nebyl možný původ identifikován. Výskyt nadlimitních koncentrací amoniakálního dusíku (nad 0,23 mg/l) a celkového fosforu (nad 0,15 mg/l) spolu často koreloval. Zvýšené koncentrace obou látek byly zjišťovány u lokalit ovlivňovaných vnosem nečištěných komunálních vod. Koncentrace celkového fosforu byly nadlimitní i u mnoha dalších lokalit, konkrétně u 54 vzorků ze 105 analyzovaných.

Analýza sedimentů ukázala, že u 12 vzorků z 38 bylo zjištěno překročení limitní hodnoty některého ze sledovaných těžkých kovů. Jednalo se zejména o limity pro kadmium, arsen a zinek. U arsenu a kadmia to byly lokality v severních a severovýchodních Čechách (Duchcov, Frýdlant, Osek). V jednotlivých případech se dále jednalo o dosažení limitní hodnoty olova a překročení limitní hodnoty mědi (110 mg/kg oproti limitu 100 mg/kg) a kobaltu (zde pouze o 1 mg/kg nad limit 30 mg/kg).

Tabulka 2. Hodnocení ohrožení vodních prvků vybraných lokalit památek světového kulturního dědictví (UNESCO) podle metodiky [12]

Table 2. Threat assessment (by the guidance [12]) of the water elements of the selected localities belonging to the UNESCO World Cultural Heritage

Místo	Památková lokalita	Technický a provozní stav vodních prvků	Kvalita prostředí vodních prvků	Kvalita habitatů vodních prvků
Brno	vila Tugendhat	1	1	0
Český Krumlov	zámecký park	1	1	2
Holašovice	centrum obce	1	2	2
Kutná Hora	centrum města	2	2	0
Kroměříž	Květná zahrada	1	1	1
	Podzámecká zahrada	3	2	3
Lednicko-valtický areál	zámek Lednice	1	3	2
	zámek Valtice	1	1	0
	další lokality v území (*)	2	3	3
Litomyšl	zámecký park	1	2	1
Průhonice	zámecký park	1	3	3
Telč	centrum města	2	2	1

V případě mikrobiálního znečištění bylo ze 40 vzorků již zpracované sady: 18 vzorků s obsahem termotolerantních koliformních bakterií a enterokoků méně než 50 KTJ na gram; 10 vzorků s obsahem termotolerantních koliformních bakterií méně než 1000 KTJ/g a enterokoků méně než 50 KTJ/g; 6 vzorků s obsahem obou typů bakterií méně než 1000 KTJ/g a 4 vzorky nevyhověly. Zbývající dva vzorky obsahovaly méně než 50 KTJ/g termotolerantních koliformních bakterií, ale více než 50 KTJ/g enterokoků (obě hodnoty však byly do 100 KTJ/g). Podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. musí pro indikátorové mikroorganismy termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky z 5 odebraných vzorků minimálně 2 vzorky vyhovět limitu <1000 KTJ/g a 3 vzorky limitu <50 KTJ/g. Vzhledem k tomu, že byl prováděn průzkumný monitoring, kdy byl odebrán pouze 1 vzorek, je hodnocení pouze orientační. Mikrobiální znečištění se tak jeví podstatnější překážkou pro aplikaci sedimentů v případě nutnosti odtěžení než obsah kovů. Při orientačním průzkumu nebyly z finančních důvodů analyzovány organické polutanty uvedené ve zmíněné vyhlášce. Tyto polutanty budou sledovány až při detailním monitoringu v letech 2017 a 2018 a vyhodnoceny v roce 2019.

Další fází práce bylo provedení detailního posouzení památek zařazených do světového kulturního dědictví (tabulka 2). Na místě byly opět s pomocí pracovníků správy jednotlivých lokalit ověřeny výsledky dotazníkového šetření, provedeny odběry vzorků vod a zpracováno hodnocení podle dílčí části metodického postupu [12].

V tabulce 2 uvedené číselné hodnoty 0 až 3 odpovídají těmto definovaným stupňům ohrožení:

— 0 – žádné ohrožení

Hodnocená lokalita nezahrnuje žádné vodní prvky ani biotopy.

— 1 – nízké

Nízký stupeň ohrožení stavu dané lokality. Stav odpovídající podmínkám dané lokality, stabilizovaný, bez nutnosti zásahů ke stabilizaci, nebo ke zlepšení současného stavu. Naplánovat průběžné drobné zásahy nutné k udržení stavu, realizovatelné v rámci každoroční údržby.

— 2 – střední

Střední stupeň ohrožení stavu dané lokality. Vyskytují se kritické jevy vedoucí k ohrožení s potenciálem brzkého narušení stavu, funkčnosti, kvality vodního prostředí, složení biotopů, nadměrného rozšíření invazivních druhů, zhoršení estetické funkce. Naplánovat větší zásahy, realizovatelné během několika let v rámci každoroční údržby, nebo při získání finančních prostředků (dotační programy) ke zlepšení stavu.

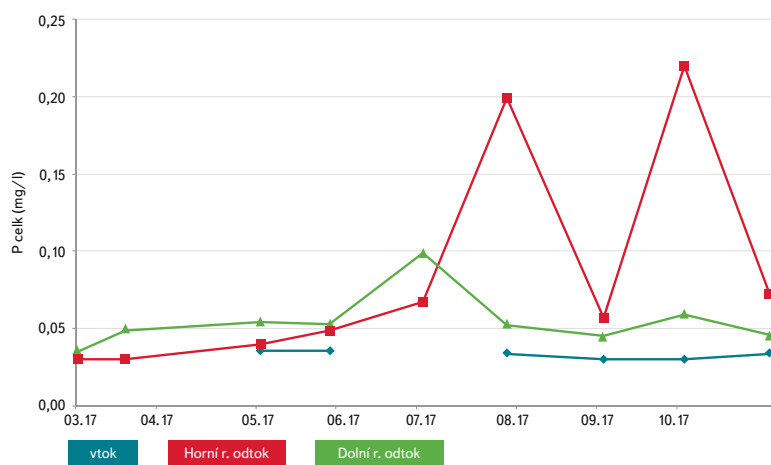
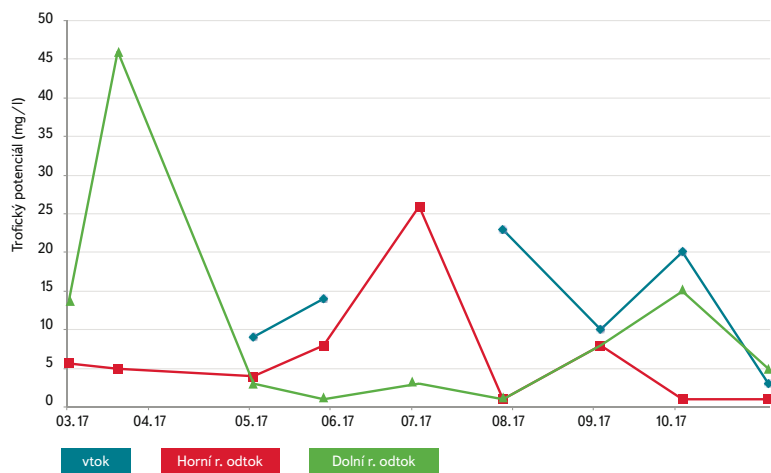
— 3 – vysoké

Kritický stav, nebezpečí trvalého poškození, znehodnocení a degradace. Naplánovat zásahy co nejdříve, maximálně do dvou let. Naplánovat zásahy realizovatelné v rámci každoroční údržby, vedoucí k okamžitému řešení kritické situace. Dále plánovat strategická opatření rozsáhlejšího charakteru měnící celkové nepříznivé podmínky.

Přesný postup zatřídění do uvedených stupňů ohrožení vychází ze zpracování dotazníku (pro posouzení technického a provozního stavu a kvality habitatů) anebo odběru vzorků vod a analýzu veličin trofický potenciál, celkový fosfor, celkový dusík a zatřídění hodnot do vybraných klasifikací, např. [13] pro trofický potenciál. Postup, struktura dotazníků, klasifikační tabulky a návod zatřídění do stupňů ohrožení je součástí práce [12].

Do nejhoršího stupně ohrožení podle kvality vodního prostředí byly zařazeny rybníky nacházející se v zahradách zámků v Kroměříži, v Průhonících a v Lednicko-valtickém areálu (*), kde se jednalo o rybníky v prostoru vymezeném přibližně sídly Břeclav – Lednice – Sedlec – Valtice a státní hranicí (v tabulce 1 označené jako „další lokality v území“). Na daném stavu se podílel také nevhodný návrh rybích obsádek, produkční chov kapra a doprovodných druhů, a znečištění přítoků do těchto rybníků. Rybníky v Podzámecké kroměřížské zahradě se nachází v nedobré technické stavu. Tato situace by se měla v následujících letech zásadně změnit díky plánované rekonstrukci rybníční soustavy v zahradě (ústní sdělení pracovníků NPÚ v Kroměříži). Více lokalit, prakticky ve všech případech se opět jedná o nádrže rybníčního typu, bylo ohroženo i rozšiřováním invazivních druhů vegetace a ryb (střevlička východní nebo karas stříbřitý).





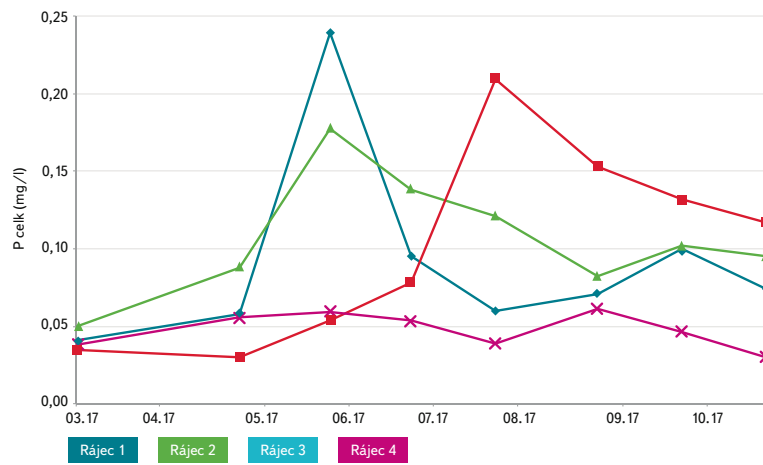
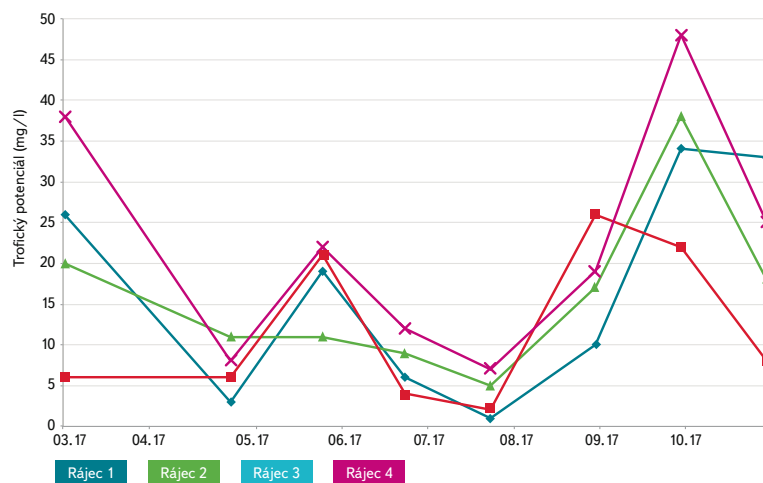
Obr. 3. Rybníky na území VPR Krátká u Sněžného

Fig. 3. Ponds in the "VPR" protected area (Historic Village) inside the village Krátká (near the Sněžné town)

Hodnocení eutrofizace vod vzorových vodních prvků

Další částí výzkumu je podrobné sledování kvality vody a sedimentů menší skupiny památkových lokalit, které jsou zobrazeny na mapě (obr. 1). Kvalitativní hodnocení se věnuje zejména posouzení koncentrace nutrientů ve vodě, včetně jejich forem (např. celkový fosfor, fosforečnanový fosfor) a průběhu jejich výskytu během jednotlivých měsíců dvouletého monitoringu 2017–2018. Současně je sledována odezva vodního prostředí na míru eutrofizace, změny v kyslíkovém režimu (související i s teplotou vody a aktuálním klimatem), změny v pH, množství a složení biosestonu, výskyt sinic, změny průhlednosti vody atd. Analyzován je i obsah chlorofylu a, feopigmentů a počítán je trofický potenciál. Do příspěvku byly z této části výzkumu zařazeny jako ukázkové lokality různé typy vodních prvků.

Na obr. 3 jsou uvedeny průběhy trofického potenciálu a koncentrace celkového fosforu ve vodě během roku 2017 pro dva malé návesní rybníčky bez ryb na území VPR Krátká u Sněžného. Vtok představuje nátok drenážních vod a prameniště vody do horního rybníčku. Dolní rybníček je již zatížen i difúzními úniky a smyvy z komunikací. Odezvou je rozvoj vláknitých řas během sezony. Poměr rozpuštěného fosforu se pohyboval v průměru od 0,82 (vtok) přes 0,26 (odtok Horní r. – masivní rozvoj vláknitých řas, porosty makrofyt) po 0,49 (odtok Dolní r.)



Obr. 4. Rybníčky (Rájec-1, Rájec-2) a bazény (Rájec-3, Rájec-4) v areálu NKP Rájec nad Svitavou

Fig. 4. Small ponds (Rájec-1, Rájec-2) and basins (Rájec-3, Rájec-4) within the area of "NKP" (National cultural monument) the Rájec nad Svitavou palace

Na obr. 4 jsou prezentovány průběhy stejných ukazatelů pro dva rybníčky s chovem ryb v zámeckém parku v Rájci nad Svitavou a pro dva okrasné bazény (R-3 bez ryb, porosty makrofyt a vláknitých řas; R-4 s nasadou okrasných ryb, lekníny a fontánkou). Podíl rozpuštěného fosforu byl v průměru 0,40 (R-1), 0,53 (R-2), 0,58 (R-3) a 0,34 (R-4).

Na obr. 5 jsou uvedeny průběhy ukazatelů pro slabě úživné, prakticky neznečištěné vody, charakteristické nízkými koncentracemi fosforu, bazénů v areálu Květné zahrady v Kroměříži, které jsou napájeny zejména zachycenými srážkovými vodami. Bazény Pstruží zadní a přední mají také po rekonstrukci filtrační systémy, které je možné spustit a okrasné rozstřikovače. V těchto dvou bazénech jsou přítomny okrasné ryby – dospělci Koi kaprů v počtu několika kusů. Letní zvýšení obsahu fosforu ve vodě souvisí pravděpodobně s rozvojem řas (zvýšení obsahu nerozpuštěných látek ve vzorcích, zvýšení zákalu), a to i v důsledku krmění ryb návštěvníky. Podíl rozpuštěného fosforu byl ve Pstružích nádržích v průměru 0,27, resp. 0,26 (s letními maximy 0,5 až 0,9), a v Ptáčnici 0,15 (letní maximum 0,5).

Poslední uvedenou lokalitou (obr. 6) je soustava větších rybníků propojených kanály, které přivádí vodu z řeky Moravy, v areálu Podzámecké zahrady v Kroměříži. Rybníky Dlouhá a Chotkův jsou využívány pro produkční chov ryb místní organizací MRS s každoročními výlovy.

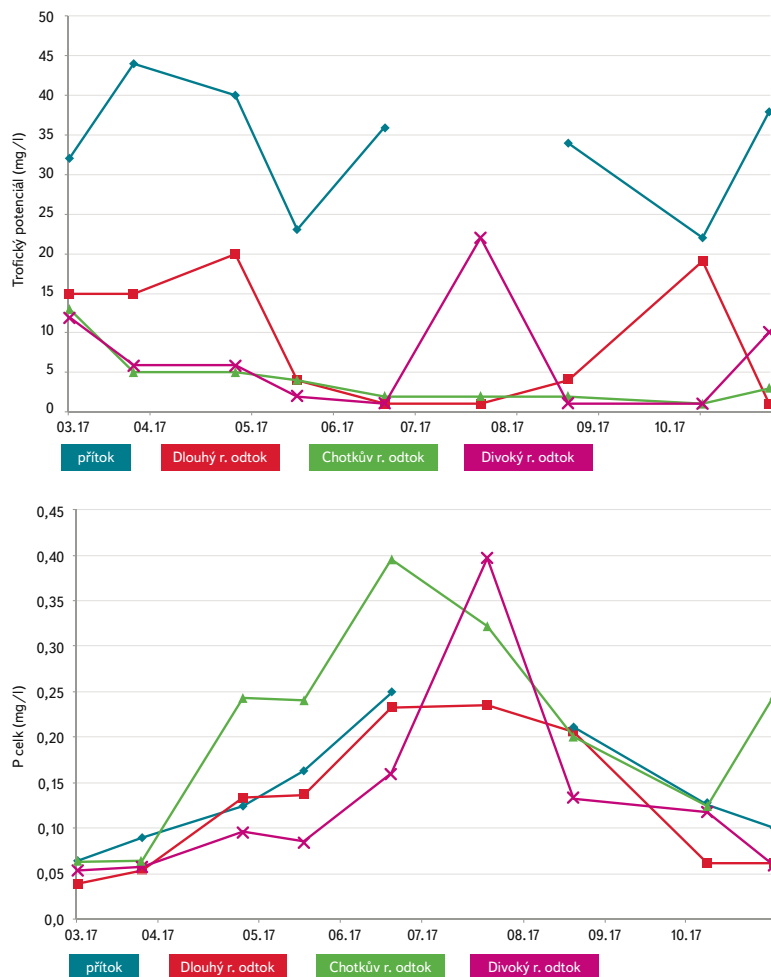


Obr. 5. Bazény v areálu Květné zahrady v Kroměříži
Fig. 5. Basins of the "Květná" (Flower) garden in the Kroměříž town

Divoký rybník má neřízenou rybní obsádku z důvodu zanesení sedimenty a obtížnému vypuštění a slovitelnosti. Podíl rozpuštěného fosforu se v roce 2017 pohyboval v průměru od 0,75 (přítokový kanál do zahrady) po hodnoty 0,41 (Divoký r.), 0,44 (Dlouhý r.) a 0,52 (Chotkům r.). V přítoku byl poměr 0,7 až 0,9 ve všech měřeních od března do listopadu. V Divokém r. byl poměr také stabilní 0,3–0,4. V obou chovných rybnících se pohyboval mezi 0,3 a 0,4 s maximy v květnu (0,7) a v červenci (0,6, resp. 0,7). Přítok vykazuje také celosezonně nejvyšší trofický potenciál ze všech uvedených vzorových situací. Nejvyšší hodnoty celkového fosforu, ale i fosforečnanového fosforu, byly zjištěny v červenci (Dlouhý a Chotkům) anebo v srpnu (Divoký).

Možnosti ovlivnění kvality prostředí vodních prvků

Ovlivnění kvality prostředí je možné jak osvědčenými a používanými postupy, tak i řízením biologických procesů. Používané postupy zahrnují recirkulaci a filtraci vody, což se uplatní spíše pro formální vodní prvky. Tato řešení jsou pro ně rozpracována např. v příručce [3]. Dále se jedná o manipulaci s vodou, její výměnu anebo zajištění dostatečného průtoku a ředění znečištění, tedy postupy využitelné pro formální i neformální vodní prvky. V některých případech je možné v rámci rekonstrukce změnit zdroj vody. U menších vodních prvků lze ovlivnit, respektive omezit projevy eutrofizace vody, zákal, zbarvení vody, výskyt tzv. vodního květu, zarůstání, aplikací chemických přípravků pro ošetření anebo desinfekci vody. Zlepšení stavu může významně přispět



Obr. 6. Soustava rybníků v areálu Podzámecké zahrady v Kroměříži
Fig. 6. Pond system of the "Podzámecká" (The Chateau Garden) garden in the Kroměříž town

odbahnění a samozřejmě řešení znečištění přítokajících vod a vnos splavenin úpravami v povodí, což pravděpodobně přesáhne vždy možnosti správy dané památkově chráněné lokality, nebo objektu.

Specifická problematika množství, kontaminace a možností odstranění a uložení sedimentů vodních nádrží, v přeneseném významu i vodních prvků kulturních památek historických sídel, je celosvětovým problémem [14] a i v podmínkách České republiky je upravena legislativou (vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě). V případě, že sediment kvalitou nespĺňuje požadavky této vyhlášky, je nutné jeho uložení na skládky, což se sebou nese velké finanční prostředky. Proto je snahou řešit množství a i složení sedimentů pomocí jiných technologií, než je bagrování a následné depozování sedimentů [15–17]. Novými postupy, které se postupně rozšiřují, je využití biochemie a biotechnologií spočívajících v aplikaci biologicko-enzymatických preparátů, které mohou příznivě ovlivnit složení sedimentů a jejich množství [18, 19]. Pro studium vlastností preparátů a jejich účinnosti jsou využívány mikrobiologické metody a také stanovování změn koncentrací ukazatelů kvality vody (zejména obsah nutrientů) a složení biosestonu (v návaznosti na kompetici bakterií s řasami) – např. [20]. Biologické enzymaticko-bakteriální preparáty, šetrné chemické preparáty, založené na uvolnění biomasy vláknitých řas, mohou pravděpodobně při pravidelném používání účinně zlepšit vlastnosti vodního prostředí prvků, menších bazénů a nádrží, včetně potlačení rozvoje vodního květu, jak je dokumentováno na obr. 7, který zobrazuje stav dvou identicky velkých pokusných poloprovodních nádrží (o ploše cca 15 m² a objemu cca 8 m³),

napájených stejným množstvím vody, stejného původu (říční voda), na jejichž dně byla na začátku sledování vrstva sedimentů převážně organického charakteru o tloušťce cca 10 cm. Pro potvrzení dosavadních zjištění je však třeba sledování dalších pokusných aplikací.

Další možnosti pro omezení rozvoje řas a následného nechtěného zákalu vody nabízí využití mokřadních a vodních druhů rostlin, i s okrasnou funkcí, které konkurují fytoplanktonu odběrem dusíku a fosforu z vody. Běžně jsou využívány různé druhy leknínů. Potenciál představuje využití plovoucích ostrovů s okrasnými druhy mokřadních rostlin. Volně plovoucí vodní rostliny jsou v zahraničí používány ke snížení nerozpuštěných a organických látek v odpadních a znečištěných povrchových vodách. Tyto systémy mohou dosahovat efektivního odstraňování nerozpuštěných látek a organické hmoty (např. řas) pomocí stínění, snížení větrného a tepelného mísení apod. [21]. Publikované údaje o čistící účinnosti ukázaly odstranění 33–68 % CHSK, 66–95 % NL, a 24–61 % P_{celk} . Je pravděpodobné, že tyto ostrovy mohou najít uplatnění u kašen, menších bazénů a jezírek.

Možnosti využití uvedených biochemických a biotechnických postupů jsou v rámci výzkumu sledovány v období 2017 až 2019, a to včetně aplikace na reálných vodních prvcích s různým pohybem vody (s doplňováním vody po úbytku výparem, s recirkulací vody, s průtočným systémem napájení), s cílem ověření poloprovodných poznatků (viz obr. 7).

Ryby jsou jedním z klíčových prvků vodních ekosystémů a jsou tak i důležitým indikátorem jejich ekologické kvality [22]. Rybí obsádka je přirozenou a nedílnou součástí vodních ekosystémů a hraje tudíž významnou roli ve fungování potravních vztahů v nich a tím i vývoji podmínek prostředí. Obecně platí, že v nádržích s vysokou biomasou planktonofágních ryb (většinou drobných kaprovitých druhů) je zooplankton tvořen drobnými druhy a jedinci o nízké biomase, a fytoplankton je bohatě rozvinut (nízká průhlednost). Naopak při nízké biomase ichtyofauny v nádrži převažují v zooplanktonu velké filtrující dafnie, fytoplankton je velmi chudý a průhlednost vysoká.

Ve vodních prvcích, které jsou součástí památkových objektů, jejich zahrad, nádvoří apod., je úloha ryb často podceňována a kvalita vody v nich je mnohdy nevhodným, často i nelegálním nebo nekontrolovaným vysazováním ryb degradována. Mnohdy dochází k jejich kolonizaci nežádoucími invazními (střevlička východní – *Pseudorasbora parva*, karas stříbřitý – *Carassius gibelio*) nebo nepůvodními druhy ryb (amur bílý – *Ctenopharyngodon idella*), které mají negativní vliv na podmínky prostředí v nich. Nevhodné složení a množství rybí obsádky vede k nepříznivé kvalitě vodního prostředí, tvorbě zákalu spojenému s uvolňováním živin, využívaných sinicemi a dalšími řasami [23].

Formování rybí obsádky nádrží v areálech kulturních památek by mělo být orientováno na vytvoření takového stavu, kdy rybí obsádka nebude mít zásadní negativní vliv na kvalitu vody v nich. V praxi to znamená vytvořit s ohledem na specifické podmínky jednotlivých objektů předpoklady pro dosažení preferovaného stavu, kterým může být např. zajištění dobré průhlednosti („čistoty“) vody, přiměřeného rozvoje submerzní (ponořené) a/nebo emerzní (vynořené) vegetace, případně výskyt okrasných (barevných) forem ryb. Velmi pravděpodobně však bude žádoucí i jejich kombinace (nádrž s čistou vodou, rostlinami a okrasnými rybami).

DISKUSE A ZÁVĚR

Vodní prvky představují významnou součást prostředí kulturních památek a památkových zón a rezervací. Pro plnění požadovaných funkcí, které mohou zahrnovat společenské, ale i environmentální funkce, je nutné, aby byly v odpovídajícím cílovém stavu. Tento stav zahrnuje jak stavebně – technický stav, tak i kvalitativní stav.



Obr. 7. Rozdíl mezi průhledností vody nádrže bez aplikace biopreparátu (vlevo, sinicový vodní květ) a s aplikací biopreparátu během vegetační sezony (vpravo)

Fig. 7. Differences of the water transparency between basin without biological preparation application (left, blue algae surface film) and basin with biological preparation application during vegetation period (right)

Kvalitativní stav můžeme rozdělit na: i) kvalitu vodního prostředí, v metodice [12] prezentované částí II, která se věnuje posouzení míry eutrofizace (znečištění) vodního prostředí, ii) kvalitu biotopů vázaných na vodní prostředí, které jsou v interakci s vodními prvky. Zde je nutné posoudit výskyt invazních druhů rostlin a ryb. Výsledkem takového průzkumu může být návrh doporučení pro úpravu hospodaření s rybí obsádkou (řešitelné dohodou s nájemci, zavedením dravých ryb apod.), pro nakládání se sedimenty a pro úpravu zdrojů vody (což nemusí být vždy v silách a možnostech správy objektů).

Obdobný metodický postup pro rámcové zjištění situace, v tomto případě stavu a kvality vodních prvků, uvádí Lindblom [24], a to pro problematiku přístupu a hodnocení ohrožení památkově chráněných objektů v procesu posuzování vlivů na životní prostředí. Přístup je založen na podrobném dotazníkovém šetření. Jiný postup hodnocení kvality prostředí pomocí objektivních a subjektivních kritérií, včetně využití mapových podkladů a protokolů, uvádí Ehrenfeld [25].

Pro posouzení ohrožení vodních prvků se ukázalo jako potřebné doplnění dotazníkového šetření, provedeného distančně, místním ověřením stavu a provozu prvků, kvality prostředí měřeními vybraných parametrů kvality vodního prostředí [26], záznamem výskytu invazních druhů rostlin, průzkumem složení rybí obsádky a početnosti, včetně invazních druhů ryb [27–29] a vedle výpočtu trofického potenciálu vody [13], také rámcovým průzkumem složení fyto- a zooplanktonu.

Kvalita vody se v malých nádržích a rybnících často zásadně mění, podle míry znečištění dochází ke změnám pozitivním, v případě silného organického zatížení přítoku (dočištění samočisticími procesy), tak negativním v případě neznečištěného přítoku [30, 31]. V práci [32] autoři identifikovali jako hlavní tlaky působící negativně na malé vodní nádrže: skládkování v povodí, vnos znečištění odpadními vodami, vnos znečištění drenážními systémy; dále sousedství se zemědělsky obhospodařovanou půdou, chov ryb a rybářství. Také v případě námi sledovaných lokalit jsou tyto tlaky hlavními příčinami ohrožení s následkem nevyhovujícího stavu, včetně nevhodného estetického působení, které je důležitým faktorem vnímání návštěvníky památkově chráněných objektů, areálů a území.

Terénní šetření provedené v letním období roku 2016 také pomohlo nastavit rozsah detailního monitoringu osmnácti lokalit (1x SKD-VPR, 2x VPR, 4x SKD-NKP, 10x NKP, 1x KP), který je prováděn od začátku roku 2017 s plánovaným ukončením v prosinci 2018. Poznatky z poloprovozních pokusů a dvouletého šetření na vybraných, do jisté míry vzorových, lokalitách, budou využity při formulování doporučení pro správu památek, pro úpravy managementu vodních prvků.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory projektu DG16P02M032 z výzvy NAKI II Ministerstva kultury ČR „Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“.

Literatura

- [1] PACÁKOVÁ-HOŠŤÁLKOVÁ, B. a kol. *Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Nakladatelství Libri. 2004, 526 s.
- [2] Cultural (garden) heritage as a focal point for sustainable tourism. [online] [citováno 30. 4. 2018]. Dostupné z: http://www.southeast-europe.net/en/projects/approved_projects/?id=142
- [3] JANÁL, J., KŘESADLOVÁ, L., OBŠIVAČ, J., OLŠAN, J., ROZKOŠNÝ, M. a ŽABIČKA, Z. *Formální vodní prvky v památkách zahradního umění*. 87. svazek edice Odborné a metodické publikace. Praha: Národní památkový ústav, 2016, 151 s. ISBN 978-80-7480-073-3.
- [4] KŘESADLOVÁ, L. Historie a současnost obnovy Květné zahrady v Kroměříži z pohledu památkové péče. *Zahrada-park-krajina*. [online] [citováno 30. 4. 2018]. Dostupné z: <http://www.zahrada-park-krajina.cz>
- [5] WENER, B. Obnova zahrad v Polsku – vybrané příklady. In: Sborník konference „Historické zahrady Kroměříž 2011“. Kroměříž: Klub UNESCO Kroměříž, 2011, s. 43-44.
- [6] KRČMÁŘ, I. O povodních z časového nadhledu. *Zpravodaj STOP. Časopis Společnosti pro technologie ochrany památek*, 2003, roč. 5, č. 1.
- [7] PECHAR, L. Long-term changes in fish pond management as an unplanned ecosystem experiment: importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science & Technology*, 1995, 32, p. 187–196.
- [8] POTUŽÁK, J. a DURAS, J. Vliv rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu? In: *Vodárenská biologie*. Praha, 2012, s. 52–59.
- [9] KVÍTEK, T. a TIPPL, M. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. *Zemědělské informace*, č. 10/2003. Praha: ÚZPI (NS).
- [10] CASSAR, M. and PENDER, R. The impact of climate change on cultural heritage: evidence and response, 2005. [online] [citováno 30. 4. 2018]. Dostupné z: <http://discovery.ucl.ac.uk/5059/1/5059.pdf>
- [11] FOREJTŇKOVÁ, M. a kol. Metody hodnocení ohrožení památkových objektů vybranými přírodními a antropogenními vlivy. *Zprávy památkové péče*, 2014, roč. 74, č. 5, s. 373–378.
- [12] FOREJTŇKOVÁ, M. a kol. *Metodika hodnocení míry potenciálního ohrožení památek antropogenními a přírodními vlivy*. Certifikovaná metodika. Osvědčení č. 98, č. j. MK 16529/2016 OVV. 2015.
- [13] ŽÁKOVÁ, Z. a MLEJNKOVÁ, H. Porovnání výsledků stanovení trofického potenciálu vody získaných mikrometodou dle TNV 757741 a standardisovanou metodou. *Czech Phycology*, 1: 107–112, 2001, Olomouc.
- [14] AKCIL, A. et al. A review of approaches and techniques used in aquatic contaminated sediments: metal removal and stabilization by chemical and biotechnological processes. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 86, p. 24–36.
- [15] FORSNER, U. and APITZ, S.E. State of the art in the USA sediment remediation: U. S. In: Focus on Capping and Monitored Natural Recovery Fourth International Battelle Conference on Remediation of Contaminated Sediments, 2007, vol. 7, p. 351–358.
- [16] RULKENS, W. Introduction to the treatment of polluted sediments. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.*, 2005, 4, p. 213–221.
- [17] BORTONE, G. et al. Synthesis of the SedNet work package 4 outcomes. *J. Soils Sediments*, 2004, 4, p. 225–232.
- [18] RONTANI, J.F. et al. Degradation state of organic matter in surface sediments from the Southern Beaufort Sea: a lipid approach. *Biogeosciences*, 2012, 9, p. 3513–3530.
- [19] HAAS, Z.D. Sludge Controlling Bacteria within a Pond Ecosystem. 2015. [online] [citováno 30. 4. 2018]. Dostupné z: <https://naturalake.com/wp-content/uploads/2014/09/WLPR-Study-PDF.pdf>
- [20] ALVAREZ, S. and GUERRERO, M.C. Enzymatic activities associated with decomposition of particulate organic matter in two shallow ponds. *Soil Biology & Biochemistry*, 200, 32, p. 1941–1951.
- [21] HEADLEY, T.R. and TANNER, C.C. Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment: A Review. Auckland Regional Council, 2006, 92 p.
- [22] ADÁMEK, Z. a kol. Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: FROV JU, 2010, 350 s.
- [23] ADÁMEK, Z. and Maršálek, B. Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: A review. *Aquaculture International*, 2013, vol. 21, No. 1, p. 1–17.
- [24] LINDBLUM, I. Quality of Cultural Heritage in EIA: twenty years of experience in Norway. *Environmental Impact Assessment Review*, 2012, 34, p. 51–57.
- [25] EHRENFELD, J. Evaluating wetlands within an urban context. *Urban Ecosystems*, 2000, vol. 4, No. 1, p. 69–85.
- [26] STERNER, R.W. and GEORGE, N.B. Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of Cyprinid Fishes. *Ecology*, 2000, 81, p. 127–140.
- [27] ADÁMEK, Z. a SUKOP, I. Vliv střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) na parametry rybníčního prostředí. In: LUSK, S., HALAČKA, K. (eds): *Biodiverzita lichtyofauny České republiky (III)*. Brno, 2000, s. 37–43.
- [28] MUSIL, M. et al. Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) – question of natural food structure. *Biologia*, 2014, vol. 69, No. 12, p. 1757–1769.
- [29] MACHÁČEK, P. Vliv ryb na početnost vodních ptáků na Zámeckém rybníku v Lednici. *Veronica*, 2015, roč. 29, č. 2, s. 13.
- [30] ROZKOŠNÝ, M. a kol. Vliv rybníků na vodní ekosystémy recipientů jižní Moravy. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 1.
- [31] VŠETIČKOVÁ, L. et al. Effects of semi-intensive carp pond farming on discharged water quality. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 2012, vol. 42, No. 3, p. 223–231.
- [32] JUSZCZAK, R. and KĘDZIORA, A. Threats to and Deterioration of Small Water Reservoirs Located within Wysocę Catchment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2003, vol. 12, No. 5, p. 567–573.

Autoři

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.¹

✉ milos.rozkosny@vuv.cz

Ing. Miriam Dzuráková¹

✉ miriam.dzurakova@vuv.cz

Ing. Hana Hudcová¹

✉ hana.hudcova@vuv.cz

RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.²

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz

Ing. Alžběta Petráňová²

✉ alzbeta.petranova@vuv.cz

Ing. Pavel Sedláček¹

✉ pavel.sedlacek@vuv.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

ENVIRONMENT QUALITY OF WATER ELEMENTS OF HERITAGE PROTECTED AREAS

**ROZKOSNY, M.¹; DZURAKOVA, M.¹; HUDCOVA, H.¹;
MLEJNKOVA, H.²; PETRANOVA, A.²; SEDLACEK, P.¹**

¹TGM Water Research Institute, p. r. i., Brno Branch

²TGM Water Research Institute, p. r. i., Prague

Keywords: cultural heritage — historical garden —
water elements — ponds — water quality

Water elements represent a significant part of the environment of cultural heritage sites, conservation zones and areas. To fulfil the required functions, which may include social, historical, recreational and educational, but also environmental functions; it is necessary to ensure their corresponding target state. This state includes structural-technical state and qualitative state. The article presents results of a questionnaire evaluation of a threat of the negative changes for the elements. It also presents results of the phosphorus contamination of selected typical water elements and its systems and the course of the water trophic potential during the year 2017 of the mentioned water elements. The article brings information about possible solutions for the water elements environment quality enhancement, based on the nature friendly methods (biological enzymatic preparations, floating islands with ornamental wetland vegetation, wetland plants with floating leaves, changes in fish stock, etc.).



Autoři VTEI

Ing. Robert Kořínek, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava



✉ robert.korinek@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Robert Kořínek, Ph.D., je od roku 2002 zaměstnancem ostravské pobočky VÚV TGM, v. v. i., oddělení hospodaření s vodou a odpady. V rámci svých vědeckých aktivit založil v roce 2006 Společenstvo vodárenských věží a od té doby provozuje veřejně přístupnou databázi věžových vodojemů na území České republiky (www.vodarenskeveze.cz). Zabývá se historickým, stavebním a architektonickým vývojem těchto objektů, je spoluautorem knižních publikací Komínové vodojemy. Funkce, konstrukce, architektura a Komínové vodojemy. Situace, hodnoty, možnosti vydaných v rámci řešení výzkumného projektu Dokumentace, pasportizace, archivace a návrhy konverzí komínových vodojemů jako ohrožené skupiny památek industriálního dědictví na území České republiky a dále celé řady odborných příspěvků o věžových vodojemech.

Ing. Štěpán Marval

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.



✉ marval.stepan@vumop.cz
www.vumop.cz

Ing. Štěpán Marval vystudoval Českou zemědělskou univerzitu v Praze, kde v roce 2015 dokončil magisterský obor Krajinné inženýrství – Voda v krajině na Fakultě životního prostředí. V roce 2016 se stal zaměstnancem Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v. v. i., oddělení hydrologie a ochrana vod. Od roku 2017 je studentem doktorského studijního oboru Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Podílí se na řešení několika výzkumných projektů, např. Pokročilé zpracování dat leteckého laserového skenování za účelem schematizace vodních toků, Sledování množství a kvality sedimentů ve vodních tocích a nádržích za účelem snižování znečištění z nebudových zdrojů, Využití letecké termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění povrchových vod aj.

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ milos.rozkosny@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., vystudoval VUT v Brně, Fakultu stavební v oboru Vodní hospodářství a vodohospodářské stavby. Od roku 2000 zaměstnán ve VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno v oddělení ochrany jakosti vod jako výzkumný pracovník, od roku 2010 se stal vedoucím oddělení ochrany jakosti vod. Je absolventem certifikovaného Kurzu vzorkování pro pracovníky vodohospodářských laboratoří a kontrolních laboratoří v roce 2000. Od roku 2004 je členem IWA a od roku 2011 je aktivní člen CzWA. Zabývá se zejména problematikami eliminace znečištění odpadních vod z malých bodových (do 1 000 EO), difuzních a plošných zdrojů znečištění, využití extenzivních technologií pro čištění odpadních vod a čištění znečištěných povrchových vod a smyčů. Dále se zabývá problematikou komplexního sledování a hodnocení stavu a jakosti vod a vodních a mokřadních ekosystémů, revitalizací říční krajiny, vodních toků a malých vodních nádrží.

Ing. Tomáš Sezima, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava

✉ tomas.sezima@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Tomáš Sezima, Ph.D., je zaměstnancem oddělení hospodaření s vodou a odpady ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1997. V roce 1989 ukončil inženýrský obor Úprava nerostných surovin se zaměřením na problematiku vodního hospodářství, a to na Hornicko-geologické fakultě Vysoké školy báňské v Ostravě, v roce 2003 na téže vysoké škole ukončil doktorské studium s problematikou biodegradace vybraných druhů škodlivin ve vodách a půdách. Podílel se na řešení řady projektů, např. Projekt Odry II, Projekt Odry III, Vodohospodářské plány povodí nové generace, Termické odstraňování odpadů VZ O2, Výzkum v oblasti ČOV kalů, Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů, Poznej tajemství vědy, Analýza nákladů a efektivnosti v rámci Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice Sucho. Také je spolupořadatelem dvou mezinárodních workshopů na téma „Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů“ a dále je spoluautorem užitého vzoru „Zařízení pro fyzikální úpravu odpadů“ a spoluvynálezcem Evropského patentu „Device for physical waste treatment“ – EP 2388068. Doplnkově se věnuje i pedagogické a přednáškové činnosti.

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava

✉ petr.tusil@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA, je zaměstnancem pobočky VÚV TGM, v. v. i., v Ostravě od roku 1997. V roce 2003 ukončil doktorské studium na Institutu environmentálního inženýrství Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě. V roce 2010 ukončil manažerské studium MBA na Liverpool John Moores University, Faculty of Business and Law. Od roku 2007 působí ve funkci vedoucího pobočky VÚV TGM, v. v. i., v Ostravě. Současně je i vedoucím Laboratoře hydrochemických a hydrobiologických analýz VÚV TGM, v. v. i., v Ostravě. Od roku 2012 je členem Rady instituce, kde vykonává funkci předsedy. Od roku 2015 je členem výboru České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti. Ve své profesní činnosti se zabývá zejména problematikou monitoringu a hodnocení stavu povrchových vod v návaznosti na požadavky Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice. Aktivně se rovněž podílí na činnostech v rámci Mezinárodní komise pro ochranu řeky Odry před znečištěním, kde od roku 2007 působí v pracovní skupině „GM-Monitoring“. V letech 2012–2015 byl členem řešitelského týmu projektu Bezpečnostního výzkumu MV ČR – „Stanovení množství nelegálních drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách“ (DRAGON).

Ing. Jana Uhrová, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ jana.uhrova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Jana Uhrová, Ph.D., je zaměstnancem oddělení hospodaření s vodou od roku 2014. V roce 2015 ukončila doktorské studium oboru Vodní hospodářství a vodní stavby na Stavební fakultě Vysokého učení technického v Brně. V průběhu doktorského studia se podílela na řešení řady projektů. Zabývá se zejména problematikou hodnocení erozního ohrožení a odtokových poměrů v ploše povodí. V současnosti pracuje například na projektech Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekologické udržitelnosti, Komplexní plánovací, monitorovací, informační a vzdělávací nástroje pro adaptaci území na dopady klimatické změny s hlavním zřetelem na zemědělské a lesnické hospodaření v krajině.

Rozhovor s významným českým hydrotechnikem prof. Ing. Vojtěchem Brožou, DrSc.

Za více jak 20 let se v ČR nepostavilo žádné významné vodní dílo, a naopak došlo ke značné redukci lokalit, které jsou hájeny pro výstavbu přehrad. Jak vnímáte tuto situaci z pohledu své životní zkušenosti?

Na konci 20. století se vodohospodáři mj. zaměřili na výzkum řízení vodohospodářských procesů v podmínkách neurčitosti. Snad proto mě někdy později zaujala stať ze zcela jiné oblasti, nazvaná Dějiny ve věku nejistot. Jejím autorem byl náš významný historik Dušan Třeštík. Ten po roce 1989 publikoval originální stati a eseje, zahrnující aktuální problémy z různých oblastí života společnosti, např. byrokratizaci vědy a dalších oblastí, vliv médií atd. (v originální útlé brožuře s názvem Myslet dějiny, 1998 i jinde). Jako historik měl ve svých úvahách zakotvenu existenci trvalého zápasu o vliv a moc jako motivaci společenského vývoje, o čemž technici zpravidla příliš nepřemýšlejí.

Současná doba se vyznačuje tím, že ochrana přírody a ekologie jsou vedle vyzněšeného poslání též významnými prostředky v onom historickém zápase o moc. Vodní nádrže a přehradu se celosvětově staly jedním z bojišť, kde se to odehrává již půl století. Věcné argumenty tu pak ztrácejí účinnost. Po roce 1994 světová banka iniciovala vznik pracovní skupiny, v níž početně vyváženě byli zastoupeni představitelé ekologie a špičky z oblasti výstavby vodních děl. Byla vydána jakási závěrečná zpráva, k níž se členové skupiny nehlásili, prokazující, že žádné sblížení východisek neexistuje. Zpráva byla kritizována z nejrůznějších stran. I tento výsledek prokázal, že není racionální hledat nějaká obecná východiska. Proto se nadále budou publikovat prohlášení o škodlivosti velkých vodních nádrží. Nemůže nás zarážet sdělení z Bruselu, že zelená infrastruktura zabrání povodním i suchu, když výpovědi od Kosmovy kroniky po současnost i naše čerstvé poznatky prokazují, že nezabrání.

Můj postoj k této problematice nemůže být neutrální. Po dobu více než dvacet let jsem se aktivně podílel na vytváření moderní metodologie vodohospodářských řešení nádrží pro zásobování vodou a ochranu před povodněmi v týmu pod vedením Ladislava Votrubu. Tu jsem rovněž měl možnost se podrobně seznámit s pozoruhodným bohatstvím dat naší říční hydrologie, zásluhou nichž je možno vcelku spolehlivě řešit např. různé scénáře dopadu změn klimatu na odtokové poměry u nás. Měl jsem bezprostřední podíl na rozvoji našeho vodního hospodářství.

Že se u nás za posledních dvacet pět let žádné významné vodní dílo s nádrží nepostavilo, je zarážející, zejména ve vztahu k opakovanému výskytu extrémních hydrologických jevů – povodní i sucha. Obdobná situace na počátku 20. století přispěla k postupnému rozmachu výstavby nádrží, kterou později výrazně podporoval nově vzniklý Československý stát a rozpracované projekty se dokončovaly v některých případech až v době druhé světové války.

Na počátku éry poválečné obnovy extrémní suchu v roce 1947 a další krátce na to 1950–1954 podnítilo mimořádné aktivity našich vodohospodářů, a to nejen v přípravě a realizaci nových projektů, ale zejména v oblasti koncepcí. Jejich dílo, nazvané Státní vodohospodářský plán (SVP), zahrnující bilanci vodního bohatství státu, celosvětově předstihlo dobu, stejně tak prosazení zásady správy významných vodních toků a vodních děl na nich v rámci ucelených povodí. Kdyby se jejich myšlenek využilo např. při vytváření Rámcové směrnice EU o vodě, mohla být pojata komplexněji. Tehdy naši vodohospodáři prožívali šťastné období – v rámci poválečného období byla vodohospodářská výstavba v celé Evropě plně rozvinuta. Významná vodní díla se budovala nejen ve Švýcarsku, Francii či Itálii, ale např. i ve Finsku, zemi známé existencí více než 180 tisíc přirozených jezer.

Závažné problémy, které bylo u nás nutno řešit v rámci celkové společenské a ekonomické transformace po roce 1989 a následujícího rozdělení Československa na dva samostatné státy, zatlačily vodohospodářskou problematiku někam dozadu, dokonce výrazně několikaleté sucho v té době prošlo prakticky bez zájmu veřejnosti. Výrazný zlom, hlavně v zájmu médií, přinesla až mimořádná povodeň v létě 1997 v povodí Odry, Moravy a horního Labe. Občané mohli sledovat probíhající katastrofické události na obrazovkách televizorů. Přesto ale v té době stačilo prohlášení typu „dosavadní koncepce ochrany před povodněmi selhaly“, aby se paralyzovaly snahy odborníků o aktualizaci některých vodohospodářských projektů v postižených oblastech.

V následujících letech se s podporou státu uskutečnila významná výstavba staveb povodňové prevence, bohužel na zpracování náročných projektů, v nichž by nádrže měly přinést zásadní efekt, nebylo dost času. Vybudovaly se některé „suché“ nádrže s lokálním protipovodňovým účinkem. Při jejich přípravě uplatňují orgány ochrany přírody požadavek, aby v zájmu biologické kontinuity vodního toku došlo k zadržení vody jen za povodňových epizod. Tu dochází k rozporu se zákonem o vodách a zejména potřebou systematicky ověřovat technický stav a bezpečnost těchto vzdouvacích objektů, což bez programově připraveného občasněho naplnění a řízeného vyprázdnění nádrže není dobře možné. Výsledkem pak je zvýšené riziko, že dílo, které má zachycovat povodně, může být v průběhu povodně porušeno. Takové absurdní stavy, vyplývající ze střetu zájmů – ochrany před povodněmi a ochrany přírody – by měl stát urychleně řešit.

Stále častěji se opakující a bohužel i prodlužující suché periody prokazují potřebnost existence multifunkčních vodních děl (nádrží) před výstavbou jednoúčelových suchých nádrží. Odborníkům se ale nedaří laické veřejnosti tuto potřebnost vysvětlit. V čem si myslíte, že je hlavní problém?

Za stavu, kdy se prosazují tendence nestavět žádná další vodní díla na tocích, je velmi obtížné prosazovat ty, jejichž vodohospodářské účinky jsou sdruženy do jedné soustavy – s významnou zásobní i ochrannou funkcí vodní nádrže. V soudobém přístupu musí být současně zahrnuta problematika celého dotčeného povodí s množstvím dílčích opatření. Příprava těchto víceúčelových děl je náročná, stejně tak zajištění množství podkladů, v průběhu procesu schvalování je nutno očekávat vážné komplikace.

Z nádrží, které byly zahrnuty do vládního usnesení k „suchu“, je jako víceúčelovou možno označit tu v povodí Vlárky. Původně zahrnutý Pěčín pod Orlickými horami, byl záhy zastaven, což se ostatně vícekrát odehrálo již před rokem 1989.

S ohledem na budoucnost a dopady změny klimatu, přinášející další hydrologické extrémy, považuji za významné, aby bez ohledu na současný stav se intenzivně pracovalo na projektových studiích, včetně podmínek proveditelnosti, potenciálně nejefektivnějších vodních děl. Z pohledu EU to může být chápáno negativně, je však zřejmé, že žádná její směrnice nemůže postihnout značně rozdílné konkrétní hydrologické poměry např. u nás, na Maltě, v Nizozemí či Finsku. I proto např. ve Španělsku v zásadě nejsou proti redukci výstavby dalších nádrží, ovšem poté, až rychle zrealizují více než sto připravených projektů. Tu zřejmě nějaký byrokratický předpis nemůže paralyzovat vodohospodářské potřeby suverénního státu.



Prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc., (vpravo) při diskusi s Ing. Miroslavem Loutockým (vlevo)
(zdroj: www.ckait.cz)

Pokud jde o výrazné omezení počtu chráněných lokalit v zájmu výstavby nádrží někdy v budoucnu, nemá to smysl ani z hlediska ochrany přírody. Tu bych očekával shodu na podstatně větším počtu lokalit. Důvody, proč se tak nestalo, zřejmě nejsou věcného charakteru. Pokud se v budoucnu ukáže hrozba kritického nedostatku vody, všechny současné „dohody“ budou odloženy a budou se přijímat i nestandardní postupy pro nápravu stavu. Časové hledisko pak bude všem na obtíž – dostatek času prostě nebude.

V průběhu svého profesního života jste měl možnost z projekčního hlediska ovlivnit významná vodní díla jako Hracholusky nebo např. Vrchlice, které z nich bylo pro Vás nejzajímavější a na které nejraději vzpomínáte?

Již za studií na fakultě jsem měl příležitost pracovat v Hydroprojektu na technickém projektu vodního díla Orlík. Velmi mě to zaujalo a představoval jsem si, že po promoci budu působit jako projektant. Vše se však vyvíjelo jinak a zůstal jsem na vysoké škole. Tehdy byla přijata směrnice o spolupráci s praxí. Jednou z prvních zakázek byla problematika sdruženého objektu VD Hracholusky. Pak následovalo moje dlouhodobé zapojení do problematiky realizace VD Vrchlice – od přípravy až po uvedení do provozu. Velmi si cením své účasti na rekonstrukci přehrady Mšeno v Jizerských horách, kde jsme spolu s J. Bláhou z Povodí Labe prosadili vyrazení štoly v oblasti založení objektu v zájmu kontroly průsaků a vztlaků. Takový postup se opakoval na více našich starých přehradách. Z dalších vodních děl to byl např. Vír, Nechranice, Morávka, Mostišťe atd. Po léta jsem aktivně spolupracoval s odborníky TBD na problematice bezpečnosti přehrad.

Úzkou spoluprací s praxí a podíl na řešení konkrétních závažných problémů považuji za zásadní pro odborný růst vysokoškolských pracovníků. Když se dnes preferuje jakýsi byrokratický systém jejich hodnocení a spolupráce s praxí se podceňuje, odporuje to tradici ČVUT. Jsem rád, že moji mladší pracovníci na katedře jsou ve spolupráci s praxí nadále aktivní, i když to dnes nic nepřináší pro jejich kariéru. Pro hodnotu jejich odbornosti nesporně ano.

Patříte ke generaci významných českých hydrotechniků, na které se generace dnešních čtyřicátníků dívá jako na legendy. Koho jste naopak vnímal jako legendu Vy a kdo Vás nejvíce ovlivnil?

Když jsem nastoupil na katedru vodních staveb fakulty inženýrského stavitelství ČVUT jako studentská síla, byl vedoucím katedry a zároveň rektorem ČVUT Theodor Ježdík, velmi výrazná osobnost ČVUT již od předválečného období. Již od nástupu a zejména po ukončení vysokoškolských studií jsem pracoval pod vedením L. Votruby, mimořádné osobnosti, velmi zaujatého vysokoškolského pedagoga, pro něhož měl student, který se zajímal aktivně o obor, vždy přednost přede vším. Sám jsem byl bezprostředně zapojen do výzkumných aktivit s možností značné samostatnosti. L. Votruba v 60. letech 20. století rozvinul v rámci našeho členství v mezinárodní přehradní asociaci (ICOLD) myšlenku vytvořit relativně široký aktiv vodohospodářských odborníků, který by se věnoval přenášení nových poznatků ze světa do naší praxe. I do těchto aktivit jsem byl zapojen, a díky jim jsem se seznámil s mnohými špičkovými vodohospodáři, mnohdy i podstatně staršími než já. Od nich jsem měl možnost získávat mnohé – hlavně mimo akademickou půdu.

Od mládí jsem byl činný ve vysokoškolském sportu, zajímala mě klasická hudba a stále víc historie. Proto připomínám znovu Dušana Třeštíka, který byl věkově na tom zhruba stejně jako já. Vedle historických prací z 10. století mě velmi zaujaly jeho stati k aktuálním otázkám naší společnosti. Měl jsem možnost se s ním setkat i osobně, bohužel po mém soudu velmi předčasně zemřel, protože lékařský obor přes explozivní rozvoj ještě všechno nezvládá.

Bylo by nespravedlivé opomenout mladší spolupracovníky na katedře a jejich pozitivní vztah ke mně.

Na závěr bych rád připojil poznámku, že se málo zabýváme vodou jako velmi významnou součástí krajiny, v níž žijeme. Nerozčilují nás vyschlá koryta potoků v období sucha ani vyprahlé pobřežní zóny. Bez rozpaků se plavíme po hladině zasažené množstvím sinic, někdy se v takových vodách i koupeme atd.

Problematika vody v přírodním i urbanizovaném prostředí by asi měla být trvale v popředí našeho zájmu, ne jako mocenský nástroj, ale něco, co je blízké našemu srdci.

Ing. Pavel Balvín



Sto let vodního díla Les Království na horním Labi jako připomínka v rámci oslav velkého výročí vzniku samostatného Československa

Pro mnohé to je nejkrásnější přehrada u nás, s unikátními romantickými prvky na koruně. Je vedena v seznamu národních kulturních památek ČR pod poněkud zvláštním označením Vodní elektrárna – přehrada Les Království v Bílé Třemešné, i když to zřejmě není zásluhou samotné vodní elektrárny.

V průběhu let se měnilo oficiální označení vodního díla; ještě v roce 1975 je uváděno pod názvem VD Bílá Třemešná, jindy se psalo VD Nad Dvorem Králové a někteří patrioti by se rádi vrátili k původnímu (snad) označení Tešnov.

Pro vodo hospodáře je cenné, že myšlenka vybudovat toto vodní dílo se zrodila již na počátku 20. století, kdy se u nás prosazovaly názory na potřebu hospodařit s vodou a po varovných zkušenostech s velkými povodněmi též chránit se před extrémními povodňovými škodami.

Povodně v letech 1890 a 1897 vyvolaly požadavky na úpravu odtokových poměrů v nejvíce postižených povodích. To zřejmě přispělo k přijetí mnohem širěji pojatého říšského zákona (v roce 1903), z něhož bez odkladů vzešla i operativní reakce zemského úřadu – záměr na úpravy na Labi pod Špindlerovým Mlýnem až po Jaromeř, v nichž byla zahrnuta též výstavba přehrad Labská a Les Království (podle dnešního označení)

V přehradním místě u Bílé Třemešné se začalo s výstavbou v roce 1910 a až do vypuknutí války (1914) práce probíhaly plynule. Pak došlo k zásadním omezením, takže se výstavba přehrady a nádrže protáhla až do roku 1919 (na rozdíl od Labské přehrady dokončené v roce 1916 – snad proto, že nesla v názvu jméno císaře pána). V letech 1920–1923 byla vybudována vodní elektrárna o výkonu 2,21 MW, snahy o vyšší instalovaný výkon a špičkový provoz vyzněly naprázdno – pro obtíže spojené s realizací vyrovnávací nádrže.

Z dnešního pohledu jde i tak o pozoruhodné lhůty výstavby, svými parametry vodního díla dosáhlo některé rekordy, např. šlo o dosud největší objem nádrže u nás (9,159 mil. m³); dnes se s ohledem na množství zachycených materiálů v nádrži uvádí jen 7,26 mil m³. Vodní nádrž byla víceúčelová, i když dominantní byla ochrana před povodněmi; nebylo zanedbáno ani nadlepšování minimálních průtoků, zvažovala se rovněž dodávka vody pro závlahy níže pod vodním dílem.

Dokončení výstavby VD Les Království spadalo do prvních vodohospodářských akcí nového státu, který z dob Rakouska-Uherska „zdědil“ některá vodní díla, zároveň však i mnohé problémy. Mimo jiné bylo nutno odborně reagovat na válečnou katastrofu přehrady na Bílé Desné, a pokud jde o Les Království, již při prvním napouštění nádrže se ukázaly mimořádně velké průsaky podložím přehrady. Východiska se hledala v použití tehdy málo rozvinuté technologie injektáže, jako účinné se však ukázalo až vybudování levobřežní těsnicí zdi zasahující směrem do nádrže až 182 m, na niž později navázal další těsnicí prvek, zasahující do hloubky levého svahu. Potřeba dotěšňovat podloží se ostatně ukázala vícekrát v průběhu let provozu, naposledy v letech 1996–1997.

Přes tyto významné provozní problémy vodní dílo dobře plnilo požadované funkce, hlavně snižování povodňových průtoků v Labi, a to včetně extrémních povodní v roce 1997 a dalších. Přitom správce vodního díla opakovaně prováděl zásahy zejména v zájmu vyšší kapacity a operativnosti spodních výpustí, s cílem co nejvíce využít retenčního potenciálu díla. Provoz vodního díla zřejmě vyžadoval kvalifikovanou a zejména soustavnou péči o funkční spolehlivost a technický stav celého vodohospodářského komplexu. Rovněž vodní elektrárna prodělala opakované rekonstrukce.

Závažné problémy jsou dlouhodobě spojeny s vodní nádrží, zaujímající kaňonovitě údolí Labe. Jejich hlavní příčinou byly odpadní vody z provozů výroby papíru a celulózy v Krkonoších. Toto odvětví se tu rozvíjelo od poloviny 19. století, nejvýznamnější nárust výroby však nastal po roce 1950. Odpadní vody hlavně z papíren v Hostinném se v důsledku nezvládnuté technologie čištění staly velkou zátěží pro mnohakilometrový úsek Labe, mj. znečištěním vodního toku s výrazným zápachem. Trvajícím stav se postupně stal závažným politickým problémem, který se nakonec (po roce 1975) řešil změnou výrobního programu papíren, v rámci něhož bylo možno problém odpadních vod zvládnout. To vše se událo až za situace, kdy v nádrži bylo usazeno velké množství plavenin (odhadem přes 1,5 milionu m³), o nichž se uvažovalo jako o průmyslovém odpadu. Zásadním přínosem však bylo vytvoření podmínek pro postupnou obnovu dobrého stavu prostředí nádrže. Zejména se postupně omezoval charakteristický zápach a dospělo se k záměru vytěžit usazené materiály. Ukázalo se, že převážně jde materiály transportované vodou z lesních popř. zemědělských ploch z povodí přesahujícího rozlohou 500 km², ovšem kontaminované papírenskými odpady.

Hlavní problém spočívá v tom, jak a kam uložit takové množství materiálu, což nepochybně vyvolá extrémní náklady. Zřejmě se taková akce vymyká z možností správce vodního díla, Povodí Labe, státní podnik. Na problém je nepochybně třeba nahlížet jako na řešení staré ekologické zátěže.

Významným technickým problémem je odvodnění usazeného materiálu a ochrana Labe pod nádrží před znečištěním v průběhu těžebních prací.

Tyto závažné skutečnosti zřejmě oddálily globální řešení sanace nádrže, v současné době se podařilo zajistit systematické odstraňování spláví transportovaného do nádrže, které je zachycováno pomocí clony na hladině, osazené v místě s dobrým přístupem ze silnice.

Na závěr je možno shrnout, že za sto let svého života VD Les Království spolehlivě plnilo své funkce a díky soustavné péči o jeho technický stav a bezpečnost naznačuje dobrou kondici do dalších desetiletí.

V období předválečné Československé republiky vodohospodářská výstavba v oblasti horního Labe se zaměřila hlavně na výstavbu významných jezů s vodními elektrárnami, což bylo spojeno s úpravami úseků vodních toků. Ty ostatně probíhaly jako soustavné zásahy na dalších tocích. Výstavba vodních nádrží se realizovala na přítocích, např. VD Seč na Chrudimce a VD Pastviny na Divoké Orlici. Po roce 1950, již v prvním období poválečné obnovy, přibyla soustava Křižanovice – Práčov na Chrudimce.

V éře tzv. socialistické výstavby z vodohospodářského hlediska nebyl ve východních Čechách rozvoj zvláště pozoruhodný. Výjimkou byla nádrž na Rozkošském potoce s převodem vody z Úpy (1972), která byla motivována potřebou nadlepšovat průtoky na dlouhém úseku Labe. Další doporučované projekty vodních děl, včetně klíčové nádrže v oblasti horního Labe, byly opakovaně odkládány – rozhodující „činitelé“ zřejmě měli jiné priority. Pro řešení napjaté situace v zásobování pitnou vodou bylo nutno dodatečně „použít“ již dříve postavených VD Křižanovice, popř. Seč.

Po roce 1989 a po vzniku České republiky před dvaceti pěti lety a také po nástupu období extrémních povodní (od roku 1997) nebyl v oblasti realizován žádný projekt v zájmu posílení možností hospodaření s vodou. S podporou státu se uskutečnila výstavba suchých nádrží a množství dalších protipovodňových opatření, další akce se připravují (např. suchá nádrž Mělčany). Velmi populární se stala výstavba popř. obnova malých vodních elektráren s využitím dříve vybudovaných jezů.

V rámci vládních opatření vyvolaných extrémním suchým obdobím na našem území byla oživena myšlenka vybudovat několik vodních nádrží, ve východních Čechách významné víceúčelové vodní dílo Pěčín na Zdobnici. S ohledem na reálné lhůty realizace takových veřejných staveb jde o záměr, který může veřejnosti pomoci tak za dalších pětadvacet let. Proto nemůže pomoci v kritické situaci letošního podzimu, kdy při dalším pokračování období bez srážek mohou extrémně nízké průtoky v Labi narušit i provoz elektrárny Opatovice – včetně dodávky tepla pro Hradec Králové, Pardubice a další obce. Navíc v přípravě VD Pěčín se zatím nepokračuje.

Autor

prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc.

✉ vojtech.broza@fsv.cvut.cz

ČVUT v Praze

Odborný seminář „Problematika revizí domovních ČOV podle § 15a vodního zákona“

Dne 11. září 2018 proběhl na Novotného lávce v Praze pod záštitou odborné skupiny Odpadní vody-čistota vod při ČVTVHS, z. s., a ve spolupráci s odbornou skupinou ČAO při České asociaci pro vodu akreditovaný seminář zaměřený na revize domovních čistíren o velikosti do 50 EO. Hlavním cílem semináře bylo zhodnotit dosavadní zkušenosti s procesem revizí, které odborně způsobilé osoby (OZO) provádějí od roku 2012, a představit návrh novely metodického pokynu k provádění revizí podle § 15a vodního zákona č. 254/201 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Seminář byl určen pro pracovníky vodoprávních úřadů, ale účastnili se jej i pracovníci z řad OZO a státních podniků Povodí (celkem 59 účastníků).

Domovní čistírnu odpadních vod do 50 EO je dnes možno legalizovat dvěma možnými způsoby: stavebník může zažádat vodoprávní úřad o klasické vodoprávní povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních podle § 8 odst. 1 písm. c), nebo pokud je DČOV deklarována jako výrobek v souladu s harmonizovanou technickou specifikací (nese označení CE), může ji ohlásit jako vodní dílo podle § 15a vodního zákona. Vodoprávní úřad má možnost rozhodnout, který ze způsobů je na základě místních podmínek vhodnější.

Impulz novelizovat metodický pokyn k provádění revizí po šestileté praxi vzešel od Ministerstva životního prostředí. Ing. Ivana Beděrková z odboru ochrany vod představila hlavní důvody změn i konkrétní návrhy, především zjednodušení formuláře revizní zprávy, aby se tak snížil rozsah písemné agendy při předpokládaném nárůstu využívání ohlašování v budoucnu. Zpracovatelé VÚV TGM, v. v. i., ve spolupráci s MŽP a školiteli OZO Ing. Karlem Plotěným a Ing. Martinem Kollerem připravili novelizovaný metodický pokyn, který na semináři prezentoval Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D. Ve všeobecné shodě zúčastněných je doporučeno, aby se současný formulář revizní zprávy v příloze č. 1 metodického pokynu po dílčích úpravách stal metodickým podkladem OZO pro provedení revize a stručná revizní zpráva s provedenými závěry a fotodokumentací se stala přílohou č. 2 (pouze tato by byla zasílána vodoprávnímu úřadu). Z dalších úprav je možno zmínit požadování praxe OZO v oblasti čištění odpadních vod i u autorizovaných inženýrů a techniků, úpravu povinného vybavení pro provedení revize, začlenění kontroly neporušitelnosti poklopu DČOV z technických i bezpečnostních důvodů a upuštění od kontroly způsobu likvidace přebytečného kalu. Způsob bodového hodnocení DČOV a celkového hodnocení zůstávají nezměněny.

V navazujících přednáškách dopoledního bloku semináře Ing. Karel Plotěný, jednatel společnosti ASIO, s. r. o., a Ing. Marek Jilemnický z Magistrátu města Mladá Boleslav představili své zkušenosti z praxe. Je potřeba říci, že tyto přednášky zaznamenaly největší úspěch. Byly v nich představeny konkrétní problémy nefunkčnosti ČOV, nekázeň uživatelů ČOV, kvalita provedených revizí a administrace vodoprávních úřadů. Tyto jsou většinou pracovně přetíženy a prostor pro kontrolu, zda provozovatelé plní povinnosti vyplývající z § 59 odst. 1 písm. k) vodního zákona, není dostačující. Záleží také na způsobu vedení agendy úřadem.

Který ze způsobů legalizace DČOV je v kterých případech vhodnější, prezentoval Ing. Martin Koller, který je školitelem OZO a revize i sám provádí. Je důležité, aby revize měla pro provozovatele spíše „školící charakter“ a úroveň obsluhy ČOV tak vzrůstala. Nelze také jednoznačně říci, který ze způsobů legalizace je lepší, vždy záleží na konkrétních podmínkách.

Odpolední blok přednášek odborníků odboru technologie vody a odpadů VÚV TGM, v. v. i., byl zaměřen na technologický aspekt DČOV. Ing. Věra Štiková ve spolupráci s Martinem Peškem z Technického a zkušebního ústavu stavebního Praha, s. p., uvedla účastníky semináře do problematiky prokazování shody DČOV (harmonizované technické specifikace). Ty stanovují úkoly při posuzování a ověřování stálosti vlastností výrobků jak pro oznamovaný subjekt, tak i pro výrobce, a na jejich základě jsou uváděny a hodnoceny příslušné charakteristiky (vlastnosti) výrobku. Hodnocenými vlastnostmi jsou: účinnost čištění, kapacita/výkonnost čištění, vodotěsnost, únosnost (stabilita konstrukce), trvanlivost, protipožární odolnost, obsah nebezpečných látek v konstrukčních materiálech. Část z těchto zkoušek (účinnost čištění) je realizována i ve zkušebně VÚV TGM, v. v. i. O tom, jak taková zkouška probíhá a co všechno obsahuje, nás seznámila Ing. Jana Čejková. Probíhá za definovaných podmínek ve zkušební hale a prokazuje splnění účinnosti čištění v jednotlivých parametrech (minimálně BSK₅, CHSK a NL) deklarované výrobcem. Ing. Jiří Kučera prezentoval, na co se zaměřit při zhodnocení funkčnosti DČOV v reálném provozu. Také provedl srovnání náročnosti provozování DČOV vs. jímky na vyvážení.

Poslední přednáška zobecnila podněty pro zefektivnění revizí do budoucna. Jsou to zvláště: součinnost vodoprávních úřadů, OZO a MŽP, zlepšení vedení evidence DČOV na vodoprávních úřadech (kontrola zaslání revizních zpráv), větší důslednost kontrol ze strany OZO, zjednodušení administrace (návrh ohlašování revizí prostřednictvím ISPOP), proškolení obsluhy ze strany firem prodávajících DČOV. Výrobci DČOV by měli také přesněji specifikovat nároky na údržbu svých výrobků včetně periodicity jednotlivých úkonů (často deklarovány jako „bezúdržbová“). Účelné by bylo přenesení některých povinností z metodického pokynu do legislativního předpisu (vodního zákona nebo vyhlášky), zvl. termínování povinnosti provedení první revize do šesti měsíců od zprovoznění ČOV.

Seminář byl účastníky hodnocen jako přínosný s přáním jeho uspořádání i v příštím roce.

Autor

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.

✉ tomas.micanik@vuv.cz

předseda odborné skupiny Odpadní vody-čistota vod při ČVTVHS, z. s.

Ohlédnutí za Národním dialogem o vodě 2018

Tradiční setkání vodohospodářské veřejnosti, zástupců státní správy a samosprávy, které se již vžilo pod označením Národní dialog o vodě, se konalo ve dnech 18.–19. září 2018. Letošní, již osmé pokračování akce, přineslo dvě organizační změny. Předně podzimní termín konání a nově také místo – poprvé účastníky přivítal hotel Skalský Dvůr na Vysočině. Akce byla připravena Českou vědeckotechnickou vodohospodářskou společností (ČVTVHS, z. s.) ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i. (dále jen VÚV TGM). Odborným garantem akce byl Ing. Karel Drbal, Ph.D., (VÚV TGM) a organizačním garantem pak Ing. Václav Bečvář, CSc. (ČVTVHS, z. s.).

Téma letošního ročníku Národního dialogu o vodě, které se neslo pod názvem: Vodní hospodářství a veřejné zájmy, již samo o sobě otevřelo řadu otázek. Akce si kladla za cíl nalézt, alespoň na některé z nich, příléhavé odpovědi. Zejména, co vše je věcí veřejného zájmu ve vodním hospodářství, kde a jak veřejný zájem vzniká, kdo jej formuluje, reprezentuje a hájí atd. Formát akce a zejména přítomnost 77 účastníků nabídly různé pohledy na shodné problematiky vodního hospodářství a životního prostředí z úrovně státní správy, samosprávy, správců a odborné veřejnosti.

V úvodním dopoledním bloku vyhrazeném pro čestné hosty, vystoupil se zdravící a představením VÚV TGM jeho ředitel pan Ing. Tomáš Urban. Připomněl, že jak založení ústavu před 99 lety, tak jeho současná forma, coby veřejné výzkumné instituce, odráží naplňování řady veřejných zájmů. Ty mohou a jsou vnímány různě. Závěrem prezentace zaznělo pozvání účastníků setkání na oslavy 100. výročí založení ústavu v příštím roce. K aktuální problematice sucha a nedostatku vody zazněl příspěvek od předsedy ČVTVHS, z. s., a ředitele ČHMÚ pana Mgr. Marka Riedera. Zde posluchači získali ucelenou představu o všech významných iniciativách, které jsou z vládní (resortní) i parlamentní úrovně vedeny s cílem přijímat klíčová rozhodnutí, jak předcházet a snižovat dopady nedostatku vody. Následoval podrobný vhled do aktivit Ministerstva zemědělství v oboru VH, který přednesl pan Ing. Daniel Pokorný, ředitel odboru státní správy ve vodním hospodářství a správy povodí. Ministerstvo životního prostředí v úvodním bloku prezentoval pan Ing. Evžen Zavadil, vedoucí oddělení ochrany vod a zástupce ředitele odboru ochrany vod. Milým hostem byla paní senátorka Ing. Bc. Anna Hubáčková, která se problematikou vody jako složky životního prostředí zabývá celou svou profesní kariérou a mohla poskytnout účastníkům setkání praktické zkušenosti z vyjednávání samospráv na komunální, krajské úrovni při posuzování různých mnohdy kolizních zájmů.

Vodní hospodářství a veřejné zájmy je téma, které může být uchopeno mnoha způsoby a ani tak není jisté, že budou zodpovězeny beze zbytku všechny související otázky. Aby dialog byl dialogem, bylo snahou organizátorů vytvořit maximální prostor pro řízené diskuse, které byly uvozeny celkem patnácti příspěvky.

Úvodní přednáškou se pan JUDr. Zdeněk Horáček, Ph.D., (Ambruz & Dark Deloitte Legal, s. r. o.) věnoval aplikaci pojmu veřejný zájem ve vodním právu. Již formulace veřejného zájmu není jednoduchým procesem, protože není možné vymezit pouze jeden univerzální zájem, který by byl nadřazen všem ostatním, dílčím. Zde byl připomenut nález Ústavního soudu (28. 6. 2005, sp. zn. Pl. ÚS 24/04), podle kterého by veřejný zájem v konkrétní věci měl být zjišťován v průběhu správního řízení na základě poměrování nejrůznějších partikulárních zájmů, po zvážení všech rozporů a připomínek. Z odůvodnění správního rozhodnutí pak musí zřetelně vyplýnout, proč veřejný zájem převážil nad řadou jiných partikulárních zájmů. Veřejný zájem je třeba nalézt v procesu rozhodování o určité otázce a nelze jej v konkrétní věci a priori stanovit. Z těchto důvodů je zjišťování veřejného zájmu v konkrétním případě typicky pravomocí moci výkonné a nikoliv zákonodárné. Za připomenutí stojí princip definování konkrétního veřejného zájmu přímo zákonem, který jako návrh řešení zazněl v řadě dalších příspěvků. Zmíněný princip „deklarování veřejného zájmu v konkrétně určené věci zákonem“, pokládá Ústavní soud za protiústavní.

Nad potřebou definování veřejného zájmu ve vodním zákoně se zamýšlela ve svém vystoupení paní prom. práv. Jaroslava Nietscheová z Povodí Vltavy, s. p., vycházela ze skutečností, se kterými se správci povodí v praxi setkávají. V různých situacích zpravidla existuje pluralita veřejných zájmů. Veřejný zájem je nutno chápat jako možnost státu (veřejné moci) žádat po kterékoliv právnické nebo fyzické osobě, aby něco konala, něčeho se zdržela nebo něco strpěla. V oblasti vodního hospodářství je zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, veřejný zájem deklarován nebo zohledněn v řadě ustanovení. Za výslovný veřejný zájem je možno považovat stanovení ochranných pásem vodních zdrojů (§ 30 odst. 1). Dále je veřejný zájem uveden § 52 odst. 2 (povinnosti vlastníků staveb a zařízení v korytech vodních toků nebo sousedících s nimi), § 56 odst. 4 (stavby k VH melioracím pozemků), § 59 odst. 5 (povinnosti vlastníků vodních děl) nebo § 62 odst. 2 (povinnosti vlastníků a stavebníků vodních děl při technicko-bezpečnostním dohledu). Závěrem bylo doporučeno zvážit ve smyslu přijaté koncepce vodního hospodářství, které další povinnosti a omezení prohlásí zákon za veřejný zájem, a tím je vyloučí z rozhodování při vodoprávním řízení před vodoprávními úřady.



Podrobný exkurz i do etymologických analýz a filozofických úvah umožnil účastníkům Národního dialogu pan Ing. Arnošt Kult z VÚV TGM svojí přednáškou nazvanou: Historický, sociologický, politologický a právní rozbor pojmu „veřejný zájem“. V úvodu zdůraznil neurčitost, která se váže k sousloví veřejný zájem a dále konstatoval, že se nejedná pouze o pojem úzce právní, ale lze jej spíše označit za pojem společenskovední. V tomto širším pojetí se mnohdy hovoří i o tzv. společenském či celospolečenském zájmu (případně v EU používaném obecném zájmu). V přednášce byl dále věnován prostor dalším souvisejícím pojmům a jejich případným proměnám v historickém kontextu: veřejnost, veřejné záležitosti, veřejné mínění, veřejný statek, obecné dobro. Nicméně závěrem bylo uvedeno, že každý dílčí veřejný zájem lze „rozdělit“ na složku ryze

„racionální“ a spíše „iracionální“, která je většinou určována velmi těžce „uchopitelným“ a neustále se měnícím (rovněž v návaznosti na v dané době převažující politické „tendence“) veřejným míněním.

První blok přednášek uzavřelo vystoupení, ve kterém pan RNDr. Josef K. Fuksa, CSc., (VÚV TGM) odpovídal na otázku: K čemu jsou nám řeky dobré – co formuje veřejný zájem? Proto, aby bylo možné přistoupit ke specifikaci veřejného zájmu na vodních tocích, uvedl autor podrobný přehled funkcí toků v současné krajině. Je-li pominut důležitý „kulturní“ aspekt – řeky jsou historickou součástí krajiny, dějin, našich domovů atd., nabídl autor sdělení dva základní přístupy, které existují a uplatňují se současně: (i) přírodní funkce (historická i současná tvorba krajiny, transport vody, ekosystémy); (ii) antropogenní přístup (zdroje, recipient odpadních vod, energetika, doprava). Přednáška směřovala k zobecnění současného rozporu/kompromisu mezi uvedenými přístupy. K vymezení veřejného zájmu pak bylo doporučeno: těsnější vazba současných právních nástrojů na Rámcovou směrnici o vodách (ve znění čl. 1), respektování vodních toků (vody obecně) jako dlouhodobého společného zdroje, který vyžaduje soustavnou ochranu; s tím související aktivní aplikace principu předběžné opatrnosti včetně zapojení ekosystémových služeb.

Odpolední blok semináře byl zahájen přednáškou „Vodní hospodářství a faktor veřejného zájmu“, kterou za nepřítomného autora, pana RNDr. Pavla Punčocháře, CSc., (MZe) přednesl pan Ing. Daniel Pokorný. V úvodní části navázal na výkladovou část přecházejících sdělení, nicméně zdůraznil, že veřejný zájem představuje právní kategorii, která ohraničuje specifické chování jak individuální, tak, v určitých případech, také státní (pokud by byla omezoována základní občanská práva). Ačkoliv se jedná v praxi o velmi frekventovaný termín, není přesně definován a v mnoha právních předpisech jsou uvedeny odkazy ve vazbě na různé činnosti, omezení, prosazování. Je otázkou, zda specifikaci důvodů uplatnění v konkrétních situacích by měly obsahovat jednotlivé zákony. Nosným tématem přednášky byla tzv. „konkurence“ veřejných zájmů, kdy současné způsoby řešení, např. formou meziresortních dohod, jsou mnohdy problematické a orgány státní správy zjevně nejsou konečnou instancí rozhodování. S pokračujícími důsledky změny klimatu v oblasti vodního hospodářství se dostáváme do „konkursu“ uplatňování veřejného zájmu stále častěji, přičemž způsoby řešení chybějí jak pro individuální chování, tak pro postoje resortů. Zdá se, že nejobtížnější je řešení „nadřazenosti“ v případě ochrany kvality života obyvatel v porovnání s ochranou organismů v přírodních ekosystémech (tj. ochranou přírody). Zda se bude dařit „meziresortní“ vyjednávání je závislé především na jednání osobách, což samozřejmě nastoluje kritiku subjektivní podjatosti. Rozhodování soudu v těchto případech je (politicky) neschůdné. Řešení zjevně nepřináší dikce vodního zákona, že harmonizaci zajistí „plánování v oblasti vod jako trvalá koncepční činnost“. V rámci prezentace bylo připomenuto několik příkladů chybného řešení „konkurence“ veřejných zájmů z poslední doby (odpor obce Nové Heřminovy vůči realizaci záměru ochrany regionu před povodněmi, změna konceptu nádrže Mělnice, ukončení přípravy nádrže Pěčín a zejména snižování počtu hájených lokalit pro potřeby výstavby přehradních nádrží viz Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod).

Jednotlivé veřejné zájmy zajišťované činnostmi podniků Povodí podrobně a přehledně uvedl pan Dr. Ing. Antonín Tůma z Povodí Moravy, s. p. Mezi činnostmi vykonávanými v rámci „veřejného zájmu“ náleží správa povodí definovaná vodním zákonem představující správu a monitoring povrchových vod, jejich ochranu a zabezpečení jejich hospodárneho a účelného využívání včetně ochrany vodních zdrojů, ochrany před povodněmi v rámci vodohospodářského plánování. Vodohospodářské plánování je v tomto smyslu kontinuální a koncepční činnost vykonávaná v rámci veřejného zájmu s historickou tradicí v našich zemích. Podrobně k tématu vodohospodářského plánování v historických souvislostech vystoupil s další přednáškou pan Ing. Miroslav Foltýn (vedoucí útvaru vodohospodářského plánování, Povodí Moravy, s. p.). Chronologicky byl uveden přehled vývoje vodního hospodářství, jeho právních a koncepčních dokumentů v návaznosti na měnící se potřeby společnosti. Nicméně nechyběl ani pohled

na aktuální a někdy bolestivá dílčí témata VH plánování (nejednoznačná metodická podpora procesu plánování, nejasná závaznost realizací potřebných opatření, mnohá opatření nejsou v kompetenci oboru vodního hospodářství atd.).

Na úkoly VH plánování navázala svým vystoupením paní RNDr. Hana Prchalová (VÚV TGM), když se zaměřila na veřejný zájem v plánech povodí podle Rámcové směrnice o vodách. Právě uvedená směrnice zmiňuje veřejný zájem v čl. 4, kde jsou definovány environmentální cíle a případné výjimky z těchto cílů. I když je nadřazený veřejný zájem výslovně uveden pro aplikaci čl. 4.7 (výjimky důsledkem vlivu nově změněných fyzikálních poměrů v útvaru povrchové vody nebo změně hladin útvarů podzemní vody), seznam možných tzv. uznatelných užívání je vyjmenován u identifikace silně ovlivněných vodních útvarů. Mezi uznatelná užívání patří tyto „užitečné funkce“: (i) širší okolí, (ii) plavba, včetně přístavních zařízení, nebo rekreace, (iii) činnosti, pro něž je voda jímána, jako je zásobování pitnou vodou, výroba elektrické energie nebo závlahy, (iv) úprava vodních poměrů, ochrana před povodněmi, odvodňování, nebo (v) jiné stejně důležité trvalé rozvojové činnosti člověka. V české metodice určení silně ovlivněných vodních útvarů z roku 2013 byl seznam uznatelných užívání dále zpřesněn (např. do trvalé rozvojové činnosti člověka byly zahrnuty chov ryb v rámci vodních útvarů v kategorii jezero a odběry vod pro průmysl). Protože uznatelné užívání je zároveň důležitým prvkem pro stanovení ekologického potenciálu (tedy cíle jsou podřízeny tomuto užívání), probíhá v současné době nové upřesnění užitečných funkcí mezi Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem životního prostředí. Zároveň výsledek uznatelných užívání by měl být použit jako podklad pro uplatnění výjimek podle čl. 4.7, neboť hlavní rozdíl mezi identifikací silně ovlivněných vodních útvarů a aplikací čl. 4.7 je v tom, že při identifikaci silně ovlivněných útvarů se jedná o již existující užívání (a následně ovlivnění), kdežto při aplikaci čl. 4.7 se jedná o nové, plánované užívání a změny.

S úvahou na téma: „Je voda samozřejmost nebo národní bohatství“ vystoupil Ing. Václav Hlaváček, CSc. (Agrární komora ČR). V polemické odpovědi bylo zdůrazněno, že voda jako surovina je velkou částí společnosti vnímána spíše jako samozřejmost a odpovídá tomu mnohdy nešetřné nakládání s vodou. Příčinu a rezervy je třeba vidět již ve výchově dětí a mládeže, aby bylo dosaženo jiného, odpovědného postoje k vodě. Změny k lepšímu a hospodárnému užívání vody není možné více odkládat a je třeba uplatnit celou škálu vhodných a promyšlených opatření.

Druhý den semináře byl zahájen tématem – Územní plánování ve veřejném zájmu: teorie a praxe. Velice zajímavou přednáškou představila paní Ing. Věra Trísková, z Krajského úřadu Jihočeského kraje, nástroje, které nám skýtá zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, a leckdy ne zcela šťastné jejich uplatnění v praxi. Úvodem byly připomenuty cíle územního plánování (ÚP), které mj. sledují dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území. Současně úlohou orgánů ÚP je koordinace veřejných i soukromých záměrů změn v území, výstavby a jiných činností, které ovlivňují rozvoj území a konkretizují ochranu veřejných zájmů. Dále územní plánování ve veřejném zájmu chrání a rozvíjí přírodní, kulturní a civilizační hodnoty území, včetně urbanistického, architektonického a archeologického dědictví. Přitom chrání krajinu jako podstatnou složku prostředí života obyvatel a základ jejich totožnosti. S ohledem na to určuje podmínky pro hospodárné využívání zastavěného území a zajišťuje ochranu nezastavěného území a nezastavitelných pozemků. I když v porovnání s jinými právními předpisy lze usuzovat, že cíle územního plánování jsou ve stavebním zákoně podrobněji uvedeny, přesto příklady z praxe ukazují, že ne vždy je dodržen „duch zákona“ či dalších předpisů. Jedním z uvedených příkladů bylo umístování kolizní aktivity do záplavového území, kde se ve výsledku jedná o nesoulad se závazným nástrojem ÚP s celostátní působností, kterým je Politika územního rozvoje ČR, resp. její aktualizace č. 1 z roku 2015.

V další přednášce se pan Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA, (VÚV TGM) zaměřil na problematiku nadřazeného veřejného zájmu s ohledem na uplatnění požadavků a podmínek čl. 4.7 Rámcové směrnice 2000/60/ES (RSV). Ve svém sdělení podrobně přiblížil případ záměru realizace MVE v Rakousku, který nicméně skončil až u Evropského soudního dvora. Výsledkem tedy byla soudní kauza Evropská komise (EK) versus Rakouská republika. Spor spočíval ve skutečnosti, že EK vytýkala Rakousku, že povolením výstavby vodní elektrárny na řece Schwarze Sulm, nebyly splněny povinnosti, které vyplývají z ustanovení čl. 4 odst. 1 a 7 RSV. Současně EK uváděla argument, že nelze ani uplatnit výjimku ze zákazu zhoršení podle čl. 4.7 RSV. Nicméně rakouská strana se opírala o rozhodnutí z roku 2007 povolit projekt vodní elektrárny vedoucí případně ke zhoršení stavu útvaru povrchové vody, jelikož všechny podmínky stanovené v RSV čl. 4.7 byly dodrženy. Navíc zmíněné rozhodnutí bylo přijato po provedení řízení, v němž bylo právně přezkoumáno a posouzeno celkové stanovisko týkající se existence nadřazeného veřejného zájmu s přihlédnutím k cílům RSV a účinkům, které bude mít tento projekt na regionální a lokální úrovni. Důležité je poznamenat, že v případě sporného projektu rakouské úřady velmi podrobně analyzovaly a poměřily očekávané přínosy oproti skutečnosti zhoršení stavu vodního útvaru. Byl doložen cíl výstavby MVE rozvoj energie z obnovitelných zdrojů, což odpovídá nadřazenému veřejnému zájmu, to bylo jednoznačně potvrzeno návaznou studií a veřejný zájem tedy výrazně převážil nad zjištěnými zásahy do environmentálních cílů. Protože EK nedoložila konkrétní výtky k závěrům studie, soudní dvůr konstatoval, že EK tvrzené nesplnění povinností neprokázala a žaloba byla zamítnuta jako neopodstatněná.



Jiný pohled na obsah pojmu veřejný zájem nabídl pan RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., z ČHMÚ. Zabýval se otázkou, nakolik je požadavek pořizovat informace o vodě právě veřejným zájmem. Připomenul milníky, události a konání historických postav, které vedly k zahájení organizovaných měření a vyhodnocování hydrosféry u nás v roce 1875 jako veřejné služby. Současně s uvedením vývoje těchto nároků a požadavků k dnešku byla hledána odpověď na související otázku, zda by hydrologická data mohla být pořizována na komerčním principu. Na základě srozumitelných simulací shrnutí hlavních aspektů, které tvoří užitnou hodnotu služeb, dospěla úvaha k závěru, že získávání dat o vodě naplňuje charakter veřejného zájmu, hlavně proto, že zjevně nenaplnují znaky zájmu soukromého. Zajištění informací o vodě by na komerčním principu zřejmě fungovat nemohlo, pokud by úhrada nebyla zajištěna z veřejných peněz a tedy pořizovatelem stát.

Čtvrtý blok přednášek zahájil pan Ing. Arnošt Kult (VÚV TGM) příspěvkem: Veřejný charakter povrchových vod – historický přehled příslušné právní úpravy. Poměrně podrobný historickoprávní přehled byl zahájen vzhledem do významu pojmů a rozdělení právních věcí v římském právu. Veřejnoprávnost řek, zde byla vymezena ve smyslu tzv. „res publica“ (věc veřejná) – tj. patřící římským občanům. Obdobně rakouský Obecný zákoník občanský z roku 1811, který platil i pro území Čech, Moravy a Slezska prakticky až do roku 1950, pojímal věci veřejné jako obecný statek či veřejný majetek. Podle Ústavy ČSSR (zákon č. 100/1960 Sb.) byly vodní toky pokládány za tzv. národní majetek. Po roce 1989 došlo bohužel k úplnému zrušení příslušného článku – nová Ústava České republiky (zákon č. 1/1993 Sb.) již majetkoprávní charakter povrchových vod neřešila s ohledem na předpoklad, že příslušná ustanovení budou obsažena pouze v zákonu speciálním, tj. v zákonu o vodách. Před vydáním zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), probíhala na dané téma široká odborná diskuse. Nakonec bylo rozhodnuto (i s ohledem na určité obavy z možné „privatizace“ vodních toků) tak, že povrchové vody nebudou pojímány jako předmět vlastnictví (tedy též ne veřejného) – a že budou zahrnuty do kategorie „res nullius“ (věc nikoho, „věc bez pána“). Autor příspěvku vznesl pouze námět na možnou další odbornou diskusi na dané téma (vycházel též z té skutečnosti, že poměrně „vyhrocená“ teoreticko-právní diskuse z devadesátých let minulého století nebyla dosud zcela rozhodnuta) – a to, zda by nebylo vhodné se v případné novelizované právní úpravě „vrátit“ zpět k osvědčenému majetkoprávnímu pojetí povrchových vod obsaženému jak v „klasických“ definicích římského práva, tak i v Obecném zákoníku občanském z roku 1811.

Další sdělení zaměřilo pozornost na povodňovou problematiku, resp. na vývoj míry povodňového ohrožení v ČR. Na základě zpracovaných dat, která byla pořízena v průběhu let 2009 až 2016, dokumentoval Ing. Karel Drbal, Ph.D., (VÚV TGM) negativní trend, totiž zvyšování potenciálních škod v tzv. záplavových územích (ZÚ). Jedná se paradoxně o území, jejichž vymezení podle § 65 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách patří mezi povodňová přípravná opatření. V současnosti jsou v ČR stanovená ZÚ celkem na cca 15 tis. km úseků vodních toků. Silné restriktce (viz § 67 vodního zákona) jsou definovány v tzv. aktivních zónách záplavových území. Těchto je stanoveno na cca 12,5 tis. km úseků toků. Uvedené skutečnosti je třeba vnímat optikou, že informace a podklady o povodňovém nebezpečí, ohrožení a rizicích jsou známé a zmapované pro drtivou většinu lokalit v České republice. Současně všichni bychom měli mít ještě v živé paměti téměř dvě povodňové dekády. Nicméně přesto v případě 250 obcí ze 787 (obce, kde mezi lety 2009–2016 nedošlo ke změně plochy rozlivu Q_{100}) se zvýšil podíl trvale bydlících osob právě v ZÚ o více než 20 %. Uvedené znamená, že se zvyšují povodňová rizika, náklady na realizaci a provoz účinných opatření do budoucna jak preventivních, tak i operativních. Jistě není ve veřejném (většinovém) zájmu ochrana majetků za každou cenu.

Poslední příspěvek pana Ing. Stanislava Žateckého z akciové společnosti Vodní díla – technicko-bezpečnostní dohled se obsáhlým způsobem věnovat využití malých vodních (MVN) a suchých nádrží (SN) jako opatření snižování dopadů povodní a nedostatku vody v obdobích sucha. V souvislosti s ochrannou funkcí bylo konstatováno, že suchá nádrž je totiž jedním z mála typů vodních děl tolerovaných orgány ochrany přírody a ekologickými sdruženími. Nicméně protože se jedná o jednoduchý typ klasické ochranné, resp. retenční, nádrže, je zásadní nevýhodou těchto opatření právě jejich jednoúčelovost, a tím málo efektivní využití investičních prostředků na jejich výstavbu. Jelikož hydrologické extrémy nadbytku a nedostatku vody se sice nepravdělně, ale přeci jen střídají, nejeví se jako efektivní (hospodárné, logické) budovat jednoúčelová zařízení. Důvody, proč tomu tak ve skutečnosti je, jsou spatřovány: v nekonceptčnosti, v politickém populismu, v toleranci orgánů ochrany přírody ke zdánlivě „přírodě bližším projektům“ a příčinou je také „krátká paměť“ obyvatel, kdy se většinou řeší jen aktuální a akutně nepříjemné problémy, a ty i nedávné se odkládají a neřeší. Další nepříjemnou skutečností je mnohdy problematické zajištění minimálních zůstatkových průtoků (MZP) u malých

vodních nádrží, protože řada z nich není vybavena vhodným výpustným zařízením. Veřejný zájem je v této souvislosti spatřován právě v potřebě výstavby nových víceúčelových nádrží, kterými bude možno zajistit zásobní funkci a alespoň MZP pod vodním dílem. Pokud dojde k návrhu změny stávající suché nádrže na víceúčelovou, je nezbytné prověřit použité zeminy v tělese hráze a dořešit případné dotěsnění, nejen dostavbu výpustného zařízení.

Všechny zmíněné příspěvky splnily zamýšlený účel, tedy iniciovat diskuse ke všem souvisejícím otázkám. Diskuse mnohdy pokračovaly i mimo programové bloky o přestávkách a v průběhu společenského večera. Byl tak využit charakteristický a typický znak semináře – dialog. I když nelze předpokládat, že ve všech problematikách všichni účastníci dosáhli názorového konsenzu, splnil letošní Národní dialog o vodě svůj cíl. Zahájit diskusi na mnohdy velmi abstraktní téma, seznámit účastníky s růzností pohledů a vnímání obsahu pojmu veřejný zájem ve vodním hospodářství.

Autor

Ing. Karel Drbal, Ph.D.

✉ karel.drbal@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno



60 let radiologie ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka

Již více než 60 let je ve Výzkumném ústavu vodohospodářském řešena problematika výskytu a chování radioaktivních látek ve vodě. Se sledováním přírodních a umělých radionuklidů v hydrosféře započal již v roce 1956 tým pod vedením Dr. Ing. Jaroslava Bulíčka. Zpočátku hlavním úkolem bylo sledování množství a jakosti důlních vod z těžby uranu v lokalitách Jáchymov, Příbram, Stráž pod Ralskem, Tachov, Okrouhlá Radouň a Dolní Rožínka a jejich vliv na jakost povrchových vod, do kterých byly důlní vody z provozu podniku Český uranový průmysl (později DIAMO, s. p.) zaústěny. Současně se zahájením těchto prací bylo třeba vyvinout metody na stanovení celkových objemových aktivit alfa a beta a jednotlivých radionuklidů, zejména radonu 222, radia 226 a přírodního uranu.

S rozvojem prací byli do oddělení postupně přijímáni další pracovníci, a to p.ch. Jan Pazderník, RNDr. Jaromír Justýn, CSc., vyškolený v problematice radiobiologie v hydrologické laboratoři AV ČR, dále Ing. Adolf Mansfeld, CSc., který vystudoval radiochemii na Lomonosovově univerzitě v Moskvě, absolventi Průmyslové školy jaderné techniky Jaroslav Hájek, Jarmila Vokáčová a Milada Světová a dále Hana Kalová a Eduard Hanslík, který si následně doplnil vzdělání externím studiem na Vysoké škole chemicko-technologické. V letech 1964 až 1969 vystudoval obor technologie vody a na téže instituci obhájil v roce 1980 i vědeckou aspiranturu. Absolvoval také hydrologický kurz UNESCO na Lomonosovově univerzitě v Moskvě a stal se vedoucím oddělení Jakosti povrchových vod, v roce 1987 vedoucím odboru Procesů změn jakosti vod a od roku 1991 byl vedoucím útvaru Radioekologie, který byl následně včleněn do sekce Jakosti vod a ochrany ekosystémů – nyní Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů. Do roku 1990 docházelo jen k malým personálním změnám, po tomto roce pak byli postupně přijímáni noví pracovníci: Ing. Barbora Sedlářová, RNDr. Diana Marešová, Ph.D., Ing. Eva Juranová, Ing. Irena Pohlová, Bc. Martina Kluganostová, Michal Novák a Michal Komárek. Od prosince roku 2017 je vedením oddělení pověřena Ing. Barbora Sedlářová.

Radioanalytické postupy aktuálně potřebné pro řešení projektů byly a jsou dosud vyvíjeny v laboratoři Radioekologie a postupně předávány i vodohospodářským radiologickým laboratořím (VHRL). Kvalita práce laboratoře je pravidelně ověřována s využitím standardů radioaktivních látek získaných od Českého metrologického institutu Oblastního inspektorátu Praha. Laboratoř se též zúčastňuje mezilaboratorního porovnání zkoušek, včetně analýzy referenčních vzorků poskytovaných Mezinárodní agenturou pro atomovou energii ve Vídni. Oddělení se za využití radioanalytických postupů zaměřilo jak na chování přírodních a umělých radioaktivních látek ve vodním prostředí, tak na problematiku radioekologie vodních organismů. Šlo především o výzkum sorpce a migrace vybraných přirozených a umělých radionuklidů ve vodním prostředí, vliv přírodních činitelů, terénního smyvu a odpadních látek na jakost vody v tocích a nádržích a vliv těžby radioaktivních surovin na jakost povrchových vod. Byly vyvinuty a navrženy technologické postupy na snížení obsahu radioaktivních látek v podzemních vodách. Jednalo se hlavně o aerační procesy ke snížení obsahu radonu 222 v podzemních vodách a záchyt izotopů radia na vodárenských pískových filtrech preparovaných oxidy manganu a železa. Tento postup byl patentován.

Pozornost byla věnována i kontaminaci dalších složek životního prostředí umělými radionuklidy v souvislosti s jejich uvolňováním ve spojitosti s atmosférickými testy jaderných zbraní. Z uvolňovaných radionuklidů hlavní složku představovaly tritium, radioizotopy cesia a stroncium 90. Pro stanovení stroncia 90 byla využívána srážecí metoda. Výsledky od roku 1963 do roku 1986, kdy došlo k havárii v Černobylu, představovaly reziduální kontaminaci po

atmosférických testech jaderných zbraní. V roce 1986 došlo ke zvýšení a posléze k postupnému poklesu koncentrací až do roku 2001, kdy byl zahájen provoz Jaderné elektrárny Temelín. Po zahájení provozu tak docházelo k superpozici stroncia uvolněného do prostředí po testech jaderných zbraní, po havárii v Černobylu a po zahájení vypouštění odpadních vod z Jaderné elektrárny Temelín. Metody na stanovení tritia – kapalinová scintilační spektrometrie a radioizotopů cesia – gamaspektrometrie byly zavedeny později po roce 1990, tedy po havárii reaktoru v Černobylu, protože byly vázány na finančně nákladné přístrojové vybavení. V návaznosti na potřebu sledování změn koncentrace přírodních i umělých radionuklidů v povrchové vodě, v upravené (pitné) vodě, dnových sedimentech a biomase vodních rostlin a organismů byla laboratoř zařazena do Radiační monitorovací sítě ČR, jejíž činnost je metodicky řízena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. V této oblasti laboratoř spolupracuje úzce s vodohospodářskými radiologickými laboratořemi státních podniků Povodí, a to zejména při odběru a předúpravě vzorků.



Členové subkomise pro radiologické metody v roce 2018

Od osmdesátých let je v souvislosti s výstavbou jaderných elektráren a zároveň i ochranou vodních zdrojů stěžejním bodem činnosti oddělení radiologie podrobný průzkum jakosti povrchových, podzemních a srážkových vod, dnových sedimentů a biomasy vodních rostlin a ryb. Pracovníci oddělení a další se soustředili především na lokalitu plánované Jaderné elektrárny Temelín, jejímž vlivem na vodní prostředí i prognózou vlivu její dostavby se zabývá dodnes. V souvislosti s výstavbou a provozem této elektrárny byla řešena řada projektů zabývajících se možnými vlivy jejího provozu na životní prostředí: Výzkum vlivu Jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru a další složky životního prostředí, Výzkum vlivu jaderné energetické zařízení na životní prostředí a dále Program sledování a hodnocení vlivu Jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí a sledování pro ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín. Byla získána více než 25letá řada výsledků, které jsou průběžně zpracovávány a publikovány. Do roku 2000 se práce soustředily na hodnocení „předprovozního stavu“, tj. hodnocení referenčních úrovní. Od roku 2001 je hlavním cílem prací hodnocení možného vlivu JE Temelín na životní prostředí, resp. hydrosféru.

Oddělení Radioekologie se zabývá i řadou dalších odborných problematik, např. kontaminací životního prostředí umělými radionuklidy tritiem, stronciem 90 a cesiem 134, resp. cesiem 137, v důsledku havárie jaderného reaktoru

v Černobylu se zaměřením na kontaminaci povrchových toků a dnových říčních sedimentů, dále odstraňováním radionuklidů úpravárenskými postupy a v poslední době především hodnocením jakosti vody v tocích – kontaminací hydrosféry radioaktivními látkami nebo migrací škodlivých látek v povodí Labe (s využitím tritia jako stopovací látky).

Vedoucí oddělení řídí subkomisi č. 4 Radiologické metody, která je součástí Technické normalizační komise č. 104, a ve spolupráci se SWECO Hydroprojekt, a. s., se podílí na tvorbě ČSN/TNV. Dále je členem Mezinárodní radioekologické společnosti, členem odborné skupiny Odpadní vody a čistota vod ČVTVHS, z. s., členem Konzultační rady ASLAB a Meziřezortní radonové komise.

V rámci oddělení jsou pro potřeby vlastní i pro potřeby vodohospodářských laboratoří státních podniků Povodí vyvíjeny a ověřovány metody stanovení radioaktivních látek. Připravují se podklady pro zavádění ukazatelů radioaktivity a jejich hodnot v hydrosféře do právních předpisů. Odborně jsou garantovány celostátní konference se zahraniční účastí Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství (1958–2018) a Radiologické metody v hydrosféře (2003–2017). Ve spolupráci s VÚVH Bratislava jsou každoročně pořádány Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří (1991–2018). O tom, že Radioekologická laboratoř Výzkumného ústavu vodohospodářského (dnes VÚV TGM, v. v. i.) je uznávána i z mezinárodního hlediska svědčí také dlouhodobé citování E. Hanslíka v encyklopedii Who's Who od roku 2001 a Who's Who in Science and Engineering od roku 2003 dosud.

Obsáhla je také publikační činnost. Jde o desítky příspěvků na semináře a konference v ČR i zahraničí, desítky článků v tuzemských, ale i zahraničních časopisech. Z nich lze jmenovat např.:

- Hanslík, E., Mansfeld, A. Tritium v odpadech jaderného palivového cyklu. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, Výzkumný ústav vodohospodářský, Práce a studie, 1983, seš. 159, s. 159.
- Mansfeld, A., Hanslík, E. Radium-226: Content reduction in waters used for drinking purposes, Praha: State Agricultural Publishing House, Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha Výzkumný ústav vodohospodářský, Práce a studie, seš. 177, 62 s., 1990. ISBN 80-209-0137-X.
- Hanslík, E., Mansfeld, A., Žáček, L. Způsob odstraňování radia z vody filtrací přes filtrační písek. AO č. 190791.
- Hanslík, E. Vliv Jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru a další složky životního prostředí. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Výzkum pro praxi, seš. 26, 37 s., 1994. ISBN 80-901181-7-8.
- Hanslík, E. Vliv Jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Výzkum pro praxi, seš. 34, 80 s., 1996. ISBN 80-85900-12-2.
- Hanslík, E. Impact of Temelín power plant on hydrosphere. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Výzkum pro praxi, seš. 35, 96 s., 1997. ISBN 80-85900-13-0.
- Hanslík, E. aj. Vliv těžby uranových rud na vývoj kontaminace hydrosféry Ploučnice v období 1966–2000. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 148 s., 2002. ISBN 80-85900-43-2.
- Kolektiv. Příručka provozovatele úpravny pitné vody. Líbeznice: SOVAK, s. 24–27, 2005. ISBN 80-239-4565-3.
- Ivanovová, D., Hanslík, E. Optimalizace monitoringu kapalných výpustí z jaderné elektrárny Temelín. Bezpečnost jaderné energie, roč. 17, č. 1/2, s. 29–36, 2009. ISSN 1210-7085.
- Ivanovová, D., Hanslík, E. Vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi do roku 2008. VTEI, roč. 51, č. 6, s. 1–5, 2009. ISSN 0322-8916.
- Ivanovová, D., Hanslík, E. Vývoj objemové aktivity tritia v povodí řeky Vltavy. Bezpečnost jaderné energie, roč. 18 [56], č. 3/4, s. 68–75, 2010. ISSN 1210-7085.
- Ivanovová, D., Hanslík, E. Temporal and spatial changes in tritium concentration in the Vltava River basin affected by the operation of Temelín Nuclear Power Plant. Acta Universitatis Carolinae Environmentalica, roč. 2009, č. 1–2, s. 17–31, 2010. ISSN 0862-6529.
- Ivanovová, D., Hanslík, E., Stierand P. The assessment of natural and artificial radionuclides in river sediments in the Czech Republic. Sediment Dynamics for a Changing Future, roč. 2010, č. 337, s. 157–162, 2010. ISSN 0144-781.
- Marešová, D., Hanslík, E., Juranová, E. Přírodní a umělé radionuklidy v říčních dnových sedimentech a plaveninách na území České republiky v období 2000–2010. VTEI, roč. 53, č. 6/2011, s. 1–5, 2011. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E., Barnet, I., Marešová, D. aj. Radioaktivní látky v životním prostředí. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., 83 s., 2012. ISBN 978-80-86832-64-7.
- Hanslík, E., Marešová, D. Case study: Quantification of individual components of tritium balance in the Vltava and Elbe Rivers affected by the operation of Temelín Nuclear Power Plant (Czech Republic) [Kap.] In: Tosti, S. and Ghirelli, N. (eds.) Tritium: Production, Uses and Environmental Impact. New York: Nova Publishers p. 339–354, 2013. ISBN 978-1-62417-270-0.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Radioactive Background in Hydrosphere prior to Planned Extension of Nuclear Power Plant. International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering (IJNESE), vol. 3, No. 3, p. 47–55, 2013. ISSN 2226-3217.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Development of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs background activity concentrations in hydrosphere and impact of Nuclear Power Plant Temelín (Czech Republic). In: Ban, M. et al. (eds.) 8th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, September 22.–27. 8. 2013, Dubrovnik, Croatia, Book of Abstracts. Zagreb, Chorvatsko: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, 2013, p. 384.
- Hanslík, E., Juranová, E., Marešová, D. Temporal changes of background of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in hydrosphere in the Czech Republic. In: Radiation, ecology and manmade risk factors. Gomel, Bělorusko, 26. 9. 2013. Minsk, Bělorusko: Institute of radiology, National Academy of Sciences of Belarus, p. 169–171. 2013. ISBN 978-985-7003-32-7.
- Hanslík, E., Juranová, E. Radon 222 at ground water treatment plant. In: 7th International symposium on Naturally Occuring Radioactive Material. Beijing, Čína, 2013, 22. 4. 2013, p. 95.
- Hanslík, E., Juranová, E. Natural radionuclides at ground water treatment plant. Bezpečnost jaderné energie, roč. 21(59), č. 5/6, s. 152–155, 2013. ISSN 1210-7085.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Temporal and spatial changes in radiocesium and radiostrontium concentrations in the Vltava River basin affected by the operation of Temelín Nuclear Power Plant. European Journal of Environmental Sciences, vol. 3, No. 1, p. 5–16, 2013. ISSN 1805-0174.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Vliv atmosférických testů jaderných zbraní a významných jaderných havárií na obsah radioaktivních látek v povrchových vodách na území České republiky. SOVAK, roč. 22, č. 10, s. 12–16, 2013. ISSN 1210-3039.
- Hanslík, E., Juranová, E., Ramešová, L. Chování radioaktivních látek v hydrosféře - podmínky laboratorního stanovení distribučního koeficientu. In: Hanslík, E. a Kánská, K. (eds.) Sborník konference Radiologické metody v hydrosféře 13. Buchlovice, 14. 5. 2013. Semtín: Ekomonitor spol. s r.o., s. 54–59, 2013. ISBN 978-80-86832-71-5.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Natural and artificial radionuclides in river bottom sediments and suspended matter in the Czech Republic in the period 2000–2010. Journal of Environmental Protection, vol. 5, No. 2, p. 114–119, 2014. ISSN 2152-2197.
- Juranová, E., Hanslík, E. Stanovení distribučního koeficientu pro sorpci umělých radionuklidů ve vodním prostředí. VTEI, roč. 56, č. 2, s. 5–8, 2014. ISSN 0322-8916.
- Desortová, B., Hanslík, E. Vývoj biomasy fytoplanktonu v monitorovaných tocích povodí Vltavy po zahájení provozu JE Temelín (období 2001–2013). In: Hanslík, E. (ed.) Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, XXIII. konference. České Budějovice, 6. 5. 2014. Praha: ČVTVHS-OS čistota vod, 2014.

- Fremrová, L., Hanslík, E. Normy pro stanovení radioaktivních látek ve vzorcích vody, názvoslovné normy a další související normy. In: Hanslík, E. (ed.) Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, XXIII. konference. České Budějovice, 6. 5. 2014. Praha: ČVTVHS-OS čistota vod, 2014.
- Hanslík, E., Juranová, E. Ukazatele NEK v nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění. In: Hanslík, E. (ed.) Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, XXIII. konference. České Budějovice, 6. 5. 2014. Praha: ČVTVHS-OS čistota vod, 2014.
- Juranová, E., Hanslík, E. Metodika stanovení sorpčních vlastností umělých radionuklidů ve vodním prostředí. In: Hanslík, E. (ed.) Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, XXIII. konference. České Budějovice, 6. 5. 2014. Praha: ČVTVHS-OS čistota vod, 2014.
- Marešová, D., Juranová, E., Hanslík, E. Vztahy objemové aktivity tritia v profilech Vltava Kořensko, Solenice a Praha-Podolí a Labe Hřensko za období 2008–2013. In: Hanslík, E. (ed.) Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, XXIII. konference. České Budějovice, 6. 5. 2014. Praha: ČVTVHS-OS čistota vod, 2014.
- Hanslík, E., Marešová, D., Desortová, B. Studie radiologických, biologických a fyzikálně-chemických charakteristik vodního prostředí a jejich změn v souvislosti s provozem Jaderné elektrárny Temelín. VÚV TGM, v. v. i, Práce a studie, sešit 206, s. 135, 2015. ISBN 978-80-87402-38-2.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E. Development of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs background activity concentrations in hydrosphere and impact of Nuclear Power Plant Temelín (Czech Republic). *Journal of Environmental Protection*, vol. 6, No. 8, p. 813–823, 2015. ISSN 2152-2219.
- Juranová, E., Hanslík, E., Novák, M., Komárek, M. Sorpce umělých radionuklidů na dnové říční sedimenty a její závislost na vlastnostech sedimentů. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 57, č. 3, příloha *Vodního hospodářství* č. 6/2015. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E., Marešová, D., Desortová, B. Behaviour of selected radiological, biological and physico-chemical indicators of the hydrosphere and their changes related to the operation of the nuclear power plant Temelín. Praha: VÚV TGM, v. v. i, Research Publications, No. 207, p. 135, 2015. ISBN 978-80-87402-53-5.
- Sedlářová B., Hanslík, E., Juranová, E. Rychlá metoda stanovení celkové objemové aktivity beta. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 58, č. 1, s. 28–33, 2015. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E., Sedlářová, B. Umělé radionuklidy v hydrosféře – reziduí kontaminace a vliv Jaderné elektrárny Temelín. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 58, č. 2, s. 20–27, 2015. ISSN 0322-8916.
- Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E., Vlnas, R. Dependence of selected water quality parameters on flow rates at river sites in the Czech Republic. *Journal of Suitable Development of Energy, Water and Environmental Systems*, 2016, vol. 4, No. 2, p. 127–140.
- Marešová, D., Hanslík, E., Juranová, E., Sedlářová, B. Case Study: Long Term Consequences of Atmospheric Tests of Nuclear Weapons and Chernobyl Disaster on Territory of South Bohemia (Czech Republic). Ed. Maxine Peterson, *The Chernobyl Disaster, NOVA*, p. 107–132, 2016. ISBN 978-1-63485-458-0.
- Marešová, D., Sedlářová, B., Juranová, E. Stanovení velmi nízkých objemových aktivit tritia s využitím elektrolytického nabohacení vzorků. *Czech Chemical Society Symposium Series*, roč. 14, č. 5, s. 214, 2016. ISSN 2336-7202.
- Marešová, D., Sedlářová, B., Hanslík, E., Juranová, E. Spolupráce VÚV TGM, v. v. i, a státních podniků Povodí v rámci Radiační monitorovací sítě ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 59, č. 3, s. 23–26, 2017. ISSN 0322-8916.
- Marešová, D., Hanslík, E., Juranová, E., Sedlářová, B. Determination of low level tritium concentrations in surface water and precipitation in the Czech Republic. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 314, No. 2, p. 681–687, 2017. ISSN 0236-5731.
- Mičaník, T., Hanslík, E., Němejcová, D., Baudišová, D. Klasifikace kvality povrchových vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 59, č. 6, 2017. ISSN 0322-8916.

Na práci laboratoře je kladně hodnocena odbornost a profesionální přístup k problematice, k čemuž přispívá vynikající spolupráce s řadou institucí v oboru, ať už jde o radiologické laboratoře státních podniků Povodí, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Státní ústav radiační ochrany, ÚJV Řež, a. s., či výrobní podniky apod. V laboratoři byla vychována řada odborníků v oboru formou školení, resp. diplomových a doktorských prací pro Přírodovědeckou fakultu UK a Vysokou školu chemicko-technologickou.

Stručný příspěvek, jenž se pokusil zmapovat více než 60letou činnost radiologické laboratoře Výzkumného ústavu vodohospodářského (dnes VÚV TGM, v. v. i.), dokladuje úspěšné zvládnutí široké škály úkolů v oblasti radioekologie, zejména pokud jde o sledování radioaktivních látek ve vodách a dalších složkách životního prostředí, hodnocení vlivu jaderných zařízení na hydrosféru, vývoj a aplikaci metod radiologické analýzy hydrosféry a řadu dalších.

Autor

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

✉ eduard.hanslik@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

VTEI/2018/6

Od roku 1959

**VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE
WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION**

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství. Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 60



VTEI.cz

Vydává: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

Redakční rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Jana Poárová, Ph.D., Mgr. Mark Rieder, RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba

Vědecká rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc., prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník, Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Šéfredaktor:

Bc. Lenka Michálková
T: +420 220 197 465
E: lenka.michalkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s. r. o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v únoru.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365



PSTRUH OBECNÝ POTOČNÍ

Listopad a prosinec jsou měsíce námluv a rozmnožování pstruha obecného potočního (*Salmo trutta morpha fario*). Během tahu na svá trdliště jsou ryby za určitých podmínek schopny překonat i jeden metr vysoké překážky v podobě různých splavů a prahů. Jikernačky si na trdlištích vybírají ty nejzdatnější partnery, přičemž pomocí ocasní ploutve vytloukají do štěrkovitého dna jamky (hnízda), ve kterých následně za přispění svého vyvoleného vypouštějí drahocenné jikry. Tímto je přirozenou cestou zaděláno na další generaci tohoto našeho cenného, původního rybního druhu. Vývoj jiker díky chladné vodě trvá velmi dlouho, běžně i přes 100 dní, a líhnutí plůdku nastává až někdy v jarních měsících. V posledních letech početnost pstruží populace klesá. Na vině jsou nešetrné úpravy vodních toků a dlouhá, suchá letní období. *Text a fotografii dodal Rostislav Štefánek, www.zezivotaryb.cz.*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz