

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

POBOČKA BRNO

Brněnská pobočka Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., vznikla v roce 1949 jako samostatné pracoviště tehdejšího Státního ústavu hydrologického a hydrotechnického v Praze se zaměřením na vodohospodářský výzkum v povodí Moravy a Odry.

Cílem prací bylo zlepšení čistoty toků v této oblasti, zkvalitnění technologických postupů při úpravě vody a vyřešení likvidace odpadních průmyslových vod. Postupně se činnost pracoviště rozšiřovala o problematiku nových postupů ve vodárenství, v likvidaci odpadních vod a kalů i o výzkum speciální úpravy vody. Brněnská pobočka byla dále pověřena řešením rozvoje vodního hospodářství, a tím se výrazně podílela na tvorbě koncepcí vodohospodářského rozvoje v povodí Moravy a Odry, včetně ochrany vodních zdrojů. Během své činnosti pobočka úspěšně vyřešila mnohé úkoly, které přesahovaly rámec regionu.

V současné době se činnost pobočky zaměřuje především na ochranu vod, a to jak v povodí Moravy, tak na celonárodní úrovni i v rámci mezinárodní spolupráce na hraničních vodách nebo v mezinárodních programech.

V rámci pobočky pracují tato oddělení:

Oddělení hospodaření s vodou

- zpracování a upřesňování koncepce ochrany a využívání vodních zdrojů v regionu řeky Moravy, včetně ochrany území před účinky povodní,
- analýzy a hodnocení hydrologických jevů, vyvíjení metod jejich analýzy a modelování,
- výzkum metod monitoringu vod, procesů znečišťování vod, stavu vod, vodních útvarů a ochrany vodních ekosystémů,
- zpracování kvantitativních vodohospodářských bilancí, posuzování a hodnocení hospodaření s povrchovými a podzemními zdroji vody,
- výzkum metod zpracování informací, tvorby a využití databází, včetně geografických informačních systémů.

Oddělení ochrany jakosti vod

- sledování, hodnocení a modelování jakosti povrchových tekoucích vod se zaměřením na vývoj a aplikaci nových postupů a nástrojů hodnocení,
- metodické a vývojové činnosti související s implementací Rámcové směrnice EU na úseku ochrany povrchových vod,
- sledování a hodnocení efektu revitalizačních opatření na vodních tocích, hodnocení extenzivních technologií čištění odpadních vod,
- zajištění aktivit v Mezinárodní komisi pro ochranu Dunaje a při řešení problematiky hraničních vod se Slovenskem a Rakouskem a spolupráce na vývoji metod hodnocení mezinárodní spolupráce v oblasti EHK/OSN,

- metodické činnosti na úseku stanovení minimálních zůstatkových průtoků v tocích a spolupráce na sledování a hodnocení hydromorfologických podmínek v tocích.

Oddělení hydrochemie

- chemické, fyzikálně-chemické a radiologické analýzy povrchových, podzemních, pitných a odpadních vod, plavenin, sedimentů a dalších složek hydrosféry,
- rozvoj, prověřování a aplikace nových nebo převzatých analytických metod v oblasti sledování hydrosféry (normy ISO, EN),
- základní i speciální analytický servis pro činnost v oblasti výzkumu životního prostředí,
- poradenská, konzultační a expertní činnost v oblasti kvality vod.

Oddělení hydrobiologie

- zajišťování biologické části Programu situačního monitoringu a Programu monitoringu referenčních podmínek podle požadavků Rámcové směrnice EU, včetně metodického řízení,
- mikrobiologické rozborů povrchových, pitných a odpadních vod, ekotoxikologické testy a biologická stanovení,
- vývoj a aplikace molekulárně-biologických metod v oblasti mikrobiologie vody, studium mikrobiálních společenstev,
- sledování mikrobiální kontaminace a toxického působení zdrojů znečištění a studium společenstev makrozoobentosu tekoucích vod.

Oddělení informatiky a provozu

- podpora v oblasti ekonomicko-provozní, informačních systémů a knihovnických a informačních služeb.

Nejvýznamnějším projektem, na kterém se pobočka Brno podílí, je výzkumný záměr MŽP zaměřený na výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů.

Z dalších významných projektů je to např. výzkum antropogenních tlaků v oblastech povodí Dyje a Moravy včetně opatření k ochraně obyvatelstva i životního prostředí, analýza povodňových rizik v celostátním měřítku, posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v povodí Moravy, vodohospodářská bilance v tomto regionu, vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací na vodní útvaru a v mezinárodním měřítku spolupráce při ochraně vod na hraničních tocích s Rakouskem a Slovenskem a práce v Mezinárodní komisi na ochranu Dunaje.



Pohled na novou budovu pobočky a jednu z laboratoří



HODNOCENÍ EKOLOGICKÉHO STAVU VODNÍCH ÚTVARŮ ŘEKY DYJE

Bilaterální projekt Dyje/Thaya

Danuše Beránková, Helena Brtníková, Miriam Dzuráková, Milena Forejtníková

Klíčová slova

vodní útvar, ekologický stav, biologické složky kvality, hydromorfologické složky kvality, chemické a fyzikálně-chemické složky kvality

Souhrn

Článek přináší poznatky získané v rámci spolupráce s rakouskými partnery na Bilaterálním projektu Dyje/Thaya (2006–2008). Tento projekt realizovaný se schválenou dotací z Evropského fondu pro regionální rozvoj (ERDF) v rámci programu INTERREG IIIA slouží jako příklad přeshraniční spolupráce odborných institucí při realizaci směrnice 2000/60/ES ustávající rámec činnosti Společenství v oblasti vodní politiky. Konkrétní náplní projektu bylo hodnocení ekologického stavu vodních útvarů v oblasti hraničního vodního toku Dyje, vzájemné porovnání použitých metodik, postupů a výsledků.

Úvod

Český projekt byl zahájen na základě požadavku Ministerstva životního prostředí a spolupracovaly na něm společně s koordinátorem české části, kterým byl VÚV T. G. M., v.v.i., následující instituce: Povodí Moravy, s. p., Český hydrometeorologický ústav, Krajský úřad Jihomoravského kraje a Správa Národního parku Podyjí. Koordinátorem rakouské části projektu byl Spolkový úřad pro životní prostředí Vídeň. Financování rakouských projektových nákladů převzaly následující subjekty: Spolková země Dolní Rakousko, Spolkové ministerstvo pro zemědělství, lesnictví, životní prostředí a vodohospodářství, Národní park Thayatal i ERDF.

Povodí řeky Dyje, jehož částí se projekt zabývá, leží současně na území České republiky a Rakouska (obr. 1). Spolupráce na hraničních vodách mezi Českou a Rakouskou republikou je upravena mezistátní smlouvou a zastřešujícím orgánem této spolupráce je Česko-rakouská komise pro hraniční vody, která na svých zasedáních projednává otázky úpravy a udržování hraničních vod, otázky hydrologie, vodohospodářských studií a plánování.

V souladu s Rámcovou směrnicí bylo důležitým cílem porovnání metodických postupů a výsledků obou partnerských stran a také formulování možných návrhů opatření k řešení zjištěných problémů. Důležitou součástí bylo informování veřejnosti v daném regionu o probíhajícím projektu a jeho výstupech. Získané výsledky mají charakter expertního hodnocení, nejsou součástí Plánu oblasti povodí Dyje, ale rozvíjejí některé postupy a alternativní metody, které mohou být dále využity v procesu vodohospodářského plánování na území obou států.

Tematicky byly jednotlivé aktivity projektu rozčleněny do pracovních skupin pro abiotický stav, biotický stav, pro práci s veřejností a management projektu.

Na základě dohody byl jako zastřešující článek pro jednotlivé expertní skupiny obou partnerských států vybudován společný GIS projekt. Jeho význam spočíval především v možnosti lokalizace odběrných profilů, tvorbě tematických map a grafických výstupů a prezentaci dílčích i finálních výsledků projektu. Pro jeho realizaci bylo vybráno prostředí ArcGIS 9.2.

Na začátku projektu bylo nutné vyřešit hlavní otázku harmonizace souřadnicových systémů a dat obecně. Společný geografický informační

systém byl vybudován v evropském terestrickém referenčním systému ETRS-89 s použitím metody permanentní transformace dat z národních systémů. Oba státy disponují vlastními datovými sadami s rozdílnou podrobností a různým stavem aktualizace. Rozhodovalo se proto, která data se použijí pro grafickou reprezentaci řeky Dyje a jejích přítoků v hraniční oblasti, aby kontinuita dat zůstala zachována. Na základě představ a potřeb obou projektových partnerů byl také dohodnut společný datový „rámec“ i adresářová struktura pro všechny existující i nově vznikající datové vrstvy na české i rakouské straně. V závěrečných fázích celého projektu po sběru, analýzách a konečném vyhodnocení dat byly vytvořeny výstupní datové sady, které byly graficky vizualizovány do finálních map.

Abiotické složky

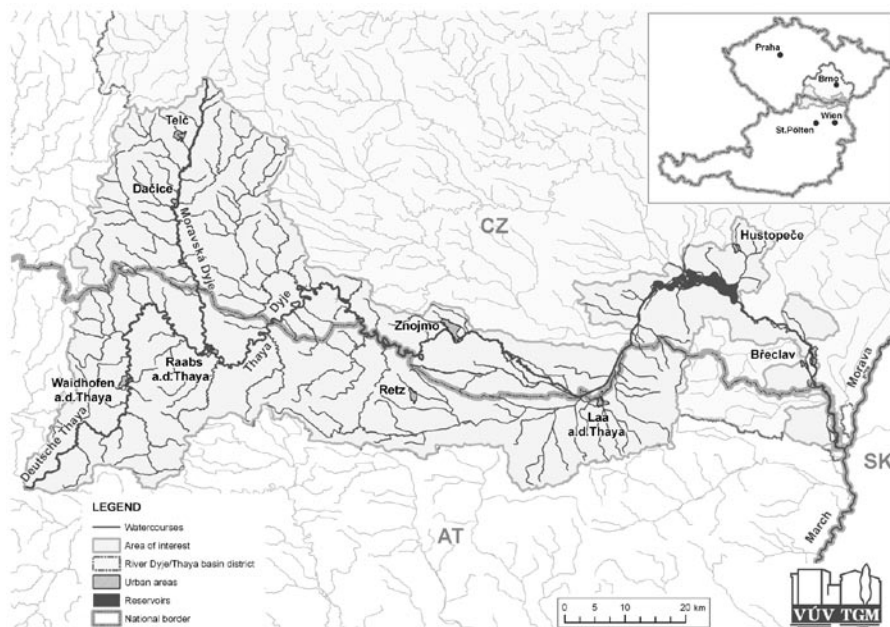
v hodnocení ekologického stavu

Hydromorfologické složky jsou stejně jako chemické a fyzikálně-chemické složky kvality chápány Rámcovou směrnicí jako podpurné systémy vytvářející prostředí pro biologické složky kvality.

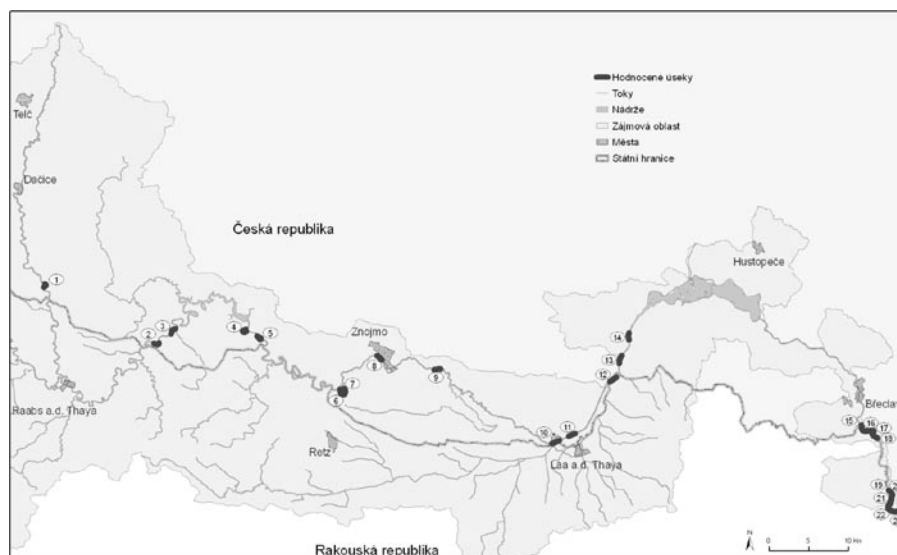
Hodnocení chemických a fyzikálně-chemických složek

Pro hodnocení byla použita data z monitorovací sítě situačního monitoringu z roku 2006. Na toku Moravské Dyje šlo o profil Písečné, na Dyji profily Podhradí, Dyje-Jevišovka a Pohansko (obr. 2). U dalších dvou vložených monitorovacích profilů na řece Dyji na začátku a na konci oblasti Národního parku Podyjí: Zadní Hamry-střelnice a Devět Mlýňů-jez Papírna byl proveden jednorázový odběr a stanoveno požadované spektrum ukazatelů.

Metodika posuzování vycházela z tezí pro stanovení cílů a metod hodnocení stavu útvarů povrchových vod [1]. Hodnoceny byly všeobecné



Obr. 1. Mapa zájmového území



Obr. 2. Zobrazení lokalizace hodnocených úseků (2008)



Obr. 3. Rybí přechod na jezu v Břeclavi



Obr. 4. Rybí přechod na jezu Bulhary

parametry, pro které jsou limity stanoveny v závislosti na typologii vodních útvarů, a dále specifické znečišťující látky.

Ze šesti sledovaných profilů vyhověly požadavkům dva, a to Podhradí a Zadní Hamry-střelnice. Důvodem zhoršeného stavu, a tím nesplnění daných požadavků byly zejména všeobecné parametry, konkrétně především nadlimitní koncentrace síranů a celkového fosforu.

Hodnocení hydromorfologických složek

Kvalita řek se v minulosti hodnotila zejména na základě míry znečištění vody chemickými látkami. Časem se pohled změnil a vodní toky jsou nyní chápány komplexněji jako životní prostředí biologických společenstev a pozornost není zaměřena jen na vlastní vodu v korytě, ale i na okolí toku.

Hydromorfologie se zabývá fyzikálními a hydrologickými charakteristikami řek. Hodnocení hydromorfologického stavu toků je zaměřeno na odhalení míry antropogenního ovlivnění řek a jejich změnu vůči přirozeným podmínkám.

Během trvání projektu byla provedena terénní šetření a hodnocení na 22 úsecích ležících na toku Dyje a jednom úseku na Moravské Dyji. Česká a rakouská pracovní skupina provedla také společný průzkum na dolním úseku řeky Dyje.

V době řešení projektu neexistovala schválená národní metodika pro posuzování těchto jevů, proto byla použita metodika pro sledování hydromorfologických složek ekologického stavu tekoucích vod, kterou vypracovala Agentura pro ochranu přírody a krajiny [2]. Hodnocení bylo provedeno na základě posouzení až 17 parametrů. Hodnotí se nejen vlastní koryto a břehy toku, ale i okolní niva a funkčnost této jednotky jako celku. Metodika vychází z pětistupňové klasifikační stupnice stavu, která je přizpůsobena požadavkům Rámcové směrnice. Hydromorfologický stav sledovaných lokalit se na této stupnici pohyboval v rozmezí dobrý (2. třída) až poškozený (4. třída). Tato 4. třída byla klasifikována v úsecích označených jako: Znojmo nad (č. 8 v mapě), Hevlín (č. 11) a Dyje-Jevišovka (č. 13). Z podrobného česko-rakouského porovnání jednotlivých hodnocených parametrů vyplynulo, že i při použití rozdílných metodických postupů, tj. metodiky AOPK a metodiky NÖMORF [3], byly označeny stejné důvody pro zařazení do dané třídy kvality morfologického stavu. Je zřejmé, že ani užití těchto odlišných metodik nevede ke zkrácení příčin špatného morfologického stavu, což směřuje k návrhům podobných nápravných opatření.

Kontinuita toku

Celý tok Dyje je přehrazen významnou překážkou (vyšší než 1 m) na 26 místech, z toho neprostopné na 22 místech [4]. Největší pozornost se

upírá k překážkám na dolních úsecích toků, proto i v rámci řešení tohoto projektu byl konzultován aktuální stav a budoucí plány pro zprůchodnění Dyje od soutoku s Moravou. V roce 2005 byl na řece Dyji na jezu v Břeclavi vybudován první novodobý rybí přechod (obr. 3), další potom v roce 2007 na jezu Bulhary (obr. 4). Připravovaná úprava Jamborova prahu v Lednici zajistí migrační napojení na řeku Dunaj pro celý úsek dolního toku Dyje po hráz dolní nádrže Nové Mlýny.

Biotické složky v hodnocení ekologického stavu

Jako hlavní změnu ve vodním hospodářství lze od vydání Rámcové směrnice o vodách uvést důraz na ekologické kvality toků. Řeka či potok nemá splňovat jen hospodářsky důležité funkce, má zejména poskytovat dobré podmínky pro společenstva organismů vázaných na vodní prostředí tak, aby se rozvoj těchto společenstev co nejvíce blížil přirozenému stavu. Každý stát vyvíjí svůj systém hodnocení, součástí Projektu Dyje/Thaya proto bylo i porovnání národních metodik a získaných výsledků s rakouskými.

Hodnocení biologických složek toků je podle Rámcové směrnice zaměřeno na makrozoobentos, ryby, fytoplankton, fytobentos a makrofyty. Z uvedených skupin podmínky v toku nejlépe charakterizují zoobentos a ryby. Tyto dvě složky mají také v současné době nejlépe rozpracovanou metodiku hodnocení a v případě špatného stavu se z výsledku hodnocení dají určit příčiny. Hodnocení je tedy i podkladem pro výběr nápravných opatření.

V České republice je hodnocení ekologického stavu shrnuto do informačního systému ARROW. Pro tento projekt byly použity výsledky hodnocení v profílech situačního monitoringu z let 2006 a 2007.

Makrozoobentos – bezobratlí živočichové žijící ve dně – je hodnocen několika indexy shrnutými do konečného hodnocení. Pro účely výběru vhodných nápravných opatření hodnotíme použité indexy ve dvou skupinách, a to vyjadřující saprobní podmínky a degradaci celého společenstva. První skupina vypovídá



Obr. 5. Odběr makrozoobentosu v Národním parku Podýjí



Vývojové stadium jepice (Ephemeroptera)



Obr. 6. Lipan podhorní (*Thymalus thymalus*) byl dříve v Dyji v NP silně zastoupen, vzhledem k pravidelným návštěvám kormoranů velkého (*Phalacrocorax carbo*) je téměř vyhuben

spíše o jakosti protékající vody, druhá skupina indexů je ovlivňována jinými vlastnostmi lokality, zejména hydrologickými a morfologickými podmínkami. Největší rozdíly v hodnocení podle těchto dvou skupin indexů jsou u profilů v Národním parku Podyjí. Degradace společenstva se projevuje jednak změnou druhů oproti přirozenému stavu, ale hlavně velmi malým počtem nalezených jedinců. To připisujeme nárazovým výkyvům průtoku, který nastává v tomto úseku vlivem přerušovaného provozu vranovské elektrárny několikrát denně.

I když způsob hodnocení makrozoobentosu není úplně totožný v České republice a v Rakousku, je založen na stejných principech a vede k obdobným výsledkům. Limitní hodnoty saprobního indexu pro dobrý stav jsou u nás nastaveny pro horní úsek Dyje přísněji než v Rakousku.

Pro společenstvo ryb je česká metoda hodnocení zcela odlišná od rakouské. Česká metoda požaduje hodnocení podle juvenilních stadií ryb, aby se zjistily druhy přirozeně se rozmnožující v hodnoceném úseku a vyloučil se vliv umělého zarybnování, které je v Čechách velmi rozšířené. Výsledky hodnocení jsou přesto srovnatelné s rakouskými s výjimkou specifických případů.

Hodnocení ryb v Národním parku Podyjí je podle naší metodiky příznivější, pohlížíme na tento úsek jako na druhotné pstruhové pásmo. Druhové složení pak odpovídá předpokladům a menší množství biomasy nižší úživnosti toku. Rakouský přístup a volba referenční lokality pro nižší tok určuje úsek Dyje v Národním parku Podyjí jako poškozený. Příčinou negativního hodnocení rakouskou stranou je skutečnost, že tok pod nádrží Vranov je hodnocen jako parmové pásmo vztahované k referenčnímu profilu Podhradí. Logicky tak i přes zvýšený výskyt druhů náročných na čistou vodu vyjde hodnocení lokality jako 4. třída kvality. Na stavu společenstva ryb se může projevovat i nižší potravní nabídka spojená s malým množstvím zoobentosu, který je pravidelně vyplavován špičkováním průtoků pod Vranovem. Nezanedbatelný je také vliv kormorána, jednoho z chráněných živočichů.

Dalším rozdílně hodnoceným úsekem byl hraniční vodní útvar pod Břeclaví. Podle hodnocení monitoringu ryb z roku 2006 [5] byl dominantní plůdek jelce jesena, který tvořil téměř 90 % celého společenstva; ekologický stav byl vyhodnocen jako poškozený, zejména vzhledem k nízké diverzitě i biomase. Bylo obtížné stanovit důvody, neboť morfologické podmínky úseku toku i jakost vody jsou poměrně dobré. Při rozsáhlém průzkumu rybního společenstva v srpnu 2007 bylo však ve sledovaném úseku nalezeno celkem 2 477 dospělých ryb 22 druhů. Výrazně převládala ouklej obecná, populace ostatních druhů byly řádově méně početné: cejnek malý, parma obecná, cejn velký, jelec jesen, plotice obecná a karas stříbřitý. Reofilní druhy jako jelec tlušť a jesen, parma, bolen dravý a ostroretka stěhovavá se dohromady podílely na celkovém složení pouze necelými pěti procenty. Dravé druhy se zde vyskytovaly jen málo a kapr obecný nebyl zjištěn vůbec. Z druhů chráněných zákonem stojí za zmínku kromě výše uvedeného jelce jesena výskyt ježdíka žlutého a obou druhů drsků – většího i menšího. Dyje nad ústím do Moravy je tedy druhově poměrně velmi bohatá a patří mezi naše toky s nejvyšší diverzitou ichtyofauny. Také biomasa byla oproti vzorku z předchozího roku trojnásobná.

Fytoplankton je biologickým společenstvem řas, sinic a rozsivek, které je výrazně ovlivňováno obsahem živin ve vodách, je tedy dobrým ukazatelem eutrofizace. Nevývívá se na jedné lokalitě, ale změny probíhají dynamicky v čase i prostoru. Vývoj hodnotícího systému není ještě plně dokončen, a tak využíváme zatím, stejně jako v plánech oblastí povodí, souhrnný ukazatel – obsah chlorofylu ve vodě. Nižší úživnost toku Dyje je podle tohoto ukazatele patrná v úseku pod Vranovskou přehradou. Nejvíce prozkoumaným úsekem Dyje je část pod soustavou nádrží Nové Mlýny. V nádrži dochází k masivnímu rozvoji některých druhů, které jsou v říčním úseku málo rozvinuty. Na složení fytoplanktonu je vliv Novomlýnských nádrží patrný až po soutok s Moravou.

Zatímco fytoplankton není vhodným ukazatelem pro malé toky a horní úseky toků, neboť tu nestačí dojít k jeho dostatečnému rozvoji, je vhodné na těchto místech posuzovat množství a složení fytozobentosu (obr. 8). Tyto nárosty na kamenech na dně toku a řasy osídlující sedimenty jsou závislé na dostatku světla, a proto jsou výrazně utlumeny ve velkých hlubokých tocích, kde je tímto společenstvem výrazněji osídlena pouze příbřežní zóna.

Vyšší rostliny (makrofyty), žijící alespoň část roku přímo ve vodním prostředí, jsou značně omezeny úpravami toků. Lichoběžníkový tvar koryta s opevněním paty lomovým kamenem neposkytuje životní prostor pro toto společenstvo. Také v přírodních podmínkách se vyskytují toky, kde tato biologická složka není významně rozvinuta. Při hodnocení je brán zřetel



Obr. 7. Obvyklý způsob rybaření na dolním toku Dyje



Obr. 8. (nahore) Fytobentos a vodní květ na Dyji v září 2003



Obr. 9. (vpravo) Netykavka žlaznatá (*Impatiens glandulifera*) – cizorodý prvek v okolí mnoha našich řek

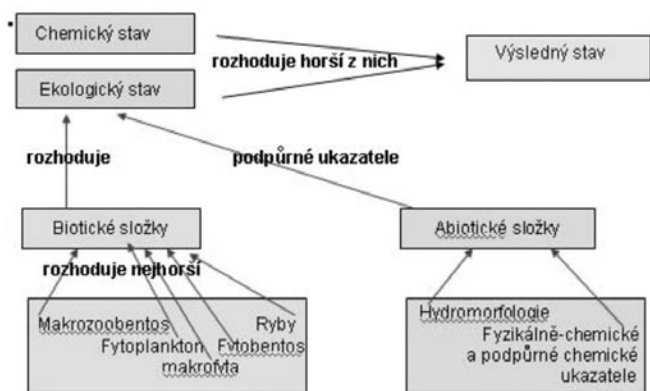
na druhové složení, neboť se výrazně projevuje šíření nepůvodních invazivních druhů (obr. 9). Tento aspekt však je dále lidskou činností ovlivňován, např. poměrně úspěšnými opatřeními v Národním parku Podyjí.

Z biologických společenstev tedy může vstoupit do hodnocení ekologického stavu v současné době jen zoobentos, ryby a zprostředkovaně fytoplankton. Podle Rámcové směrnice rozhoduje vždy nejhůře hodnocený ukazatel, a tento princip je proto využit i v souhrnném hodnocení.

Jeden souhrnný index však neříká nic o příčinách nalezeného stavu. Proto při návrhu opatření uvedených v závěrečné zprávě projektu bylo třeba se zaměřit na důvody zhoršeného stavu jednotlivě a opatření navrhnout tak, aby byla naplněna hlavní zásada Rámcové směrnice: udržet nebo zlepšit podmínky pro přirozený vývoj a oživení potoků a řek při zachování dalších potřebných funkcí toku.



Obr. 10. Soutok řek Dyje a Moravy



Obr. 11. Schéma postupu hodnocení stavu, jak je požadováno Rámcovou směrnicí

Souhrnné hodnocení ekologického stavu a návrhy možných opatření

Jak je uvedeno na obr. 11, výsledné hodnocení ekologického stavu je podle Rámcové směrnice určeno nejhůře hodnoceným biotickým ukazatelem; abiotické složky jsou považovány za podpůrné ukazatele, pokud budou všechna hodnocená společenstva v dobrém stavu. Rozmezí mezi dobrým a středním stavem je tou hranicí, která rozhoduje, zda je potřeba navrhnout nápravná opatření.

Mapa na obr. 12 ukazuje souhrnné hodnocení podle biotických i abiotických ukazatelů a vyplývá z ní, že o výsledném ekologickém stavu rozhoduje ve všech našich lokalitách nejhůře hodnocený biotický ukazatel a že žádná z lokalit není v dobrém ekologickém stavu. Do tohoto závěrečného hodnocení jsou zahrnuty i výsledky ze situačního monitoringu z roku 2007 podle IS ARROW (www.ochranavod.cz), které byly v době zpracování k dispozici.

Návrhy možných opatření jsou uváděny pro společné hraniční úseky toku a úseky zcela na našem území, které jsou však ovlivňovány i činnostmi na rakouské straně. Tyto návrhy jsou výsledkem bilaterálního expertního posouzení, diskuse a harmonizace. Vyjadřují doporučení, která mohou být zohledněna při dalších zásazích v povodí. Jde o opatření směřovaná zejména do zemědělství a čištění odpadních vod malých sídel a provozů a ke zlepšení morfologických parametrů toků.

Souběžně s řešením našeho projektu probíhalo podle celostátních

schválených metodik i sestavování Plánu oblasti povodí Dyje, který je od června 2008 předložen k vyjádření veřejnosti. Zde představený projekt není pevnou součástí tohoto plánu, dává však nové podněty pro plánovací činnost. Námi navrhovaná opatření mohou být popřípadě využita v dalším cyklu od roku 2015 tak, jak je tomu z důvodu náročnosti provedení i u mnohých opatření navrhovaných v Plánu oblasti povodí Dyje.

Literatura

- [1] Prchalová, H. aj. (2007) Základní teze pro stanovení cílů a metod hodnocení stavu útvarů povrchových a podzemních vod pro potřeby zpracování prvních plánů povodí. Praha, VÚV T.G.M., v.v.i.
- [2] Demek, J., Vatošíková, Z. a Mackovčín, P. (2006) Manuál pro sledování hydromorfologických složek ekologického stavu tekoucích vod. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- [3] Raderbauer et al. (2001) NÖMORPH – Strukturkartierung ausgewählter Fließgewässer in Niederösterreich, Ziviltechnikergesellschaft für Landschaftsplanung und Landschaftspflege.
- [4] Plán oblasti povodí Dyje. (2008) Povodí Moravy, s. p., verze červen 2008.
- [5] Adámek, Z. aj. (2008) Hodnocení rybního společenstva řeky Dyje podle WFD. Brno, Ústav biologie obratlovců AV ČR.

Tento projekt byl realizován s finanční podporou fondu ERDF programu INTERREG IIIA.

**Ing. Danuše Beránková, Ing. Helena Brtníková,
Ing. Miriam Dzuráková, Ing. Milena Forejtníková**
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., pobočka Brno
danuse_berankova@vuv.cz

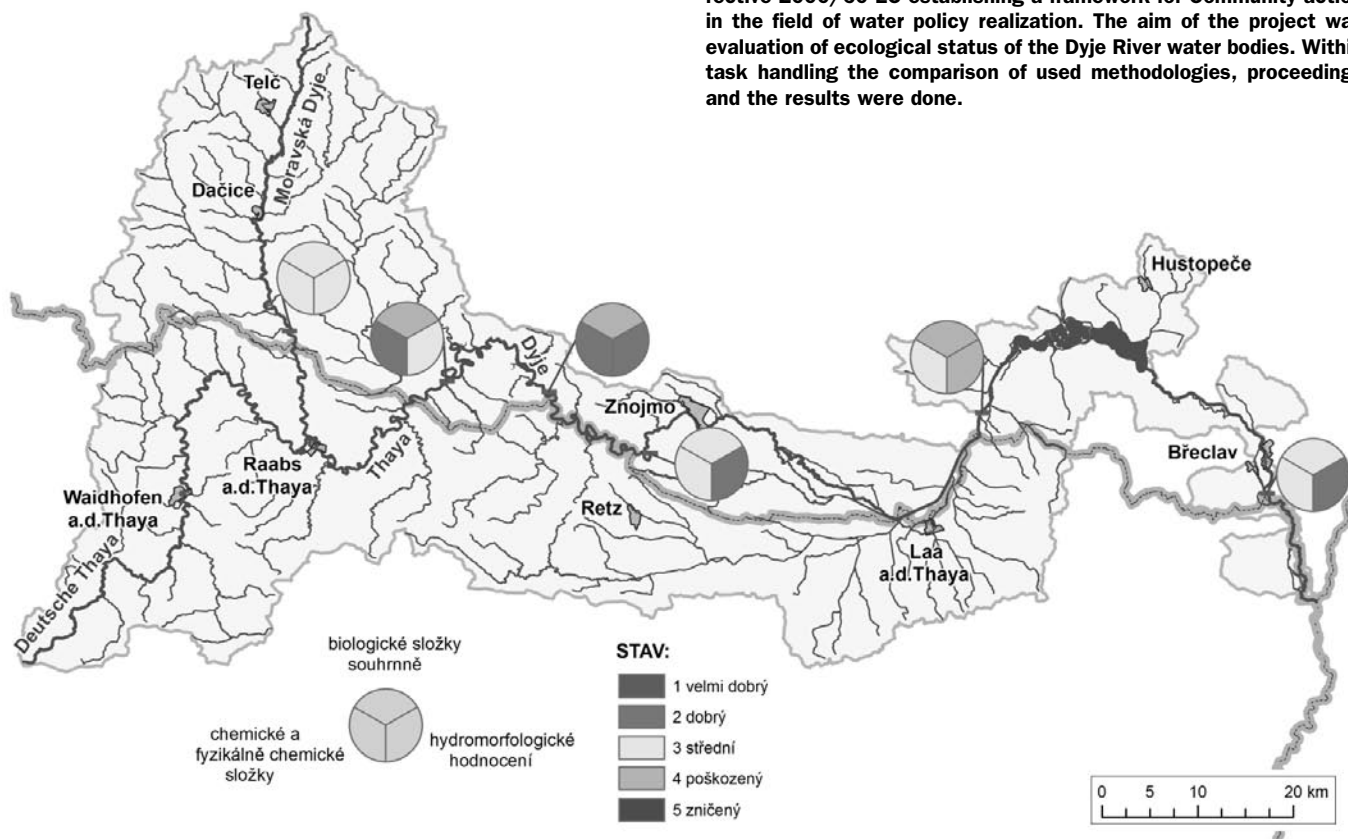
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Key words

water body, ecological status, biological elements, hydromorphological elements, chemical and physicochemical elements

Evaluation of ecological status of the Dyje River water bodies – Bilateral Dyje/Thaya project (Beránková, D., Brtníková, H., Dzuráková, M., Forejtníková, M.)

This paper brings pieces of knowledge gained during the cooperation with Austrian partners on the bilateral Dyje/Thaya project (2006–2008). Project which was cofinanced by European Regional Development Fund (ERDF) within INTERREG IIIA programme, served also as example of cross boundary cooperation of institutions on Directive 2000/60 EC establishing a framework for Community action in the field of water policy realization. The aim of the project was evaluation of ecological status of the Dyje River water bodies. Within task handling the comparison of used methodologies, proceedings and the results were done.



Obr. 12. Souhrnné hodnocení ekologického stavu

VÝSLEDKY PRŮZKUMU VODNÍHO PROSTŘEDÍ ODSTAVENÝCH RAMEN ŘEKY DYJE

Miloš Rozkošný, Jiří Heteša, Petr Marvan

Klíčová slova

vodní ekosystém, říční niva, odstavené rameno, fytoplankton

Souhrn

Cílem příspěvku je seznámení s výsledky průzkumu vodního prostředí odstavených ramen řeky Dyje v oblasti Soutoku, zejména zatížení živinami a hodnocení struktury společenstva fytoplanktonu. Zhodnocen je i vliv znečištění řeky Dyje na jejich vodní prostředí. Na základě výsledků lze konstatovat, že ne ve všech případech je žádoucí napojení sledovaných ramen na koryto řeky.

Úvod

Vybrané mokřadní biotopy, které leží v říční nivě řeky Dyje, se staly předmětem výzkumu při řešení výzkumných projektů „Projekt Morava“ (2003–2006) a „Identifikace antropogenních tlaků na kvalitativní stav vod a vodních ekosystémů v oblastech povodí Moravy a Dyje“ (2008–2010). Výzkumné práce jsou v tomto území prováděny od roku 2000 a jsou zaměřeny na posouzení významu vybraných mokřadů pro eliminaci znečištění vod dusíkem a fosforem, pro zhodnocení efektu revitalizačních prací, které byly provedeny na některých lokalitách a mezi něž se řadí i umělé povodňování, dále na mapování aktuálního stavu využití krajiny v okolí jednotlivých lokalit, mapování výskytu vodních a mokřadních biotopů a složení mikrovegetace vodního prostředí.

Náplní článku je zhodnocení situace vybraných odříznutých meandrů či starých mrtvých ramen řeky Dyje. Hodnocení složení mikrovegetace a chemismu vodního prostředí pěti lokalit, sledovaných v roce 2005, uvádí [8]. Dále je v textu zhodnocen stav lokalit sledovaných v letech 2002 a 2006 a celkové shrnutí dosažených výsledků. Předmětem sledování v roce 2006 bylo sedm odříznutých říčních meandrů na dolním toku řeky Dyje v úseku Pohansko–soutok Dyje a Moravy (v rozmezí ř. km 0,0–18,0), označovaných jako D2 (nejníže položený) až D7, D9, a samotná řeka Dyje. Tato ramena prozatím nejsou napojena přímo na Dyji a monitoring měl přinést další podklady k rozhodnutí, zda všechna tato ramena mají být napojena na mateřský tok. Meandr D1 (Balgovo rameno) je jediný, který je svým dolním koncem napojen na mateřský tok (ostatní jsou již téměř 20 let izolovány); byl sledován v r. 2002. V roce 2006 byl do sledování zařazen uzavřený hliník (značený jako D1-hliník), nacházející se těsně před ramenem D1.

Hydrobiologický průzkum byl na ramenech sledovaných v roce 2006 proveden vůbec poprvé v roce 2002 [4].

Metodika

Lokality sledované v roce 2005 jsou situovány po obou březích řeky Dyje mezi vodním dílem Nové Mlýny a Břeclaví. Lokality sledované v roce 2006 jsou bývalé meandry řeky Dyje, které byly odříznuty při úpravách řeky. Nacházejí se podél úseku řeky Dyje mezi Břeclaví a soutokem s řekou Moravou. Tyto lokality leží v mezihrázovém prostoru a jsou ovlivňovány povodňovými průtoky a rozlivy. Podrobný popis všech lokalit uvádí [7]. Souřadnice lokalizace odběrových profilů jsou uvedeny v tabulce 1.

Lokality byly sledovány během vegetačního období, od dubna do září. Vzorky vody byly odebrány na dvou místech každého ramene (v případě, že je rameno protékáno – na přítoku a odtoku). Na každé lokalitě byly

Tabulka 1. Lokalizace odběrových profilů na odstavených ramenech řeky Dyje

Lokalita	Souřadnice odběrového profilu		Průměrná nadmořská výška (m n.m.)
D1	N 48-39-00	E 016-55-40	146
D2	N 48-40-23	E 016-55-25	152
D3	N 48-41-09	E 016-54-55	152
D4	N 48-41-15	E 016-55-03	149
D5	N 48-42-08	E 016-55-00	146
D6	N 48-43-04	E 016-53-12	157
D7	N 48-43-11	E 016-53-10	152
D9	N 48-43-16	E 016-53-11	154

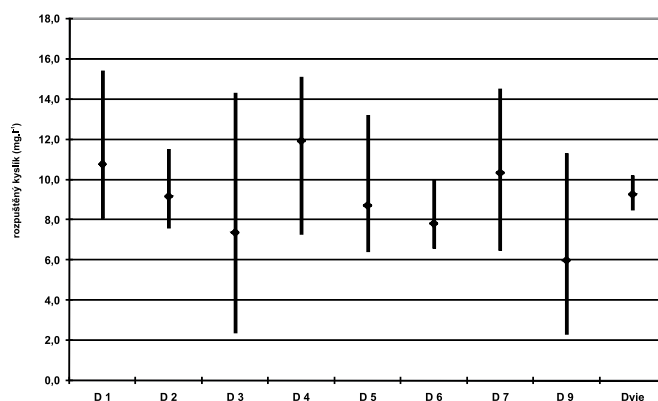
odebírány vzorky vody pro fyzikální a chemické analýzy a na místě byl zjišťován kyslíkový a teplotní režim. Odebrané vzorky vod byly průběžně zpracovávány a mimo základní fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod byly stanovovány prioritně koncentrace jednotlivých forem dusíku, celkový fosfor a celkový organický a anorganický uhlík. Podrobný popis vzorkování a metod analýz vzorků uvádí [7]. Rozbory oživení (fytoplankton a fytobentos), chlorofyl-a a trofie vody byly analyzovány v laboratořích Limni, s. r. o., a VÚV T.G.M., pobočka Brno.

Výsledky terénních šetření

Pokud srovnáváme fyzikálně-chemické parametry vodního prostředí odstavených ramen sledovaných v roce 2006, pak hodnoty konduktivity vody ve srovnání s rokem 2002 nevykazují tak velké rozdíly mezi jednotlivými rameny a pohybují se v rozmezí 450–650 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což odpovídá stavu zjištěnému v řece Dyji v daném období. Výjimku tvoří lokalita D2 s konduktivitou vody 650–700 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Také v roce 2006 se po letním maximu konduktivity dostavuje na podzim téměř na všech lokalitách její zřetelný pokles, ačkoli proces vysýchání a zapadání hladiny nepřetržitě pokračuje, a mělo by tudíž docházet i k růstu koncentrací solí a zvyšování konduktivity vody, jak bylo naměřeno v roce 2005 na bývalém rameni „Pohanské“ [8]. V roce 2006 na lokalitách D4 a D5 nedošlo k výraznému nárůstu vodivosti, jako v roce 2002, kdy zde byly naměřeny hodnoty 900, resp. přes 1 000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Pravděpodobně to souvisí s výskytem dlouhotrvající záplavy po povodni na jaře 2006.

V naměřených hodnotách pH se ve srovnání s r. 2002 projevuje dobrá shoda, hodnoty se pohybují v rozmezí 7,0–9,1 a vykazují výraznou pozitivní korelaci s hodnotami koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Hodnoty kyslíku dosahují i v roce 2006 k hranicím 16 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, podobně jako v r. 2002, avšak výraznější jsou kyslíková minima, kdy koncentrace kyslíku klesá až k hranici anaerobie 2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ na lokalitách D3 a D9 (obr. 1). Kyslíková maxima jsou spojena jako obvykle se silným rozvojem fytoplanktonu.



Obr. 1. Koncentrace rozpuštěného kyslíku během vegetační sezony v roce 2006

Koncentrace celkového fosforu ve vodním prostředí ramen se pohybovala v jarním období pod 0,25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (II. až III. třída jakosti vod podle ČSN 75 7221). V dalším období se hodnoty zvýšily a pohybovaly se v rozpětí 0,3–0,8 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (III. až IV. třída jakosti vod).

Naopak koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH_4^+) a dusičnanového dusíku (N-NO_3^-) byly po celé sledované období velmi nízké, většinou v I. třídě jakosti vod. Koncentrace N-NH_4^+ byly naměřeny pod 0,1 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Koncentrace N-NO_3^- dosahovaly v jarním období hodnot 2,5 až 4,0 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, dále během roku pak hodnot pod 2,0 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Při srovnání zjištěných koncentrací fosforu a dusíku a poměru mezi těmito prvky se jeví jako limitující faktor pro rozvoj fytoplanktonu nedostatek dusíku.

Na hodnotách koncentrace chlorofylu-a ve vodě se patrně projevily i vlivy jako zastínění nebo výskyt plovoucích makrofyt. Oproti chemickému stavu vod ramen sledovaných v roce 2005, která jsou často napájena z Dyje nebo z různých kanálů přivádějících vodu ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků [6], mají odstavená ramena ležící na území Soutoku, jež jsou napájena prúsaky přes podloží a povodňovou vodou a kde hospodaření na okolních pozemcích je extenzivní (kosení luk), stav výrazně lepší.

Na řece Dyji byla nejvyšší průměrná koncentrace chlorofylu naměřena v době jarního maxima rozvoje fytoplanktonu (přibližně v květnu), kdy voda dosahovala stupně eutrofie. Nižší hodnoty na úrovni mezotrofie pak

Tabulka 2. Rozmezí koncentrací chlorofylu-a ve vodě během daného roku v řece Dyji

Rok	Chlorofyl-a ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)
2002	1,3 – 24,0 – 87,0
2005	3,4 – 28,1 – 53,0
2006	1,3 – 18,3 – 108

byly zjištěny ve zbývajícím období vegetační sezony. Ve zprávě [2] jsou zpracovány korelační závislosti jednotlivých ukazatelů jakosti vod v profitech státní sítě monitoringu jakosti vod, jež se nacházejí na řekách Dyji a Moravě. Byla potvrzena poměrně významná korelace mezi koncentrací chlorofylu a BSK₅ a také mezi koncentrací chlorofylu a procentem nasycení vody kyslíkem. Méně těsná, i když rovněž (na 5% hladině) významná je korelace mezi koncentrací chlorofylu a pH. Pro řeku Dyji v profilu Pohansko se hodnoty koeficientu korelace pohybovaly v rozmezí 0,25 až 0,3 (lineární závislost), a to pro dvojice BSK₅-chlorofyl a pH-chlorofyl. Vztah mezi nasycením vody kyslíkem a BSK₅ na jedné straně a koncentrací chlorofylu na druhé straně se projevil i na vztahu uvedených proměnných k počtům buněk, nicméně v obou případech je závislost méně těsná. Zjištěn byl i vztah mezi koncentrací chlorofylu a koncentracemi nitrátů, amonných iontů a celkového fosforu, který potvrdil očekávaný význam a úlohu fytoplanktonu v živinové bilanci toku.

Mezi jednotlivými meandry jsou v oživení algoflorou zřetelné rozdíly (zejména v planktonu), a to jak v druhovém složení, tak v abundanci. Velmi dobře korelují nízké abundance fytoplanktonu se silnými porosty submerzních či plovoucích makrofyt v některých ramenech (D3, D7, D9 v r. 2002, D2, D3, D4, D5 a D9 v r. 2006, nebo ramena Palesky a Pohanské v r. 2005 – [8]), kde množství buněk v 1 ml vody klesá pod 10 000, zatímco v ramenech se slabým rozvojem makrofyt vystupuje na 50 000–150 000 b.ml⁻¹ (eutrofní rybníky). Druhové složení porostu makrofyt se však v rámci sledování neprovádělo. Druhové složení fytoplanktonu v D1, spojeném s Dyjí, se blížilo mateřskému toku zejména na jaře, avšak v létě už doznávalo změn: v rameni se např. neobjevovali zástupci vodního květu sinic, kteří v řece zaujímali významné postavení. Výjimečným jevem bylo pomnožení drobné kryptomonády *Chroomonas caudata* na lokalitě D1-hliník na jaře 2006.

Letní výrazný pokles abundance fytoplanktonu jak v r. 2002, tak v r. 2006 je z části výsledkem běžné sukcese, kdy odeznívají jarní zástupci a začínají svou vegetaci druhy letní, a také zřejmě i důsledkem vyzírání zooplanktonu filtrátory. Podzimní opětovný nástup drobných planktonních řas pak může být výsledkem vyzírání filtrátorů planktonofágními rybami, jichž jsme v ramenech pozorovali vždy dostatek.

Dominance v jednotlivých letech a jednotlivých ramenech se v souladu se sezonní sukcesí mění (tabulka 3). Nejrozmanitější v dominanci bývá fytoplankton na jaře, nejméně na podzim.

Tabulka 3. Přehled dominantních skupin fytoplanktonu během vegetačního období

Období	Rok	Dominance	Lokalita
Jaro	2002	zlativky (centrické) rozsivky různobrvky monadoidní zelené řasy kokální zelené řasy	D3 (D1, D2, D5, Dyje) D4 D7 D6, D9
	2006	sinice (centrické) rozsivky kryptomonády	D2, D3, D5, D7, Dyje (D4, D6, D9) D1-hliník
Léto	2002	sinice (centrické) rozsivky kokální zelené řasy	Dyje (D2, D3, D4, D5, D1) D9 D6, D7
	2006	sinice (centrické) rozsivky monadoidní zelené řasy kokální zelené řasy	D9, Dyje D3 (D6) D5 D1-hliník, D2, D4, D7
Podzim	2002	sinice (centrické) rozsivky kokální zelené řasy	D1, D9, Dyje D3 (D4) D2, D5, D6, D7
	2006	sinice (centrické) rozsivky	D3, D6, D9, Dyje (D1-hliník, D2, D4, D5, D7)

V současné době je jediným přímo napojeným ramenem na řeku Dyji rameno D1 (Balgovo). Přímé napojení se projevuje výskytem druhů, které byly evidentně připraveny vodou z údolních nádrží vodního díla Nové Mlýny a v jiných ramenech se nevyskytují, např. vířník *Kellicottia longispina*, perloočka *Leptodora kindtii*. Složení planktonních společenstev v tomto rameni je proto ovlivňováno jednak přítokovou vodou z řeky Dyje, jednak predačním tlakem vlastní rybí obsádky. Tuto skutečnost dokumentovalo v r. 2002 vysoké zastoupení drobných forem zooplanktonu. V tomto rameni byl velký počet druhů vířníků, nejvyšší ze všech ramen, rovněž mezi perloočkami a klanonožci převažovali menší druhy, např. *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia galeata*, *Acanthocyclops robustus*, *Thermocyclops crassus* [4]. I když celkovým počtem zjištěných taxonů nepatří toto rameno k druhově nejchudším, jde o nejmenší počet jednotlivých skupin vodních organismů. Takovýto stav lze předpokládat do budoucna i v dalších ramenech, která budou přímo napojena na řeku. V ostatních, dosud nenapojených ramenech, vývoj společenstev probíhá autonomně dle jejich specifických poměrů. Přestože ramena nejsou dosud přímo napojena na řeku, mají své vlastní rybí obsádky, tvořené

patrně především druhy, které sem proniknou řekou při vysokých vodních stavech. V případě zaplavení ramen dyjskou vodou v době jarní nebo letní povodně jsou ramena vyplavena a složení planktonu po určité době, než se ustálí autonomní poměry, může být v jednotlivých ramenech velmi podobné. Podle předpokladů mají největší druhové zastoupení bezobratlých ramena s dobře vyvinutými porosty vodních makrofyt, tj. D3, D2, D9, D2, kde se také vyskytovala nejvyšší druhová diverzita.

Také v roce 2006 jsme mohli potvrdit na jižní Moravě výskyt vzácné kotvice plovoucí (*Trapa natans*) v ramenech D3 a D4. Její rozvoj během vegetační sezony však utrpěl nejen obvyklým rozvojem okřehku na těchto ramenech, ale i dvojitou jarní záplavou, která překryla dno těchto ramen vydatnými vrstvami písku, jež zřejmě značně ztížily klíčení a růst nových rostlin ze semen v jarním období.

Souběžně s odběry na sledovaných ramenech bylo prováděno měření a odběry vzorků i na řece Dyji. Pro řeku byla v roce 2006 charakteristická poměrně stabilní koncentrace rozpuštěného kyslíku (okolo 9,5 mg.l⁻¹) a nasycení vody kyslíkem (101–110 %). Koncentrace celkového fosforu ve vodě byla zjištěna 0,18 mg.l⁻¹ (III. třída jakosti vod) až 0,41 mg.l⁻¹ (IV. třída jakosti vod), s maximem v letním období. Koncentrace N-NH₄⁺ byly naměřeny pod 0,08 mg.l⁻¹ (I. třída jakosti vod). Koncentrace N-NO₃ dosahovaly hodnot v rozmezí 1,2 až 5,0 mg.l⁻¹. Řeka Dyje unáší zpravidla značné množství fytoplanktonu pocházejícího převážně z nádrží u Nových Mlýnů. Poměrně vysoká abundance fytoplanktonu v řece Dyji na jaře – 80 400 b.ml⁻¹ – byla tvořena převážně vláknitou sinicí *Pseudanabaena limnetica* (49 000 b.ml⁻¹), zatímco centrické rozsivky spolu s dalšími druhy rozsivek dosáhly jen 14 650 b.ml⁻¹. V létě následoval výrazný pokles celkové abundance fytoplanktonu pod 5 000 b.ml⁻¹ s dominancí *Aphanizomenon gracilis*. Ani na podzim nebyl nárůst abundance fytoplanktonu výraznější, když se dostal na 11 400 b.ml⁻¹ s dominancí sinic (vláknité *Phormidium* sp.). V roce 2002 však byl vývoj fytoplanktonu v řece jiný. Na jaře to byly při abundanci 51 000 b.ml⁻¹ hlavně rozsivky (*Stephanodiscus*, *Nitzschia*), v létě a na podzim, kdy abundance poněkud poklesla na 32 700, resp. 26 700 b.ml⁻¹, převážně sinice vodního květu *Microcystis* spp. div., *Planktothrix agardhii* a rozsivky *Stephanodiscus* a *Skeletonema potamos*. V řece Dyji jsou dominantou letního až podzimního fytoplanktonu sinice [3], které sem jsou vyplavovány z Novomlýnských nádrží a na podzim i z rybníků při jejich vypouštění a lovení. Napřímení koryta vodního toku a jeho minimální zastínění břehovým porostem má vliv na delší přežití fytoplanktonu ve vodním prostředí řeky a jeho následný transport z prostředí nádrží dále po toku [3].

Celkově lze jakost vody v řece Dyji zařadit podle naměřených hodnot indexu saprobity 2,16 (pod VD Nové Mlýny) až 1,80 (úsek nad soutokem s řekou Moravou) do kategorie voda mírně znečištěná (betamezosaprobni) [1]. V roce 2006 se pohybovala hodnota indexu saprobity říční vody v rozmezí 1,8–1,9, tedy ve stejné kategorii trofie vod [7].

Závěr

Odstavená ramena představují vodní plochy, které by mohly sloužit jako refugia pro druhy naší flóry, jež jinde vymizely v důsledku eutrofizace. Druhové spektrum jejich společenstev by mělo být hlavním kritériem ekologické hodnoty těchto lokalit, proto se komplexnější hodnocení opírá o inventarizaci jejich fauny a flóry a další biologická kritéria.

Propojení ramene s mateřským tokem je pokládáno za jedno z nejvýznamnějších revitalizačních opatření, které slibuje zlepšit ekologickou hodnotu jak řeky, tak i ramene. Tento zásah lze doporučit zejména v těch případech, kdy rameno trpí nedostatkem vody nebo inklinuje k vytváření souvislého pokryvu hladiny porostem plovoucích makrofyt. Propojování by naopak nebylo žádoucí u ramen, která fungují jako refugia mizejících druhů fauny a flóry.

Výsledky monitoringu odříznutých meandrů na dolním toku řeky Dyje ukazují, že přes stejné podloží a stejný zdroj vody jsou mezi nimi významné rozdíly jak v chemismu vody a druhovém složení planktonu, nárůstu a bentosu, tak v abundanci planktonu. V ramenech zarůstajících submerzními či plovoucími makrofyty je abundance fytoplanktonu velmi nízká (pod 10 000 b.ml⁻¹) a blíží se mezotrofii. V ramenech bez makrofyt má naopak fytoplankton charakter eutrofních nádrží (50 000 až 150 000 b.ml⁻¹). Fytoplankton si zachovává v odříznutých ramenech svůj autonomní vývoj, v podstatě neovlivněný poměry na mateřském toku, s výjimkou propojeného ramene D1. Specifické složení společenstev pak mají tzv. periodické tůně, během vegetační sezony vysychající, jak ukazuje případ starého říčního ramene „Pohanské“ [8]. Kyslíkový režim nádrží je příznivě ovlivňován jak fytoplanktonem, tak submerzními makrofyty, zatímco plovoucí makrofyty mají negativní vliv. Při intenzivní fotosyntéze bohatého fytoplanktonu a submerzních makrofyt vystupuje pH až na 9,2–9,3 (např. ramena D2 a D3), což by mohlo být pro ryby při zvýšeném obsahu amonných iontů nebezpečné.

V současné době je jediným přímo napojeným ramenem na řeku Dyji rameno D1 (Balgovo). Přímé napojení ramene na řeku Dyji se projevuje výskytem druhů zooplanktonu, které byly evidentně připraveny dyjskou vodou z novomlýnských nádrží a v jiných ramenech se nevyskytují.

V ostatních dosud nenapojených ramenech se též společenstva bezobratlých vyvíjejí autonomně podle specifických poměrů v jednotlivých ramenech.

Vzhledem k tomu, že v rameni D3 a částečně i D4 se vyskytují porosty v dané oblasti velmi vzácné kotvice plovoucí (*Trapa natans*), domníváme se, že tato ramena by neměla být přímo napojena na Dyji. Důvodem je velmi pravděpodobně nežádoucí proniknutí býložravých ryb (*Ctenopharyngodon idella*) do výše uvedených ramen a následná likvidace porostů kotvice. U ostatních ramen jejich napojení na Dyji nic nebrání. Z hlediska ichtyologického je naopak napojení ramen na řeku Dyji spodním koncem žádoucí, protože v zimním období v takovýchto ramenech nedochází po zamrznutí hladiny k tak značnému poklesu obsahu kyslíku, který by vedl k úhynu ryb, resp. ryby mají možnost migrace z míst postižených deficitem kyslíku eventuálně až do mateřského toku. Ichtyologická sledování ukázala, že říční ramena trvale napojená na aktivní tok řeky Dyje mohou výrazně přispět ke zlepšení podmínek pro tamní ichtyofaunu. Autoři doporučují napojit ramena pouze na dolním konci (směrem po proudu), v minimální šířce 15 m v úrovni dna při nízkém vodním stavu a v šířce 20–30 m při zvýšených průtocích [5].

V letech 2009 a 2010 bude zopakován průzkum vlivu jezových zdří na omezení transportu fytoplanktonu a dále bude opět sledován úbytek fytoplanktonu a znečištění v upraveném a původním korytě řeky Dyje v úseku mezi vodním dílem Nové Mlýny a Břeclaví, včetně posouzení významu pro ekosystémy odstavených ramen řeky Dyje.

Literatura

- [1] Bernardová, I. Projekt Morava. Hodnocení stavu jakosti povrchových vod. Výzkumná zpráva. Brno: MŽP ČR, 2001, 38 s.
- [2] Forejtníková, M. Plošné a difúzní zdroje znečištění, DÚ03 Projekt Morava III. Výzkumná zpráva. Brno : MŽP ČR, 2002, 47 s.
- [3] Forejtníková, M. Plošné a difúzní zdroje znečištění, DÚ03 Projekt Morava IV. Výzkumná zpráva. Brno: MŽP ČR, 2005, 31 s.
- [4] Heteša, J. a Sukop, I. Hydrobiologický monitoring odříznutých meandrů (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 a 9) řeky Dyje pod Pohanskem v roce 2002. Zpráva pro OkÚ Břeclav. LIMNI s. r. o., Lednice 2002, 13 stran + přílohy.
- [5] Lusk, S., Halačka, K., Lusková, V. a Horák, V. Diverzita ichtyofauny a revitalizace v oblasti dolního toku Dyje. In Spurný, P. (ed.) 50 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně. Sborník referátů z konference. Brno, 1999, s. 197–204.
- [6] Marvan, P. a Heteša, J. Sezonní dynamika mikroflóry odstavených meandrů Dyje vně zátopové oblasti v r. 2005. Výzkumná zpráva pro Projekt Morava IV. Brno : Limni, s. r. o., 2005, 11 s. + přílohy.
- [7] Rozkošný, M. Hodnocení stavu vodních ekosystémů říční nivy. DÚ06 Projekt Morava IV. Závěrečná syntetická zpráva. Výzkumná zpráva. Brno : MŽP ČR, 2006, 50 s.
- [8] Rozkošný, M., Heteša, J. a Marvan, P. Sledování mokřadů v oblasti dolního Podýjí v rámci projektu Morava. VTEI, 2006, č. 3, s. 10–12, příloha Vodního hospodářství č. 10/2006.

PARAMETRY JAKOSTI A MNOŽSTVÍ POVRCHOVÉHO SPLACHU Z DÁLNIC

Danuše Beránková, Helena Brtníková, Josef Kupec, Hana Mlejnková, Jiří Huzlík, Petr Prax

Klíčová slova

povrchový smyv, znečištění z dopravy, polyaromatické uhlovodíky, těžké kovy, chloridy, zimní údržba silnic

Souhrn

Příspěvek seznamuje s výsledky projektu, který se v období 2005 až 2007 zabýval jakostí a množstvím povrchového smyvu z dálnic. Je popsána metodika výzkumu, způsoby odběrů a jsou uvedeny závěrečné poznatky o výskytu prioritních nebezpečných látek definovaných ve směrnici EU. V závěru je zmíněn navazující výzkumný projekt VaV 1F84C/031/910, který se kromě kontroly jakosti vody zabývá také výzkumem možností eliminace vznikajícího znečištění zasakováním.

Úvod

V období 2005–2007 se pracovníci Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., pobočky v Brně zabývali řešením projektu „Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu směrnice 2000/60/ES“. Tento projekt,

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu VaV SP/2e7/73/08 „Identifikace antropogenních tlaků na kvalitativní stav vod a vodních ekosystémů v oblastech povodí Moravy a Dyje“.

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.
VÚV T.G.M., v.v.i., Brno
e-mail: Milos_Rozkosny@vuv.cz

prom. biol. Jiří Heteša, CSc., RNDr. Petr Marvan, CSc.
Limni, s. r. o., Brno
e-mail: limni@alfapassage.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Key words

water ecosystem, river floodplain, oxbow lake, phytoplankton

Results of the survey of the Dyje River oxbow lakes aquatic environment (Rozkošný, M., Heteša, J., Marvan, P.)

The paper presents results of the survey of the Dyje River oxbow lakes aquatic environment, located within the area of Soutok (confluence of the Dyje River and the Morava River). Particularly, the amount of nutrients in the water and a state of phytoplankton communities. The impact of the pollution transported by the Dyje River is evaluated. The restoration of the connection between oxbow lakes and the river channel is not convenient in all the cases, based on the results of the survey.



Pražské vodovody a kanalizace, a. s.
Pařížská 11, 110 00 Praha 1
Pracoviště: Na Rozhraní 1, 180 00 Praha 8
Útvar stokové sítě

Tel: 284 013 280, 284 013 111, fax: 284 013 212,
mobil: 602 278 306, e-mail: michal.dolejs@pvk.cz

Expertní činnost při návrhu měrných objektů průtoku odpadních vod, kalibrace a kontroly měřících systémů průtoku odpadních vod (zákon č. 254/2001 Sb.), měření hydraulických veličin v objektech stokové sítě, měření srážek, odběr vzorků odpadních vod, prohlídky stokové sítě i domovních přípojek a vyhledávání průběhu kanalizace televizním inspekčním systémem, odborné zpracování výsledků.

jehož zadavatelem bylo Ministerstvo dopravy ČR, měl odpovědět na tyto základní otázky: Jaký je dopad provozu dálnic a rychlostních silnic na vodní útvary? Jaké jsou hlavní kontaminanty a do jaké míry jsou tofery prioritními nebezpečnými látkami sledovanými EU? Jak jsou potenciálně ohroženy všechny typy vodních útvarů v ČR? Jaká jsou doporučení a návrhy opatření?

Metodika a řešení

Zahájení prací předcházelo zpracování rozsáhlé rešerše, která pomohla nalézt základní tematické okruhy k problematice znečištění z komunikací a přiblížila současnou úroveň poznání v jiných státech. Nárůst osobní i nákladní automobilové dopravy v nových státech EU měl za následek zvýšení podílu znečištění z dopravy pro složky životního prostředí. Stupeň zatížení závisí především na hustotě dopravy, množství a složení pohonných hmot i druhu komunikace. Důležitým parametrem je také typ a funkční stav motoru a režim jízdy aj. Z uvolňovaných škodlivin jsou závažné zejména tzv. prioritní nebezpečné látky, tj. polyaromatické uhlovodíky a z kovů kadmium, olovo, rtuť, nikl [1].

Metodicky byl dopad na vodní recipienty řešen dvěma postupy. Prvním postupem bylo zpracování analýzy potenciálního ohrožení vodních útvarů s využitím prostředků GIS. Tato multikriteriální analýza zahrnovala ovlivňující faktory, jako jsou srážky, nadmořská výška, intenzita dopravy a existence ochranných pásem a umožnila vybrat potenciálně ohrožené vodní útvary podle součtového indexu SI. Výsledky jsou schematicky znázorněny na obr. 1.

Druhým postupem pak bylo samotné měření jakosti a množství povrchového odtoku na dálnici D1 v období 2005–2007. Odběrná místa reprezentovala jak frekventované úseky této dálnice mezi 61,5 až 81,5 km, podél vodárenské nádrže Švihov (obr. 2) na řece Želivce (cca 40 000 vozidel/24 h),

tak i dosud málo zatížený nově zprovozněný dálniční úsek v Kroměříži na km 233,0 (cca 5 000 vozidel/24 h), který byl použit ke srovnání. Na km 149,5 u Velkého Meziříčí bylo instalováno automatické odběrné zařízení. Schéma tohoto odběrného zařízení je na obr. 3 a ukázky různých odběrných míst jsou na obr. 4–7.

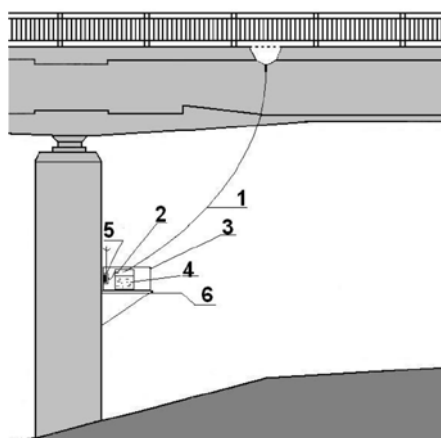
Opakované odběry vody byly prováděny na přítoku dešťových usazovacích nádrží (DUN) a v přilehlých recipientech (obr. 4–7). K doplnění informací o akumulaci škodlivin byly odebrány a analyzovány vzorky sněhu a půdy z krajnic a také kal usazený na dně DUN. Ve vzorcích vody a vodných výlužcích kalů byly prováděny analýzy široké škály chemických ukazatelů, nebezpečných a prioritních nebezpečných látek a testy toxicity. Veškeré odebrané vzorky byly zpracovávány v akreditovaných laboratořích brněnské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., kde jsou standardně prováděny analýzy vod i pevných materiálů v širokém rozsahu ukazatelů od základních ukazatelů jakosti, přes těžké kovy až po stanovení specifických organických látek metodami plynové a kapalinové chromatografie.

Pro měření a vyhodnocení srážkoodtokových poměrů byl vybrán objekt DUN na km 72,1 dálnice D1 s 5,375 ha odvodňované zastavěné plochy [2]. Průběh srážkové činnosti byl zaznamenáván pomocí člunkových srážkoměrů, k měření průtoku a obtoku v DUN bylo využito Parshalova žlabu, Ponceletova přelivu a zařízení s možností automatické registrace a dálkového přenosu naměřených dat. Pro naměřené srážkové epizody byly pak odvozeny průměrné odtokové součinitele, udávající poměr mezi objemem odtoku a srážky, které se pohybovaly v rozmezí 0,53–0,87. Následně byl odvozen specifický povrchový odtok z jednotky plochy, který byl dále využit pro modelování povrchového odtoku a dopadu na recipienty v povodí nádrže Švihov [2].

Výsledky měření

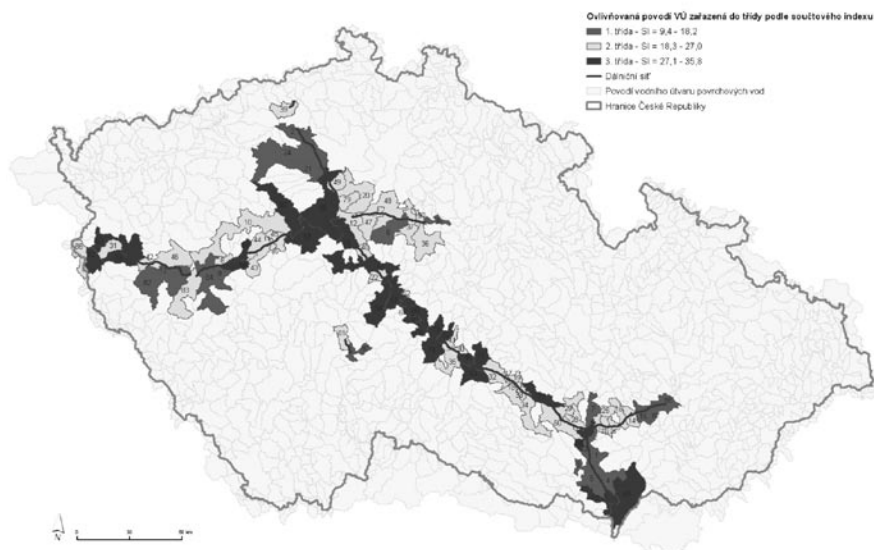
Řada látek, zjišťovaných ve smyvu z dálnic, se vyskytovala v koncentracích na úrovni mezí stanovitelnosti používaných analytických metod, jiné látky byly nalézány v měřitelných a vyšších koncentracích. Ty byly následně označeny jako signifikantní pro dopravu a byly navrženy hodnoty pro jejich kontrolu. Z prioritních látek jde zejména o zástupce polyaromatických uhlovodíků benzo[b]fluoranthen, benzo[k]fluoranthen, benzo[a]pyren, benzo[g,h,i]perylen, indeno[1,2,3-cd]pyren, fluoranthen, z kovů Pb, Cd, Ni, Hg. Z ostatních kontaminantů byly navrženy Cu, Cr, Zn, uhlovodíky C10–C40 a chloridy. Bylo potvrzeno, že specifické znečištění charakteristické extrémně vysokými koncentracemi chloridů vzniká v souvislosti se zimní údržbou silnic, kdy se používají k zajištění sjízdnosti posypové soli a solné roztoky. Z dosavadních výsledků také vyplynulo, že se na kontrolním úseku s minimálním provozem vyskytovaly ve sledovaných parametrech výrazně nižší koncentrace sledovaných látek.

Při dešťových srážkách a v období tání sněhu, kdy dochází k povrchovému splachování z komu-



Obr. 3. Schéma umístění odběrového zařízení s dálkovým hlášením provedeného odběru

Legenda: 1 – přítoková hadice, 2 – plastový kontejner, 3 – odběrová nádoba, 4 – konzola, 5 – hladinový spínač, 6 – vysílací modul



Obr. 1. Potenciální ohrožení vodních útvarů povrchových vod dopravou na dálnicích



Obr. 2. Dálniční most přes vodní nádrž Švihov (ilustrační foto P. Prouza, www.dalnice.com)



Obr. 4–7. Příklady odběrných míst

nikace, jsou koncentrace chloridů ve vodě mnohonásobně vyšší oproti přirozenému obsahu ve vodě a podílejí se na zvyšování toxicity. To bylo prokázáno zejména na zástupci řas *Scenedesmus quadricauda*, který se v testech toxicity projevuje jako nejcitlivější organismus. K vyplavování chloridových iontů z půdních vrstev však dochází v těchto úsecích dálnice celoročně.

Rada organických látek i kovů je vázána na nerozpuštěné látky a přítomné jílovité částice nacházející se na komunikaci, které postupně sedimentují v různých odvodňovacích zařízeních a recipientech. Byla potvrzena vysoká akumulace v kalech z dešťových usazovacích nádrží, což vede až k jejich kategorizaci jako nebezpečného odpadu a nastoluje otázku potřeby pravidelné údržby. Souhrnné statisticky zpracované výsledky za období 2005–2007 a porovnání s existujícími limity uvádí *tabulka 1*.

V současné době na uvedenou problematiku navazuje dvouletý projekt VaV „Kontrola jakosti dálničních splachů a hodnocení účinnosti jejich dočišťování při decentralizovaném systému odvodnění“ řešený VÚV T.G.M., v.v.i. V rámci tohoto projektu je sledována kontaminace vod odtékajících z komunikací podle monitorovací sítě na *obr. 8*.

Z výsledků roku 2008 uvádíme statistickou analýzu koncentrací vybraných kovů a chloridů, jejichž vysoké koncentrace jsou mimo jiné nebezpečné i tím, že zvyšují mobilitu toxických kovů [3, 4]. Párové Pearsonovy korelační koeficienty jsou uvedeny v *tabulce 2*. Statisticky významné korelace jsou v *tabulce* zvýrazněny.

Nejtěsnější korelace s koncentracemi chloridů byly zaznamenány u kadmia a zinku, proto byly vypočteny regresní koeficienty závislosti koncentrací těchto kovů na koncentracích chloridů. Pro kadmium vyhovuje exponenciální vztah

$$c_{Cd} = 2,5 \cdot (\exp(8,08 \cdot 10^{-5} \cdot c_{Cl}) - 1) \quad (1)$$

pro zinek lineární vztah

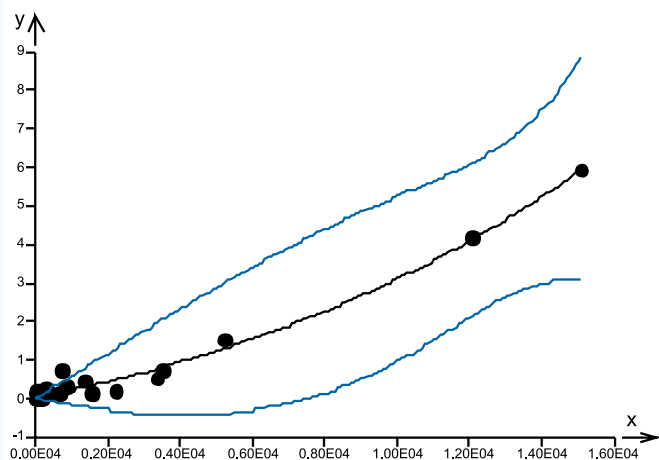
$$c_{Zn} = 0,0637 \cdot c_{Cl} \quad (2)$$

Grafické znázornění těchto vztahů je na *obr. 9 a 10*.

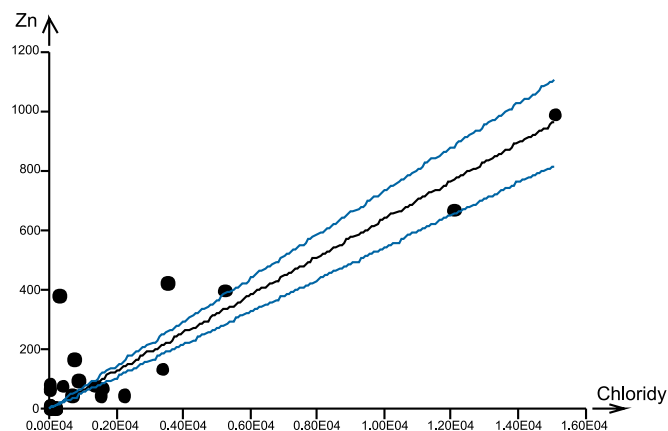
K výpočtům byla použita data z různých lokalit v časovém rozmezí šesti měsíců. Obě křivky přesvědčivě dokumentují obecný nárůst koncentrací těchto kovů ve vodách s nárůstem koncentrací chloridů.

Závěr

Z pohledu vodohospodářské legislativy není problém znečištěných srážkových vod, jejich zasakování a případných limitů dosud obecně dořešen. Proto považujeme za nutné dále se zabývat kvalitou těchto vod, získávat další data a doplňující údaje. Vypracovaná metodika pro



Obr. 9. Regresní křivka pro vztah (1) mezi koncentracemi Cd a chloridů



Obr. 10. Regresní křivka pro vztah (2) mezi koncentracemi Zn a chloridů

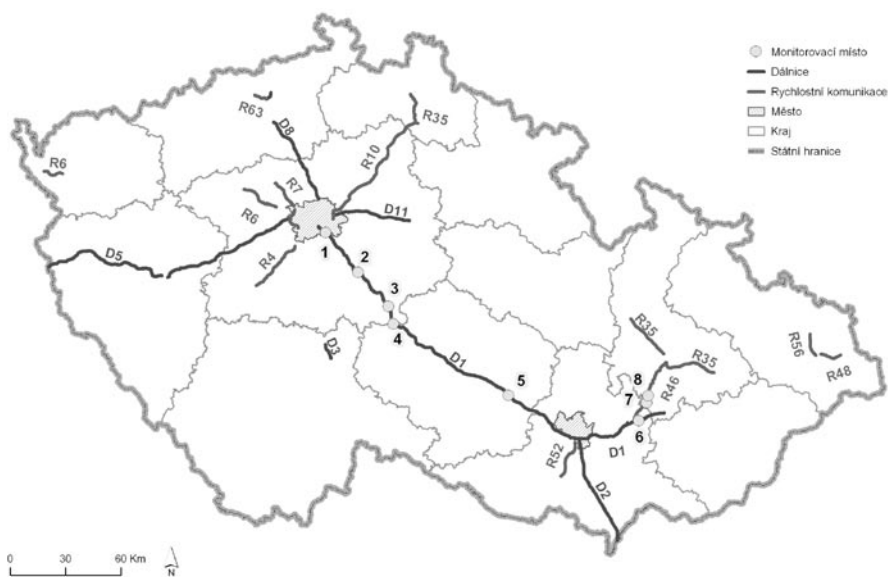
Tabulka 1. Ukazatele kvality vod odtékajících z dálnic a rychlostních silnic

Ukazatel kvality vody	Jednotka	Průměr	Medián	Q90	Nař. vl. ČR 229/2007 Sb.	Prac. cíl 2005
Pb	µg.l ⁻¹	3,82	2,40	6,10	14,4	5
Cd*	µg.l ⁻¹	0,406	0,190	0,770	0,7	0,2
Ni*	µg.l ⁻¹	45,3	21,8	132	40	5
Hg	µg.l ⁻¹	0,199	0,140	0,270	0,1	0,1
Cr*	µg.l ⁻¹	4,83	4,50	6,80	35	2
Cu	µg.l ⁻¹	19,0	13,7	52,8	25	2
Zn	µg.l ⁻¹	142	69,0	400	160	10
Cl	mg.l ⁻¹	1 095	726	1 510	250	
uhlovodíky C10–C40	mg.l ⁻¹	0,145	0,145	0,88	0,1	
benzo[b]fluoranten	ng.l ⁻¹	7,66	3,75	20,4	60	30
benzo[k]fluoranten	ng.l ⁻¹	5,87	3,65	15,7	60	30
benzo[a]pyren	ng.l ⁻¹	5,63	2,10	11,8	100	50
benzo[g,h,i]perylen	ng.l ⁻¹	6,29	3,33	13,1	30	16
indeno[1,2,3-cd]pyren	ng.l ⁻¹	5,69	3,25	15,5	30	16
fluoranten	ng.l ⁻¹	21,2	9,80	63,0	200	90
Σ 6 PAU	ng.l ⁻¹	7,66	3,75	20,4	200	

*vyskytují se statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami, Q90 – 90% percentil ze všech stanovení

Q90 překračuje prac. cíl 2005

Q90 překračuje nař. vl. ČR 229/2007 Sb.



Obr. 8. Monitorovací síť dálnic a rychlostních komunikací

Tabulka 2. Korelační koeficienty vybraných anorganických polutantů

	Chloridy	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Chloridy	1,000	0,978	-0,155	0,246	0,212	0,404	0,528	0,922
Cd	0,978	1,000	-0,156	0,207	0,154	0,479	0,537	0,931
Cr	-0,155	-0,156	1,000	-0,051	-0,113	-0,132	-0,138	-0,149
Cu	0,246	0,207	-0,051	1,000	0,032	0,326	0,698	0,476
Hg	0,212	0,154	-0,113	0,032	1,000	0,003	-0,033	0,093
Ni	0,404	0,479	-0,132	0,326	0,003	1,000	0,623	0,596
Pb	0,528	0,537	-0,138	0,698	-0,033	0,623	1,000	0,744
Zn	0,922	0,931	-0,149	0,476	0,093	0,596	0,744	1,000

monitorování jako výstup projektu [5] umožní zainteresovaným subjektům provádět sledování a hodnocení srážkoodtokového procesu na úsecích dálnic a rychlostních komunikací. Na etapu měření a kontroly jakosti by měla navazovat další etapa realizace opatření, která se bude zabývat možnostmi dočišťování a eliminací přísunu škodlivých látek do vodního prostředí a celého ekosystému podobně, jak je možno vidět na příkladech z okolních států. Zmiňovaný pokračující projekt VaV „Kontrola jakosti dálničních splachů a hodnocení účinnosti jejich dočišťování při decentralizovaném systému odvodnění“ je slibným začátkem naplňování tohoto předpokladu.

Literatura

- [1] Adamec, V., Dufek, J., Jedlička, J., Huzlík, J. aj. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy (Závěrečná zpráva projektu VaV CE 801 210 109). Brno : CDV, 2006, 86 s.
- [2] Beránková, D., Brtníková, H., Huzlík, J., Julínek, T., Kupec, J., Mlejnková, H., Pospíšil, Z., Prax, P. a Sedláček, P. Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu směrnice 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Závěrečná zpráva projektu VaV 1F54G/011/120 za roky 2005 až 2007). Brno : VÚV T.G.M., v.v.i., 2008, 53 s.
- [3] Meloun, M. a Militký, J. Compendium statistického zpracování dat. Praha : Academia, 2002, s. 764. ISBN 80-200-1008-4.
- [4] Meloun, M. a Militký, J. Statistické zpracování experimentálních dat. 2. vydání, v East Publishing 1. vydání. Praha : East Publishing, 1998, s. 839. ISBN 80-7219-003-2.
- [5] TP 202 Monitorování srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních silnic. Ministerstvo dopravy, Odbor infrastruktury, prosinec 2008, 33 s.

Tento příspěvek byl zpracován s využitím výsledků řešení projektů VaV 1F54G/011/120 a VaV 1F84C/031/910, jejichž zadavatelem bylo Ministerstvo dopravy ČR.

Ing. Danuše Beránková, Ing. Helena Brtníková,
Ing. Josef Kupec, Mgr. Hana Mlejnková, Ph.D.
VÚV T.G.M., v.v.i., pobočka Brno
tel. 541 126 315, danuse_berankova@vuv.cz

RNDr. Jiří Huzlík, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
tel. 541 633 775, huzlik@cdv.cz

Ing. Petr Prax, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí
prax.p@fce.vutbr.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Keywords

water pollution, highway runoff, polyaromatic hydrocarbons, heavy metals, chlorides, providing of safe driving conditions during winter months

Parameters of the quality and quantity of the highways runoff (Beránková, D., Brtníková, H., Kupec, J., Mlejnková, J., Huzlík, J., Prax, P.)

This paper brings final results of research project dealing with the quality and quantity of rainfall-runoff conditions of D1 highway in the Czech Republic in the period 2005–2007. Except of methodology, description of possibilities of runoff sampling, results of statistical assessment of contents of PAHs, heavy metals, chlorides and correlation between concentration of chlorides and toxic metals are given. At the end, the theme of new continuing project dealing also with research of the soil infiltration of this polluted water is referenced.

VLIV APLIKACE STATKOVÝCH HNOJIV NA FEKÁLNÍ ZNEČIŠTĚNÍ RYBNÍKŮ

Hana Mlejnková a Kateřina Horáková

Klíčová slova

mikrobiologické indikátory, fekální a organické znečištění, jakost vody, rybníky, hnojení rybníků, kejda

Souhrn

Hnojení rybníků statkovými hnojivy je významným intenzifikačním prostředkem, který slouží k vyrovnání poměru uhlíku k obsahu přítomných biogenních prvků, především dusíku a fosforu. Dostatek uhlíku ve formě oxidu uhličitého je pak nezbytný pro fotosyntetickou asimilaci fytoplanktonu a následný rozvoj zooplanktonu, potřebného pro růst ryb.

Cílem naší práce bylo vyhodnotit vliv aplikace kejdy na fekální kontaminaci a související potenciální zvýšení hygienického rizika rybochovných rybníků.

Hodnocení fekální kontaminace rybníků v období 2006–2008 bylo prováděno na základě stanovení indikátorových mikroorganismů před a po aplikaci kejdy. Sledování bylo doplněno údaji o změnách chemismu vody, vlivu přítoků a výsledky analýz fekálních indikátorů a vybraných patogenních mikroorganismů v sedimentech a kejdě.

Výsledky ukázaly, že obsah indikátorů fekálního a organického znečištění nebyl ve sledovaných rybnících po aplikaci kejdy významně zvýšen, mikrobiální kvalita vody ve sledovaných rybnících se výrazně nelišila od kvality vody v kontrolním nekejdovaném rybníku. Ojedinele byly zjištěny stavy se zvýšenými počty bakterií, které by mohly být potenciálním zdravotním rizikem při rekreačním využití rybníků. Nejhorší kvalita vody byla zaznamenána v rybnících s přísunem komunálního znečištění; toto znečištění bylo po průtoku rybníkem z velké části eliminováno.

Bylo prokázáno, že správná aplikace kejdy nezpůsobuje významné zhoršení mikrobiální kvality vody v rybnících a nepředstavuje akutní zdravotní riziko při jejich rekreačním využití v letním období, za předpokladu aplikace kejdy v časném jarním období.

Úvod

Česká republika patří mezi země s nejvíce rozvinutým rybníkářským hospodařením, kde se na ploše 52 000 ha nachází 24 000 rybníků, ve

kterých je ročně vyprodukováno přibližně 20 tisíc tun ryb; z 90 procent jde o kapra. K produkci je využívána především přirozená potravní základna (podílí se na cca 75 procentech přírůstu), která je podpořena hnojením statkovými hnojivy a přikrmováním obilím.

Organické hnojení je významným prostředkem ke zvyšování primární produkce rybníků. Způsobuje vyrovnání poměru uhlíku k obsahu jiných biogenních prvků (především dusíku a fosforu), které jsou vůči uhlíku ve vodním prostředí v nadbytku. Předpokladem fotosyntetické asimilace fytoplanktonu a následného rozvoje zooplanktonu, žádoucího pro růst ryb, je dostatek uhlíku, především ve formě CO₂. Uvádí se, že pro přírůstek 0,5 t kapra je potřeba 3 t zooplanktonu, který spotřebuje cca 21 t fytoplanktonu [2, 5, 12]. Proces intenzifikace může za určitých předpokladů zkrátit dobu produkce tržní ryby na dva až tři roky. Existuje velké množství údajů o růstu produkce ryb zvýšením množství přirozené potravy po aplikaci kejdy i o snížení nákladů na krmiva a hnojiva [3, 4, 5, 8, 10].

Ovlivnění přirozených procesů v rybnících, zejména aplikací statkových hnojiv, však může být spojeno s určitými riziky působícími na kvalitu vody. Problémy s jejich aplikací mohou nastat především při narušení rovnováhy v rybníku v důsledku nadbytku živin (nadměrný rozvoj řas, sinic, makrofyt), rozkladu organické hmoty (kyslíkový deficit, anaerobní procesy, produkce amoniaku, sirovodíku, metanu) či nadměrného přísunu mikroorganismů, které mohou být mj. původci potenciálních zdravotních rizik. Mikrobiologické analýzy různých druhů statkových hnojiv prokázaly jejich zdravotní závadnost způsobenou obsahem některých choroboplodných zárodků a spor, především původců průjemových onemocnění, zoonóz, viróz, parazitóz a v menší míře původců závažných onemocnění [9]. V praxi je však prokázáno, že funkční a vyvážený ekosystém rybníka dokáže eliminovat potenciální rizika aplikovaných látek a uvolněné biogenní prvky zapojit do produkčního řetězce [1]. Charakterizace a předpověď možných nežádoucích jevů je ovšem velmi obtížná, neboť v přírodních podmínkách působí velké množství vzájemně se ovlivňujících faktorů, jako např. doba zdržení vody v rybníce, hloubka, klimatické podmínky (např. množství srážek, teplota, světelné podmínky), kvalita přítékajících vod, zanesení dna bahnem, stav ekosystému, splachy ze zemědělské půdy v okolí apod.

Předmětem našeho příspěvku je pomocí mikrobiálních indikátorů fekálního znečištění vyhodnotit vliv kejdování na fekální kontaminaci a související potenciální zvýšení hygienického rizika rybochovných rybníků.

Kejda (odpadní produkt bezstelivového ustájení hospodářských zvířat) je v rybníkářství jedním z nejběžněji uplatňovaných statkových hnojiv. Kvůli svému složení je zařazena mezi závadné látky a k její aplikaci do povrchových vod je nutné povolení místního vodoprávního úřadu vydané na základě Metodického pokynu pro posuzování žádostí o výjimku z ustanovení § 39 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změ-

ně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů pro použití závadných látek ke krmení ryb (§ 39 odst. 7 písm. b) vodního zákona) a k úpravě povrchových vod na nádržích určených pro chov ryb (§ 39 odst. 7 písm. d) vodního zákona), který se odvolává na nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění změn provedených nařízením vlády č. 229/2007 Sb. (dále NV ČR). Kontrola aplikace kejdy se pak provádí podle Rozhodnutí místního vodoprávního úřadu, vydaného na základě uvedeného metodického pokynu.

Metodika

Odběry vzorků

V letech 2006 až 2008 byla sledována fekální kontaminace kejdivaných, nekejdivaných (kontrolních) a komunálně znečištěných rybníků. Vzorky vod byly odebírány sezonně před a po aplikaci kejdy v období březen až září. V roce 2008 byly odebrány vzorky sedimentů a provedeny analýzy kejdy aplikované do rybníků.

Sledované profily

Rybníky sledované v této etapě práce ležely v oblasti Českomoravské vysočiny a byly obhospodařovány Rybářstvem Velké Meziříčí, a. s., s jehož pracovníky byla navázána aktivní spolupráce. Vzorky vody byly odebírány z rybníků v místě krmení. V roce 2007 byly za účelem monitoringu přítokajícího a odtékajícího znečištění odebírány vzorky také na přítocích a odtocích z rybníků.

Byly sledovány následující rybníky:

- Nový Ořechovský (10,52 ha, prům. hloubka 1,5 m) – kejdivaný,
- Osovec (9,52 ha, prům. hloubka 1 m) – kejdivaný,
- Lesní rybník (3,22 ha, prům. hloubka 2 m) – kontrolní nekejdivaný,
- Podhradský rybník (8,34 ha) – kejdivaný a komunálně znečištěný z města Křižanov.

V roce 2006 byl v letním období ve stejné oblasti proveden screening 17 rybníků (S1–S17) vybraných nezávisle na způsobu jejich obhospodařování za účelem porovnání jejich fekálního znečištění s rybníky kejdivanými. Šlo především o malé rybníky návěsní, rybníky v rekreačních oblastech, soukromé rybníky s chovem vodní drůbeže a rybníky ovlivněné splachy z okolních polí a luk.

Stanovované parametry

Ve vzorcích sledovaných matric (voda, sediment, kejda) byly stanovovány tyto parametry:

- fekální indikátory (fekální koliformní bakterie – FC, *Escherichia coli* – ECOLI, enterokoky – ENT),
- indikátory organického znečištění (kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C – HPC22),
- vybrané patogeny (salmonely, *E. coli* O157).

Stanovení byla prováděna kultivačně podle normovaných postupů TNV 75 7835 (FC, ECOLI), ČSN EN ISO 7899-2 (ENT), ČSN EN ISO 6222 (HPC22) a TNV 75 7855 (salmonely). *Escherichia coli* O157 byla stanovována podle modifikované metody pro stanovení salmonel (bylo použito selektivní pomnožení v mTSB bujonu s novobiocinem a následná selektivní kultivace na MacConkey agaru se sorbitolem).

V roce 2007 byla stanovení doplněna základními chemickými a fyzikálně-chemickými analýzami (BSK_5 , $CHSK_Cr$, NH_4^+ , N_{celk} , TOC, P_{celk}), při všech odběrech byly měřeny základní fyzikálně-chemické ukazatele (teplota vody, pH, vodivost, množství rozpuštěného kyslíku a nasycení vody kyslíkem).

Výsledky byly porovnány s limity nařízení vlády ČR pro povrchové vody a vody ke koupání.

Výsledky

Výsledky sledování jsou znázorněny graficky na obr. 1 až 7. Na obr. 1–3 je uvedeno porovnání hodnot fekálních indikátorů ve sledovaných rybnících před a po aplikaci kejdy.

Výsledky ukazují, že ve vodě všech sledovaných rybníků (kejdivaných i kontrolního) byly zjištěny srovnatelné hodnoty fekálních koliformních bakterií i *E. coli*, které se pohybovaly v řádech jednotek. K překročení limitu NV ČR pro výskyt FC v povrchových vodách ($C90 = 40$ KTJ/ml) i limitu pro výskyt ECOLI v koupacích vodách (roční průměr = 3 KTJ/ml) docházelo ojediněle (rybník Osovec v letních měsících roku 2007). Trvale vyšší hodnoty fekálních indikátorů byly zjištěny v rybníku Podhradský, do kterého jsou zaústěny odpadní vody z ČOV města Křižanov a dva komunálně znečištěné přítoky.

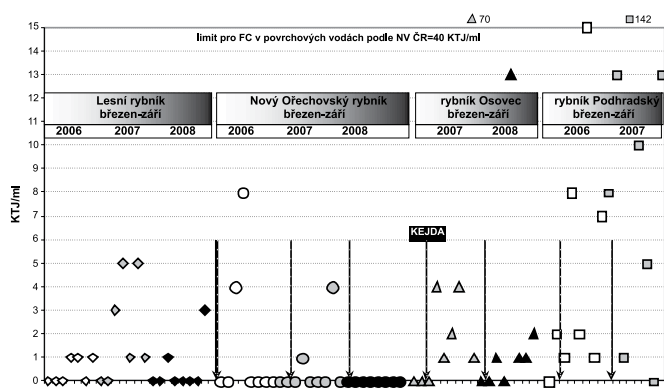
Obdobně jako v případě FC a ECOLI nebyl zaznamenán zásadní rozdíl v počtech enterokoků mezi kejdivanými rybníky a kontrolním rybníkem, vyšší počty byly opět pozorovány v rybníku Podhradský. Počty enterokoků v rybnících s aplikací kejdy byly nízké (s výjimkou jednoho odběru na rybníku Osovec: 53 KTJ/ml v létě 2007 a při dvou odběrech v rybníku Podhradský) a splňovaly požadavky NV ČR pro povrchové vody (tj. $C90 = 20$ KTJ/ml). Přísný limit pro koupací vody podle NV ČR (tj. roční průměr = 1 KTJ/ml) byl každoročně překračován u rybníka Osovec a Podhradský, ale v roce 2007 také u kontrolního Lesního rybníka.

Vysoké hodnoty fekálních indikátorů v rybnících s aplikací kejdy byly v letních měsících ojediněle stanoveny i v obdobné studii prováděné ve VÚV T.G.M. v roce 2004 [6].

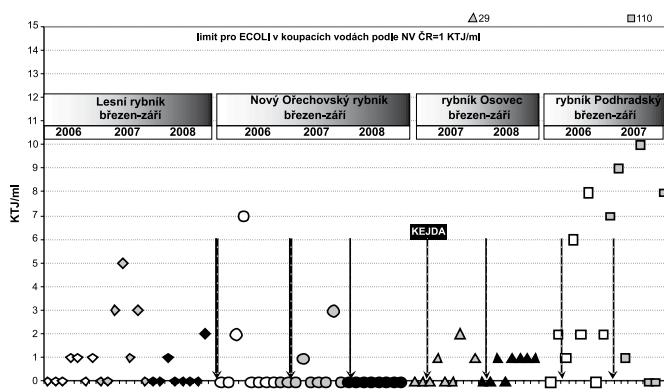
Ojedinělý výskyt vysokých hodnot fekálních indikátorů v počtech, které by mohly být zdravotním rizikem při rekreačním využití rybníků, nebyl v rámci naší práce vysvětlen. Byly prověřeny možné zdroje fekálních bakterií, tj. jejich přísun přítoky nebo přežívání v sedimentech a následné uvolnění rozvířením sedimentů. Bylo zjištěno, že žádný z těchto zdrojů nebyl původcem zvýšených bakteriálních počtů. V rozporu s nálezem Šimka [11], který zjistil, že koliformní bakterie a enterokoky jsou schopny přežít v sedimentech podstatně déle než ve vodě a jejich počty v sedimentech jsou o 2–4 řády vyšší než ve stejném objemu vody, nebyla v sedimentech námi sledovaných rybníků prokázána přítomnost fekálních bakterií. Ve shodě s literárními údaji [7] bylo prokázáno dlouhodobé přežívání fekálních indikátorů v kejdě.

Změny množství lehce užitvatelných organických látek byly sledovány stanovením kultivovatelných mikroorganismů při 22 °C (obr. 4).

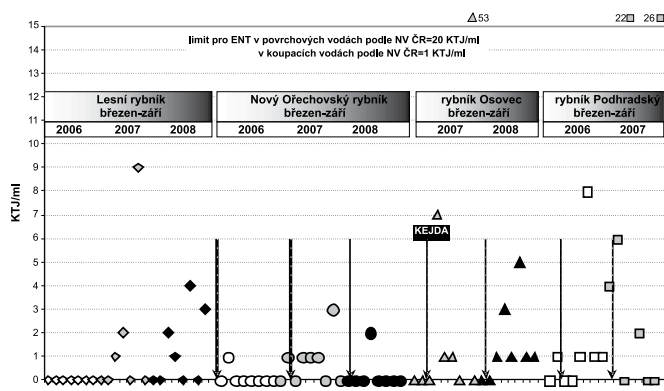
Množství organických látek užitvatelných mikroorganismy se po aplikaci kejdy ve vodě rybníků zvýšilo, nejvíce v mělkém rybníku Osovec a v Podhradském rybníku. Zvýšené počty kultivovatelných mikroorganismů však byly zjištěny i v nekejdivaném Lesním rybníku, především po jeho opětovném napuštění v roce 2007. Vysoké hodnoty v roce 2007 na odtoku z Podhradského rybníka korespondovaly s hodnotami na přítocích, včetně přítoku z ČOV.



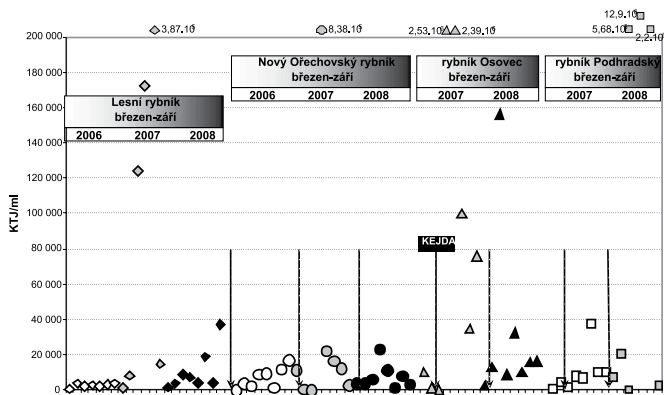
Obr. 1. Množství fekálních koliformních bakterií ve sledovaných rybnících před a po aplikaci kejdy (↓)



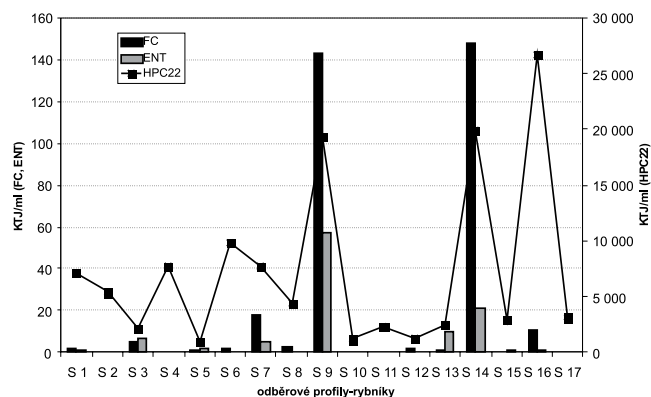
Obr. 2. Množství *E. coli* ve sledovaných rybnících před a po aplikaci kejdy (↓)



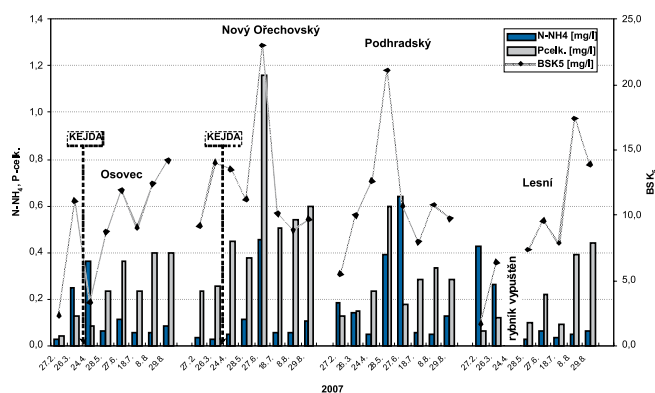
Obr. 3. Množství enterokoků ve sledovaných rybnících před a po aplikaci kejdy (↓)



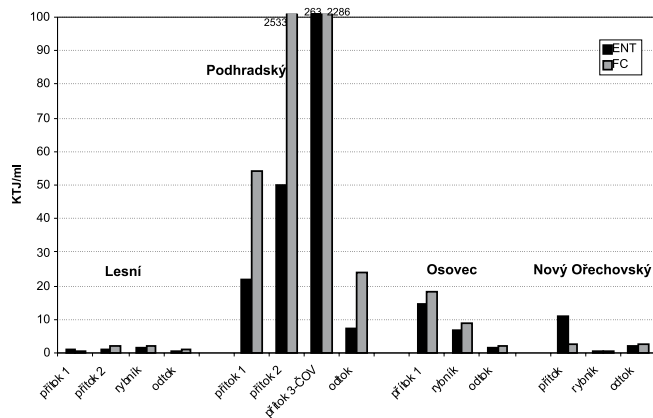
Obr. 4. Množství indikátorů organického znečištění ve sledovaných rybnících před a po aplikaci kejdy (↓)



Obr. 5. Screening fekální kontaminace rybníků s různým způsobem využívání



Obr. 6. Výsledky analýz vybraných chemických ukazatelů



Obr. 7. Množství fekálních indikátorů na přítocích a odtocích z rybníků

Jednorázové prověření fekální kontaminace menších rybníků (S1 až S17), vybraných nezávisle na způsobu jejich využívání, v roce 2007 je uvedeno na obr. 5.

Screening fekální kontaminace těchto rybníků ukázal poměrně nízké zatížení fekálním znečištěním s výjimkou dvou obecných rybníků (S9 a S14), které obsahovaly vysoké počty mikroorganismů v oblasti možných hygienických rizik. Limit NV ČR pro koupání byl překročen v 53 % pro enterokoky a 30 % pro *E. coli*. Limity požadované NV ČR se však vztahují na roční průměry a jsou navíc extrémně přísné.

Využívání rybníků k chovu ryb spojené s aplikací cizorodých látek ovlivňuje také **chemismus vody**. Změny jakosti vody charakterizované obsahem znečišťujících látek jsou ovlivněny přísunem živin kejdou a současně odrážejí biologické procesy probíhající v rybníku. Na jakost vody má vliv také znečištění přinášené přítoky, klimatické podmínky, hloubka, průtočnost apod. Kombinace těchto faktorů neumožňuje, aby byly v rybnících celoročně dodrženy imisní standardy NV ČR. Požadovaná jakost vody je určena výjimkami vyplývajícími z výše uvedeného metodického pokynu a pro každý rybník *rozhodnutím* o povolené výjimce.

Výsledky analýz vybraných chemických ukazatelů jakosti vody z roku 2007 jsou znázorněny na obr. 6.

Hodnocení chemických ukazatelů jakosti vody prokázalo zvýšený obsah organických látek (BSK₅, CHSK, TOC) a živin (N, P) po jarní aplikaci organických hnojiv. Klasifikace jakosti vody sledovaných rybníků podle ČSN 75 7221 ukázala na zhoršení jakosti vody všech rybníků v průběhu sezony s maximy v letních měsících, kdy se pohybovala ve III.–V. třídě jakosti, tj. znečištěná až velmi silně znečištěná voda. V letních měsících byly v mnoha rybnících překročeny i některé limity Metodického pokynu (pH = 6–9, BSK₅ = 8 mg/l), včetně kontrolního nekejdovaného Lesního rybníka, který však byl po vypuštění v jiném režimu.

V roce 2007 byla sledována **mikrobiální kontaminace přítoků**. Průměrné hodnoty indikátorů fekálního znečištění jsou uvedeny na obr. 7, přičemž s výjimkou Podhradského rybníka byly přítoky především v letních měsících velmi málo vodné nebo zcela vyschlé.

Výsledky ukazují, že přítoky do rybníků nejsou zanedbatelným zdrojem fekálního znečištění. Hodnoty na odtocích dokládají, že rybník účinně odstraňuje velkou část přinášeného fekálního znečištění, včetně extrémního znečištění komunálního původu, ústíčního do Podhradského rybníka.

Závěry

Výsledky z let 2006–2008 lze shrnout následovně:

- obsah indikátorů fekálního a organického znečištění nebyl ve sledo-

vaných rybnících po aplikaci kejdy významně zvýšen, což může být důsledkem naředění v objemu rybníční vody, přirozené eliminace společenstvem planktonu, neschopnosti přežít v daných podmínkách, sedimentace na dno, vytlačení autochtonním společenstvem mikroorganismů apod.;

- mikrobiální kvalita vody ve sledovaných kejdovaných rybnících se výrazně nelišila od kvality vody v kontrolním nekejdovaném rybníku;
- byly zaznamenány nahodilé stavy se zvýšenými počty bakterií, které by mohly být zdravotním rizikem při rekreačním využití rybníků – jejich zdroj nebyl vysvětlen;
- jednorázový screening fekální kontaminace rybníků bez ohledu na jejich využívání ukázal, s výjimkou dvou rybníků lokalizovaných v obcích (S9, S14), nízké fekální zatížení;
- přítoky byly zanedbatelným zdrojem fekální kontaminace;
- nejhorší kvalita vody byla zaznamenána v rybnících s přísunem komunálního znečištění, toto znečištění bylo po průtoku rybníkem z velké části eliminováno;
- v rybnících byl po jarní aplikaci organických hnojiv zjištěn zvýšený obsah organických látek (BSK, CHSK, TOC) a živin (N, P);
- analýza sedimentů neprokázala, že by sedimenty byly rezervoárem fekálních indikátorů pocházejících z kejdy;
- v kejdě byly zjištěny vysoké počty fekálních bakterií (FC: 10² KTJ/ml, ENT: 10³ KTJ/ml) a bylo prokázáno jejich přežívání po dobu delší než šest měsíců při 8 °C;
- ve vzorcích kejdy, vody ani sedimentu nebyla prokázána přítomnost patogenů – salmonel, *E. coli* O157.

Bylo prokázáno, že správná aplikace kejdy nezpůsobuje významné zhoršení mikrobiální kvality vody v rybnících a nepředstavuje akutní zdravotní riziko při jejich rekreačním využití v letním období, a to za předpokladu aplikace kejdy v časném jarním období.

Poděkování

Práce byla podporována výzkumným záměrem MZP002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů.

Literatura

- [1] Adámek, Z. a Jirásek, J. (1989) Vývoj kvality vody a produkce v organicky zatěžených rybnících. In *Význam malých polnohos-*

- podárenských nádrží pro rybářstvo a ochranu vodního prostředí krajiny. Bratislava : P ČSVTS ÚRH, s. 85–90.
- [2] Čítek, J., Krupauer, V. a Kubů, F. (1998) Rybníkářství. Praha, Informatorium.
- [3] Hartman, P. aj. (1971) Využití drubeží a prasečí kejdy ke hnojení rybníků. Dílčí zpráva. Č. Budějovice, Státní rybářství.
- [4] Hartman, P. aj. (1973) Použití kejdy ke hnojení rybníků. Závěrečná zpráva. Č. Budějovice, Státní rybářství.
- [5] Hartman, P. aj. (1983) Organické hnojení rybníků. Vodňany, VÚRH.
- [6] Kočková, E., Mlejnková, H. a Žáková, Z. (2004) Hodnocení vlivu aplikace kejdy na kvalitu vody v rybnících. Zpráva o výsledcích šetření pro Rybníkářství Velké Meziříčí, a. s.
- [7] Nicholson, FA. et al. (2004) Assessing and managing the risk of pathogen transfer from livestock manures into the food chain. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, vol. 18, no. 3, p. 155–160.
- [8] Schroeder, G. (1974) Use of fluid cowshed manure in fish ponds. *Bamidgeh*, vol. 26, no. 3, p. 84–96.
- [9] Stehlík, K. (1988) Závlahové využití odpadních vod: Tekutá statková hnojiva a zemědělské odpadní vody. MZV ČSR, 438 s.
- [10] Sukop, I. (1977) Vliv použití tekutých organických hnojiv v různých typech plůdkových rybníků na rozvoj přirozené potravy. Autoreferát disertace.
- [11] Šimek, K. a Straškrabová, V. (1989) Samočišticí procesy v rybnících se zátěží odpadních vod a vliv velkochovu kachen. In *Význam malých polnohospodářských nádrží pro rybářstvo a ochranu vodního prostředí krajiny*. Bratislava : P ČSVTS ÚRH, s. 178–182.
- [12] Wohlfarth, GW. and Schroeder, G. (1979) Use of manure in fish farming – a review. *Agricultural Wastes*, vol. 1, no. 4, p. 279–299.

RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.
Mgr. Kateřina Horáková, Ph.D.
VÚV T.G.M., v.v.i., pobočka Brno
hana_mlejnkova@vuv.cz, kateřina_horakova@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

SROVNÁNÍ ÚČINNOSTI VZORKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ PRO STUDIUM FAUNY DNA NEBRODITELNÝCH TOKŮ

Libuše Opatřilová, Jiří Kokeš, Hana Zezulová,
Pavla Řezníčková, Denisa Němejcová, Hana Janovská,
Lenka Tajmrová

Klíčová slova

nebroditelný tok, makrozoobentos, metody, pneumatický vzorkovač, drapák

Souhrn

Bylo provedeno srovnání účinnosti odběru bentické fauny nebroditelných toků třemi odběrovými zařízeními – pneumatickým vzorkovačem (air-lift sampler), drapákem van Veen a bentosovou ruční sítí. Nejvyšší počet taxonů makrozoobentosu byl zachycen ruční sítí, pneumatický vzorkovač zachytil nejvíce jedinců. Odběrová zařízení měla odlišnou úspěšnost při zachycení rozdílných taxonů; byla zjištěna selektivnost zachytu jedinců vzhledem k jejich životní formě.

Úvod

Rámcová směrnice pro vodní politiku ES (směrnice 2000/60/ES) zavádí sledování fauny dna toků (tzv. makrozoobentosu) pro hodnocení ekologického stavu vod. Metody odběru makrozoobentosu jsou standardizované a verifikované pro broditelné toky (ČSN 75 7701). Nebroditelné úseky toků jsou v České republice významné z hlediska vodohospodářského využití, ale z důvodů metodické obtížnosti a finanční náročnosti nebyl až dosud prováděn systematický průzkum fauny jejich dna.

Rozvoj metod vzorkování sedimentů a fauny méně přístupného dna začal spolu s rozvojem průzkumu dna moří (Holme, 1949). Pneumatický vzorkovač určený přímo pro odběr sladkovodních sedimentů spolu s jejich faunou byl zkonstruován na počátku sedmdesátých let minulého století (Mackey, 1972). Od té doby se vědecké články věnovaly srovnávání účinnosti různých druhů odběrových zařízení, především drapáků, vlečných sítí, mrazičích sond (freeze-corer) a pneumatických vzorkovačů (air-lift sampler) v mnoha různých modifikacích (Elliott and Drake, 1981, 1982; Downing, 1984; Humpesch and Elliott, 1990; Bretschko and Schönbauer,

Key words

microbial indicators, faecal and organic pollution, water quality, fish ponds, fish pond manuring, semi-liquid manure

Effect of manuring upon faecal pollution of fish ponds (Mlejnková, H., Horáková, K.)

Fish pond manuring is an important process for intensification of fish production by balancing the rate between carbon and other nutrients (especially nitrogen and phosphorus) in pond water. Carbon (in form of carbon dioxide) is necessary for photosynthetic assimilation of phytoplankton and subsequent zooplankton development that serves as a natural fish food.

The aim of this study was to evaluate the effect of manuring upon faecal pollution and related potential increase of hygienic risk of fish pond utilization.

The evaluation of faecal pollution of ponds during 2006–2008 was based on the determination of indicator microorganisms before and after semi-liquid manure application. The monitoring was completed with the data of water quality changes, the impact of tributaries and the detection of faecal indicators and selected pathogenic microorganisms in sediments and pig manure.

The results showed that after the semi-liquid manure application the level of faecal and organic indicators in ponds was not significantly increased; microbial quality of water in manured ponds was not substantially different from the water quality of the control non-manured pond. Sporadically increased faecal bacteria counts were observed, which could be potential health risk in the case when ponds are used for recreational purposes. The worse water quality was found in ponds with municipal wastewater pollution which was largely eliminated in the pond.

It was proved that proper manuring does not cause significant water quality deterioration in ponds and does not mean acute health risk when using ponds for recreational purposes in summer (if manuring is performed in the early spring period).

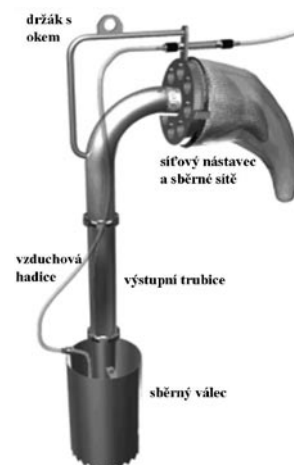
1998; ČSN 75 7705). Pneumatický vzorkovač, který byl použit na odběr vzorků pro tuto studii, je modifikací zařízení „FBA air-lift sampler“, která umožňuje odběr z kamenitých substrátů dna alpských rychle tekoucích toků bez ukotvení lodi, ze které se odběr provádí (Pehofer, 1998).

Prvním krokem ke standardizaci odběru bylo vytvoření metodiky odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu z nebroditelných tekoucích vod (Kokeš aj., 2006). Dalším krokem bylo praktické testování účinnosti odběrových zařízení doporučených touto metodikou v podmínkách ČR. V rámci této studie byl testován drapák van Veen a výše uvedený pneumatický vzorkovač. Jejich účinnost byla posuzována z hlediska počtu zachycených taxonů a počtu zachycených jedinců a byla srovnána s účinností ruční sítě, která se standardně používá v broditelných tocích (ČSN 75 7701). Cílem studie bylo otestovat hypotézu, že vzorky odebrané jednotlivými odběrovými zařízeními jsou z hlediska zastoupení taxonů a počtu jedinců shodné.

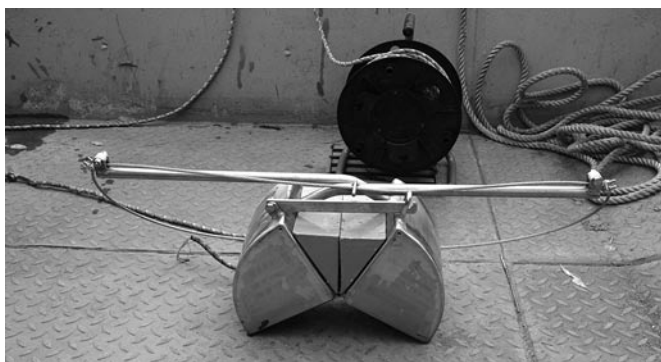
Metodika

Odběr vzorků byl realizován na středním toku Moravy, v lokalitě Věrovany v druhé polovině září 2006. Tok byl regulovaný se štěrkovitým dnem, výška vodního sloupce byla kolem jednoho metru, a proto byla vhodná pro vzorkování všemi odběrovými zařízeními. Celkem bylo odebráno 75 vzorků, tzn. 25 vzorků každým zařízením. Byly vzorkovány stejné habitaty kromě přibřežní zóny.

Pneumatickým vzorkovačem (obr. 1) byl vzorek odebrán z plochy dna o velikosti 491 cm², kterou ohraničoval sběrný válec. Válec byl zatlačen do říčního dna rotujícími pohyby a vhněním vzduchu do spodního konce válce výstupní trubice byl vzorek odebrán a transportován do dvou sběrných sítí připevněných ke vzorkovači. Drapák van Veen (obr. 2) je tvořen dvěma pákami se spouštěcím lanem a západkou. Před odběrem vzorku byly čelisti roztaheny, zajištěny západkou a spuštěny do vody. Nárázem drapáku na dno došlo k uvolnění západky a při jeho vytahování potom k sevření čelistí a nabrání sedimentu z plochy 457 cm². Vzorky ruční sítí byly standardně odebrány z jednotlivých habitatů o plochách cca 900 cm² v souladu s ČSN 75 7701.



Obr. 1. Pneumatický vzorkovač (Pehofer, 1998)



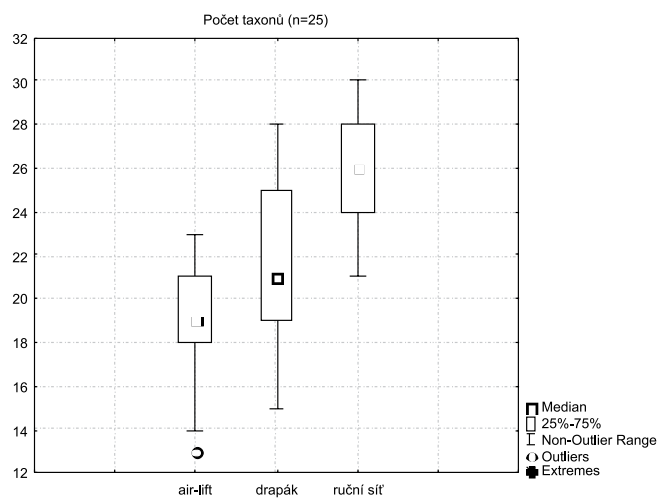
Obr. 2. Drapák van Veen

Jednotlivé vzorky byly odebrány a zpracovány podle ČSN 75 7701 a souvisejících norem s tím rozdílem, že vzorky byly promývány přes síť o velikosti ok 100 µm. Determinace byly provedeny na úrovni čeledí, popř. do vyšších taxonomických skupin (*Nematoda*, *Hydrachnidia*). Počty jedinců byly standardizovány na jednotku plochy a statistickým programem Statistica byla vyhodnocena jednak variabilita vzorků z hlediska počtu jedinců a počtu taxonů pomocí box plotů, jednak dominance čeledí ve vzorcích odebraných jednotlivými odběrovými zařízeními.

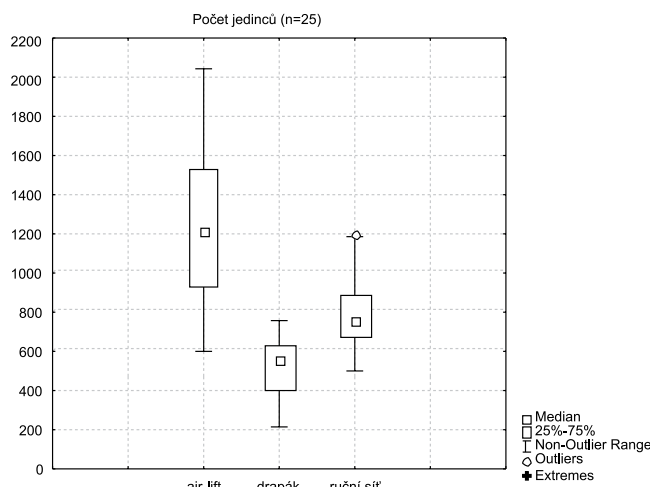
Výsledky a diskuse

Celkem bylo ve všech odebraných vzorcích nalezeno 63 400 jedinců z 16 vyšších taxonomických skupin (*Rhabditophora*, *Nematoda*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Hydrachnidia*, *Malacostraca*, *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Plecoptera*, *Heteroptera*, *Planipennia*, *Coleoptera*, *Trichoptera* a *Diptera*). Ty byly, kromě *Nematoda* a *Hydrachnidia*, determinovány do celkem 49 čeledí.

Údaje o variabilitě jednotlivých vzorků z hlediska počtu taxonů a abundance ukazují box ploty (obr. 3 a 4). Nejvyšší počet taxonů byl zachycen



Obr. 3. Box plot počtu taxonů



Obr. 4. Box plot počtu jedinců

ruční sítí, nejméně pak pneumatickým vzorkovačem. Z hlediska celkového počtu jedinců byly výsledky odlišné, nejvíce organismů zachytil pneumatický vzorkovač (celkem 30 900 jedinců), dále ruční síť (19 300) a nejméně drapák (13 200).

Celkově dominovaly u všech odběrových zařízení zástupci pakomárů (*Chironomidae*), nejvyšší dominance dosahovala tato skupina u vzorků z pneumatického vzorkovače (73 %), nejnižší u vzorků z ruční sítě (38 %). Dalšími dominantními skupinami byla *Clitellata*, a to čeledi *Naididae* a *Propappidae*. K dominantním čeledím se u drapáku ještě zařadili chrostiči čeledi *Hydropsychidae* a u ruční sítě jepice čeledi *Leptophlebiidae*.

Mezi jednotlivými odběrovými zařízeními byly značné rozdíly v abundancích zachycených taxonů. Drapák van Veen zachytil podstatně méně jedinců s červovitým, často drobným tělem z čeledí roupicovití (*Enchytraeidae*), žížalovití (*Lumbriculidae*), *Naididae*, *Propappidae* a bahnomilkovití (*Limoniidae*), což zřejmě souvisí s částečným únikem jemných zvodnělých sedimentů při vytahování drapáku z vody. Naopak oproti ostatním odběrovým zařízením byl drapák velice úspěšný při zachycení pijavek (*Erpobdellidae*, *Glossiphoniidae*, *Piscicolidae*), blešivců (*Gammaeidae*) a chrostíků čeledí *Goeridae*, *Hydropsychidae* a *Psychomyiidae*. Stejně jako ruční sítí bylo drapákem odebráno více jedinců bezobratlých, kteří dorůstají větších rozměrů (*Dugesidae*, *Heptageniidae*, *Perlodidae*, *Polycentropodidae* a *Gyrinidae*) než pneumatickým vzorkovačem. Opět to souvisí se způsobem odběru, kdy lze na rozdíl od pneumatického vzorkovače drapákem vyvednout i větší kameny (Elliott and Drake, 1981; Downing, 1984; Humpesch and Elliott, 1990).

Pneumatický vzorkovač zachytil největší počet jedinců, což je v souladu se závěry předchozích studií (Drake and Elliott, 1983; Boulton, 1985; Bretschko and Schönbauer, 1998; Kikuchi et al., 2006). Bylo zachyceno téměř třikrát více zástupců čeledi *Propappidae*, pakomárovitých (*Chironomidae*) a berušek z čeledi *Asellidae* než drapákem či ruční sítí. Zástupci pakomárů i „červů“ (*Oligochaeta*) žijí především v jemnějších substrátech, které pneumatický vzorkovač vzorkuje lépe než drapák a jeho sací síla způsobuje získání vzorku z větší hloubky, než je tomu u drapáku (Bretschko and Schönbauer, 1998). Na rozdíl od výše zmíněných prací vzorkovač v této studii zachytil v průměru nejmenší počet taxonů. Počet jedinců v těch čeledích, které nebyly zachyceny zároveň všemi odběrovými zařízeními, se pohyboval od jednoho do osmi jedinců ve vzorku. Je tedy otázkou, zda nalezení daného taxonu odběrovým zařízením bylo dáno horší selektivitou zařízení či spíše nízkou četností taxonu a náhodností jeho záchytu (Kikuchi et al., 2006).

Studie nepotvrdila, že by pro reprezentativní odběr vzorků nebrotitelných toků byl dostatečný odběr jedním typem odběrového zařízení vzhledem k jejich selektivitě k různým skupinám benthických organismů. K ověření tohoto závěru bude potřeba provést studii na větším počtu vzorků z různých typů toků.

Literatura

- Boulton, J. (1985) A sampling device that quantitatively collects benthos in flowing or standing waters. *Hydrobiologia*, 127, 1985, p. 31–39.
- Bretschko, G. and Schönbauer, B. (1998) Quantitative sampling of the benthic fauna in a large, fast flowing river (Austrian Danube). *Large Rivers*, 11, 1998, p. 195–211.
- Downing, JA. (1984) Sampling the benthos of standing waters. In Downing, JA. and Rigler, FH. (eds) A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 1984, p. 87–130.
- Drake, CM. and Elliott, JM. (1982) A comparative study of three air-lift samplers used for sampling benthic macro-invertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 12, 1982, p. 511–533.
- Elliott, JM. and Drake, CM. (1981) A comparative study of seven grabs used for sampling benthic macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 11, 1981, p. 99–120.
- Holme, NA. (1990) A new bottom-sampler. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 28, 1949, p. 323–333.
- Humpesch, UH. and Elliott, JM. (eds.) (1990) Methods of biological sampling in a large deep river – the Danube in Austria. *Wasser u. Abwasser*, 2, 1990, 83 p.
- Kikuchi, RM., Fonseca-Gessner, AA., and Shimizu, GY. (2006) Suction sampler for collection of benthic macroinvertebrates in several continental aquatic environments. A comparative study with the Hess and Surber samplers. *Acta Limnol. Bras.*, 18, 2006, p. 29–37.
- Kokeš, J., Tajmrová, L. a Kvardová, H. (2006) Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu z nebrotitelných tekoucích vod. http://www.env.cz/cz/metodiky_normy.
- Mackey, AP. An Air-Lift for Sampling Freshwater Benthos. *Oikos*, 23, 1972, p. 413–415.
- Pehofer, HE. (1998) A new quantitative air-lift sampler for collecting invertebrates designed for operation in deep, fast-flowing gravel-bed rivers. *Large Rivers*, vol. 11, No. 2, *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 115/2, p. 213–232.

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. Praha, MŽP, Odbor ochrany vod, 2005.

ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. Český normalizační institut, 2008.

Poděkování

Studie byla zpracována za podpory výzkumného záměru Ministerstva životního prostředí ČR (MZP0002071101).

**Mgr. Libuše Opatřilová, RNDr. Jiří Kokeš, Ing. Hana Zezulová,
Mgr. Pavla Řezníčková, Ph.D., RNDr. Denisa Němejcová,
Mgr. Hana Janovská, RNDr. Lenka Tajmrová
VÚV T.G.M., v.v.i., pobočka Brno
tel.: 541 126 349, libuse_opatrilova@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.**

DALŠÍ VÝZNAMNÉ PROJEKTY ŘEŠENÉ V RÁMCI POBOČKY BRNO

Identifikace antropogenních tlaků na kvalitativní stav vod a vodních ekosystémů v oblastech povodí Moravy a Dyje

Základním cílem projektu je identifikace antropogenních vlivů na stav púd, kvalitu vodních zdrojů a na změnu habitatu vodních ekosystémů s možností predikce či průkazu konkrétních dopadů na biologické složky dotčeného vodního ekosystému. Projekt je zaměřen na stanovení efektivity a účelnosti protipovodňových přírodních blízkých opatření, analýzu podílu plošných a difuzních zdrojů na celkovém znečištění vod včetně účinnosti vybraných opatření, sledování a hodnocení vlivu intenzifikace chovu ryb (rybářské hospodaření) z pohledu jakosti vod v součinnosti s protipovodňovými opatřeními, působení závadných látek vnesených do povrchových vod, zjištění parametrů ovlivňujících profily vod ke koupání z hlediska životního prostředí, definování antropogenních tlaků v oblastech povodí Dyje a Moravy a přípravu podkladů pro práci v Mezinárodní komisi na ochranu Dunaje.

Radioaktivní znečištění vodních ekosystémů

K aktivitám dlouhodobého charakteru, které jsou zajišťovány brněnským pracovištěm, patří sledování radioaktivního znečištění vodních ekosystémů. Projekt je zaměřen na dvě oblasti. Jednak jde o sledování vlivu Jaderné elektrárny Dukovany na jakost vody v nádržích Dalešice a Mohelno a v řece Jihlavě se zaměřením zejména na zatížení recipientů tritím a minerálními látkami, jednak o sledování zatížení vodních ekosystémů radionuklidy v oblasti bývalé i pokračující těžby uranu ve střední části povodí Svatky, které je cenným materiálem pro dlouhodobé hodnocení stavu životního prostředí v souvislosti s uranovým průmyslem.

Mapy rizik vyplývajících z povodňového nebezpečí v České republice

Projekt je zaměřen na podporu implementace směrnice o stanovení a zvládnutí povodňových rizik (2007/60/ES) v podmínkách České republiky. Řešení je založeno na zpracování řady dílčích problematik, o které by měly být doplněny dosud užívané nebo navržené postupy rizikové analýzy záplavových území. Součástí je vypracování map povodňového ohrožení, rizika a stanovení potenciálních povodňových škod ve třech vybraných pilotních oblastech. Projekt směřuje jak ke splnění požadavků směrnice 2007/60/ES, tak i požadavků vyplývajících z Plánu hlavních povodí České republiky.

Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary

Podstatou projektu je měření kvalitativních a kvantitativních parametrů srážkové vody odtékající z dálničního systému a hledání možností efektivních způsobů dočišťování odváděných vod. Ze získaných výsledků vyplývá, že vliv dálničních splachů na recipienty a vodní útvary se projevuje také zvýšením obsahu znečišťujících látek (PAU, kovy), které Evropská unie řadí do kategorie prioritně nebezpečných. Samostatným problémem zůstávají vysoké koncentrace chloridů ze zimní údržby, které přispívají k toxicitě vodního prostředí prokazaného testováním na řasách. I při nízkých hodnotách odtokových koeficientů dálničního území dochází v období intenzivních srážek k rozvodnění malých toků, naředění a odnosu znečištění navázaného na sedimenty dále do povodí.

A comparison of effectivity of sampling equipments for a study of benthic fauna in nonwadable rivers (Opatřilová, L., Kokeš, J., Zezulová, H., Řezníčková, P., Němejcová, D., Janovská, H., Tajmrová, L.)

Key words

nonwadable river, benthic macroinvertebrates, methods, air-lift sampler, grab

A comparison of sampling effectivity of three benthic fauna sampling equipments – handnet, van Veen grab, and air-lift sampler – was performed. The highest number of macroinvertebrate taxa was caught by the handnet, the highest number of individuals was caught by the air-lift sampler. The sampling equipments had different successfulness at taxa finding; sampling selectivity was described according to the life form of individuals.

Odborná podpora účasti České republiky v Mezinárodní komisi pro ochranu Dunaje (MKOD)

Cílem je zajištění širokého spektra aktivit vyplývajících z účasti České republiky v expertních skupinách uvedené mezinárodní komise, včetně přípravy harmonizace modelu plošného znečištění na národní úrovni s modelem povodí Dunaje. Aktivity se soustřeďují na zpracování národních podkladů pro dokumenty připravované v rámci jednotlivých expertních skupin. Významnou aktuální součástí prací je vedle přípravy podkladů pro zpracování Plánu povodí Dunaje účast na Společném průzkumu Dunaje podrobně vyhodnocujícím současný stav Dunaje i jeho významných přítoků.

Spolupráce na hraničních vodách s Rakouskem a Slovenskem

V rámci činností pobočky jsou zajišťovány též úkoly vyplývající z požadavků Česko-rakouské a Česko-slovenské komise pro hraniční vody. Aktivity těchto komisí jsou zaměřeny především na sledování a hodnocení jakosti vod hraničních toků, na řešení problémů souvisejících s přinášením znečištění hraničními toky do sousedních států, na plnění mezinárodních požadavků vyplývajících z Rámcové směrnice EU a na společná šetření jakosti hraničních vod. Významným bodem spolupráce na úseku Česko-rakouské komise je řešení dlouhodobé problematiky silného znečišťování Dyje rakouskou Pulkaovou. Spolupráce se slovenskou stranou je zaměřena na hodnocení kvality podzemních vod ve společném vodním útvaru této oblasti povodí.

Vodohospodářská bilance množství povrchových vod v oblastech povodí Dyje a povodí Moravy

V rámci pobočky jsou podle potřeby zpracovávány bilance současného a výhledového stavu, které definuje prováděcí vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci, a následný metodický pokyn MZe č.j. 25248/2002-6000 pro sestavení vodohospodářské bilance oblasti povodí. Cílem vodohospodářské bilance je porovnání požadavků na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu. V rámci řešení jednotlivých úloh bilance jsou prováděna hodnocení buď skutečně realizovaných, nebo výhledových požadavků na vodu a skutečného, nebo plánovaného stavu vodních zdrojů v příslušném období. Výsledky bilance jsou podkladem zejména pro souhrnné hodnocení hospodaření s vodou a pro návrh opatření optimálního využívání vodních zdrojů, včetně návrhu zajištění nových kapacit. Jsou využívány především na úseku veřejné správy, na úseku hospodářských činností, při plánování ve vodním hospodářství a při kontrole operativního řízení vodních zdrojů.

Posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v povodí Moravy

Práce jsou zaměřeny na zpracování podkladů pro návrh plánů oblastí povodí ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, a v souladu s vyhláškou č. 142/2005 Sb., o plánování v oblasti vod. Účelem je posouzení dopadů klimatické změny na vodohospodářskou soustavu v povodí Moravy, která zahrnuje oblast povodí Moravy a oblast povodí Dyje, a to na základě určeného scénáře klimatické změny zpracovaného v mezinárodním projektu PRUDENCE. Výsledkem bude poskytnutí přehledu o rozsahu nepříznivého ovlivnění současných vodních zdrojů v povodí Moravy a návrh možných kompenzačních opatření, která by mohla dopady negativního vlivu klimatické změny na stávající vodní zdroje zmírnit, zejména určení lokalit vhodných k výhledové akumulaci povrchových vod a jejich ochrany pro tento účel.

Výzkum a ochrana hydrosféry

Nejvýznamnějším projektem, na jehož řešení se pobočka podílí, je výzkumný záměr zaměřený na výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů. Člení se do řady výzkumných úloh:

Výzkum účinnějších postupů ovlivňování extrémních hydrologických situací

Výzkumná úloha sleduje možnosti zlepšení identifikace systému vodohospodářské soustavy (VS) propojením současných nástrojů (model BW) s technologií GIS pro potřeby zpřesnění řídicího algoritmu, který využívá postupy umělé inteligence. Řešení, při kterém jde o objektivizaci postupu specializovaného ladění řídicího algoritmu složité vodohospodářské soustavy a jednotlivých kroků procesu ladění regulátorů na základě vstupně/výstupní matice získané optimalizací cílového chování této soustavy, probíhá v podmínkách vodohospodářské infrastruktury povodí Dyje.

Struktura společenstev makrozoobentosu a fytoobentosu ve vztahu k hydromorfologii toku a antropogennímu ovlivnění

Úkol se zabývá studiem reprezentativnosti vzorku, vztahu společenstev makrozoobentosu a habitatů, jejich důležitosti a preferencí jednotlivých taxonů na lokalitách různých typů a různé antropogenní zátěže. Tyto poznatky jsou důležité k pochopení toho, jak působí úpravy toků na společenstvo makrozoobentosu, jaké úpravy jsou ještě akceptovatelné z hlediska udržení dobrého ekologického stavu a zda má reprezentativnost vzorku vliv na interpretaci výsledků. Pozornost je také zaměřena na otěstování různých odběrových zařízení makrozoobentosu. Výzkum fytoobentosu na profílech v typologicky odlišných podmínkách povrchových tekoucích vod je zaměřen na vývoj a testování vhodných biotických indexů vztahujících se k indikaci míry eutrofizace a dalších antropogenních vlivů.

Využití semipermeabilních membrán pro vzorkování vodního prostředí

V rámci brněnského pracoviště byly pro účely pasivního vzorkování organických mikropolutantů vyvinuty vlastní semipermeabilní membrá-

ny, které jsou využívány především v rámci subprojektů výzkumného záměru zaměřených na sledování vlivu zemědělsky obhospodařovaných povodí na kvalitu odtékající vody, hodnocení a sledování vodních ekosystémů a vývoj a aplikace vhodných technických nástrojů nutných pro zhodnocení vlivu emisí na chemický stav povrchových vod. Jejich výhodou je zejména vysoká citlivost a možnost analýzy širokého spektra mikropolutantů.

Výzkum v oblasti mikrobiálního znečištění povrchových a odpadních vod

Výzkum je zaměřen na využití mikroorganismů k charakterizaci míry znečištění vod, určení zdrojů znečištění, studium transformačních procesů apod. Kromě standardních mikrobiologických kultivačních metod jsou vyvíjeny a zaváděny také nové metody na bázi molekulární biologie (např. polymerázová řetězová reakce, FISH – fluorescenční *in situ* hybridizace).

Výzkum vlivu lesního hospodářství na kvalitu vody

Cílem výzkumu je na základě abiotických a biotických parametrů životního prostředí zmapovat stav ve vybraných profílech drobných horských toků s různou mírou využití jejich povodí lesním hospodářstvím. Porovnání údajů získaných z povodí se silnou hospodářskou činností s daty z lokalit s dlouhodobě minimálními zásahy člověka umožní stanovit významnost ovlivnění vodního prostředí hospodařením na lesních pozemcích i míru jejich škodlivosti pro životní prostředí. Výsledky jsou podkladem pro návrh opatření vedoucích ke zmírnění negativních dopadů lidské činnosti na tomto úseku.

Možnosti využití extenzivních způsobů zlepšování kvality vod ke snížení znečištění v povodí

Výzkum je zaměřen na extenzivní způsoby čištění odpadních vod z malých zdrojů a znečištěných vod. Pozornost je věnována technologiím, kde hlavní stupeň čištění tvoří vegetační kořenové čistírny, zemní filtry nebo stabilizační (biologické) nádrže. Cílem práce je stanovit nebo ověřit návrhové parametry, podmínky racionálního využití zmíněných technologií, popis procesů čištění ve vodním a mokřadním filtračním prostředí a stanovit zásady využití vyčištěných vod.

POZNATKY Z POVODNÍ NA HORNÍ BLANICI

Václav Matoušek

Klíčová slova

regionální dešť, srážkoodtokový proces, povodeň, součinitel přímého odtoku, retenční vodní kapacita půdy, tlumení povodně rozlivem

Souhrn

Příspěvek navazuje na článek uveřejněný ve VTEI 1/2009 pod názvem „Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici“ a doplňuje jej o další faktografická data a rozbor získaných poznatků. Dokumentuje vývoj součinitele přímého odtoku v průběhu regionální deště a vysvětluje příčiny, které způsobují změnu jeho hodnot. Součinitel přímého odtoku se vypočítává ze změřené srážky a průtoku. Jeho hodnoty velmi výstižně hodnotí srážkoodtokový proces v konkrétních půdních a morfologických podmínkách povodí a odhalují případné nesrovnalosti nebo nedostatky v procesu odtoku. Vypovídací schopnost součinitele přímého odtoku o procesu odtoku v povodí je dokumentována na konkrétních povodňových událostech v povodí horní Blanice.

Úvod

Na Blanici se v posledních letech vyskytly tři povodně. Dvě mimořádně velké v srpnu 2002 a menší v září 2007. V horním povodí Blanice jsou dvě srážkoměrné stanice a limnigrafická stanice, a to dovoluje provést podrobné hydrologické vyhodnocení povodní. Vyhodnocování je založeno na určování součinitele přímého odtoku ze změřené srážky a velikosti průtoku stanovené pomocí vztahu

$$Q_t = F_t k_o H_t \frac{10^3}{60t} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-1)$$

kde F_t – plocha odtoku odpovídající době dotoku t v km^2 ,
 k_o – součinitel přímého odtoku,
 H_t – úhrn srážky za dobu dotoku t v mm,
 t – doba dotoku, doba od začátku deště, který způsobil odtok, po zvolený čas v min.

Součinitel přímého odtoku udává, jak velká část srážky přímo odtéká do toku z plochy povodí zasažené deštěm. Jeho hodnota velmi výstižně klasifikuje srážkoodtokový proces v konkrétních půdních a morfologických

podmínkách povodí a odhaluje případné nesrovnalosti nebo nedostatky v procesu odtoku.

Metodu hydrologického hodnocení povodní popisuje článek „Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici“ [1], který přináší několik poznatků, jež si zaslouží detailnější rozbor a vysvětlení. A o to se pokouší tento příspěvek.

Vývoj součinitele přímého odtoku v průběhu deště

V srpnu 2002 se v jižních Čechách vyskytly v krátkém časovém odstupu dvě velké povodně vyvolané regionálními dešti. První nastala 7. srpna a druhá 12. srpna. Ač se v obou případech srážky velikostí příliš nelišily, byly hydrogramy povodňových vln zcela odlišné.

Hydrologické hodnocení povodní zjistilo hodnoty součinitele přímého odtoku a jejich závislost na srážkovém úhrnu. Výsledek ukazuje obr. 1. V případě první povodně nebylo povodí nasyceno předchozí srážkou a součinitel přímého odtoku zpočátku povolna narůstal se zvětšujícím se úhrnem srážky. Když srážkový úhrn dosáhl 60 mm, nastal zásadní obrat v odtoku. Součinitel přímého odtoku se rychle zvětšoval a odtok prudce narůstal. Při srážkovém úhrnu 80 mm dosáhl součinitel přímého odtoku maxima, tj. k_o asi 0,98, a celá srážka se přeměňovala na odtok.

U druhé povodně narůstal součinitel přímého odtoku a vlastní odtok podstatně rychleji. K úplnému nasycení povodí srážkou došlo již při úhrnu kolem 32 mm. Povodňové průtoky měly zcela mimořádné hodnoty. Podle hydrologického hodnocení dosáhl kulminační průtok, který měl trvání více než 3 h, $156 \text{ m}^3/\text{s}$. Plocha povodí k profilu limnigrafické stanice Blanický Mlýn činí $85,51 \text{ km}^2$.

Při hydrologickém hodnocení povodně se také zjišťuje doba koncentrace odtoku, tj. doba, za kterou dešťová voda doteče z celého povodí do měrného profilu. Její velikost závisí na rychlosti vody v toku a rychlosti vody stékající po terénu. Při větších průtocích a intenzivnějších deštích je doba koncentrace kratší. Při první povodni činila doba koncentrace pro profil Blanický Mlýn 23 h a při druhé jen 14 h. Doba koncentrace ovlivňuje velikost průtoku, který se stanovuje ze vztahu (1-1). Při kratší době koncentrace se v průtocích výrazně projevuje časové kolísání srážky. Srážka nemá konstantní intenzitu a vyskytují se časové úseky v délce několika hodin, ve kterých je dešť výrazně intenzivnější. Při době koncentrace 14 h se intenzivní srážka v trvání několika hodin projev ve výrazném zvýšení čtrnáctihodinového úhrnu. Při době koncentrace 23 h se několikahodinová intenzivní srážka rozmělní či ztlumí ve dvacetitřihodinovém srážkovém úhrnu.

Úplně nasycený povodí srážkou o úhrnu 80 mm nebo dokonce jen úhrnem kolem 32 mm souvisí s retenční vodní kapacitou půdy. Výzkum-

ný ústav meliorací a ochrany půdy vydal mapu „Retenční vodní kapacita půd ČR“ [2], ze které je možno zjistit, kde se vyskytují půdy s retenční kapacitou 35, 60, 80, 90, 130, 150, 210, 220 a 320 mm. V povodí horní Blanice podle této mapy převažují půdy s retenční vodní kapacitou 35 a 80 mm.

Jak se projevují retenční vlastnosti půdy v hodnotách součinitele přímého odtoku, ukazují obr. 1 na příkladu horního povodí Křemžského potoka a horní Blanice. Povodí Křemžského potoka sousedí s povodím Blanice a povodně se v něm vyskytly ve stejnou dobu jako na Blanici. Srážkoměrná stanice Tisovka je na hranici obou povodí a její data se využila při vyhodnocení povodní na Blanici i na Křemžském potoce. V profilu limnigrafické stanice Brloh má Křemžský potok plochu povodí 40,9 km². Povodí je sevřené, ze 70 % zalesněné údolí, které nemá větší inundační území. Hodnoty součinitele přímého odtoku nejsou ovlivněny rozlivem.

Za povodně 7. srpna 2002 dosáhl součinitel přímého odtoku v horním povodí Křemžského potoka maximální možné hodnoty až při srážkovém úhrnu 127 mm a za povodně 12. srpna při srážkovém úhrnu 70 mm. Podle mapy [2] jsou v povodí potoka plochy, které mají retenční kapacitu 35, 140, 150 a 210 mm. Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu v horním povodí Křemžského potoka dokumentuje obr. 1. Nárůst hodnot součinitele přímého odtoku je při větších srážkových úhrnech mnohem pozvolnější než v případě horní Blanice.

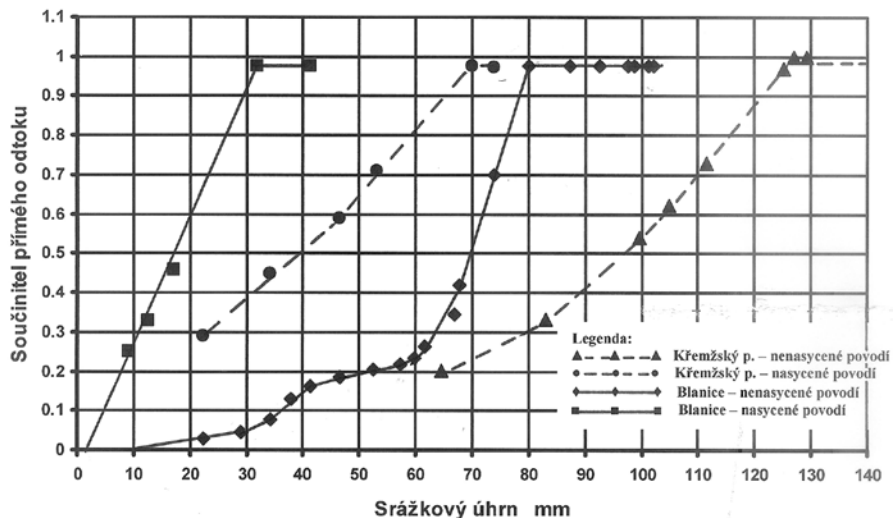
Vývoj odtoku v povodí horní Blanice za regionální deště

Hodnocení povodní na horní Blanici zahrnuje i povodeň ze 6.–7. září 2007. Srážka a povodeň měly obdobný charakter jako povodeň 7.–8. srpna 2002. Jen srážka a kulminací průtok měly kratší trvání. Hodnoty součinitele přímého odtoku zobrazuje obr. 2. Vypočtené hodnoty z průtoku a srážky pomocí vztahu (1-1) jsou označeny kosočtvercovými značkami. Když srážkový úhrn překročil 70 mm, byl v toku průtok, který překročil kapacitu koryta, a voda se rozlévala do inundačního území. Zadržování vody v inundaci způsobuje snižování průtoku i snižování vypočtených hodnot součinitele přímého odtoku. Součinitel přímého odtoku svažitých ploch povodí ale dále narůstá, až dosáhne maximální možné hodnoty. Zajímá nás, při jakém srážkovém úhrnu dosáhne povodí úplné nasycenosti. K tomu jsme využili vzestup hodnoty k_0 z úhrnu 63,45 mm na 69,11 mm a uvedený vzestup extrapolovali pro vyšší hodnoty srážkového úhrnu. K uvedenému postupu opravňuje zjištěný vzestup hodnot k_0 na Křemžském potoce (obr. 1). Hodnoty odvozené z trendu růstu jsou označeny kruhovými značkami. Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu je velmi podobná té ze 7. srpna 2002 na obr. 1.

Na obr. 2 je zřejmá změna trendu vývoje součinitele přímého odtoku při srážkovém úhrnu od 37 do 53 mm. Součinitel při těchto hodnotách srážkového úhrnu je konstantní, nebo nepatrně klesá. To je v rozporu s předchozím i následným trendem. Hodnoty součinitele vyjadřují změnu v procesu odtoku. Publikace [3] předpokládá, že nejdříve začal odtok ze zatravněných ploch a později se přidal odtok z lesa. Mapa retenční vodní kapacity půdy prozrazuje, že les může mít velmi nízkou retenční vodní kapacitu stejně jako pastvina nebo pole. Les nezadržuje srážku do 50 mm. Údaje o výrazném zadržování srážky lesem v experimentálních povodích se vztahují ke konkrétním půdám a nelze je zobecňovat.

Vyhodnocení povodně z 13. srpna 2002 na tocích Jizerských hor [4] ukázalo, že uváděná retenční vodní kapacita půdy se shoduje se srážkovým úhrnem, při kterém dosahuje součinitel přímého odtoku maximální možné hodnoty. Podle mapy retenční vodní kapacity půd jsou téměř v celých Jizerských horách půdy s retenční vodní kapacitou 35 mm. Jen v povodí Jizerky se vyskytují půdy s retenční vodní kapacitou 130 mm. Experimentální povodí Kamenického potoka je zalesněné sevřené údolí s plochou 6,62 km². V celém povodí je půda s retenční vodní kapacitou 35 mm. Součinitel přímého odtoku k_0 dosáhl maximální možné hodnoty při srážkovém úhrnu 35–40 mm.

V povodí horní Blanice jsou půdy s různou



Obr. 1. Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu a nasycenosti povodí předchozí srážkou v povodích s odlišnou retenční vodní kapacitou půdy – data z povodní 7. a 12. srpna 2002 na Blanici a Křemžském potoce

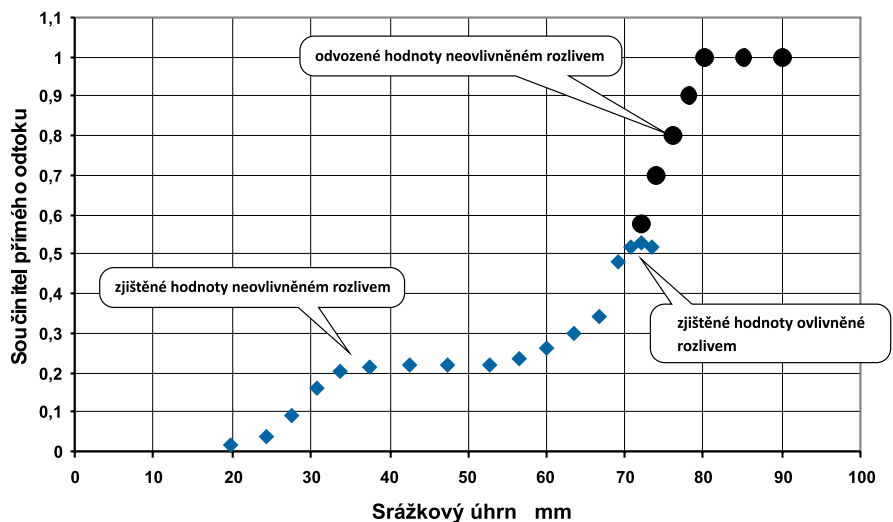
retenční vodní kapacitou. Povodí má plochu 85,5 km² a z toho 53 km² zaujímá půda s retenční vodní kapacitou 35 mm, 28 km² půda s retenční vodní kapacitou 80 mm, 2 km² půda s retenční vodní kapacitou 140 mm, 1 km² půda s retenční vodní kapacitou 150 mm a 1,5 km² půda s retenční vodní kapacitou 220 mm. Retenční vlastnosti půdy zásadním způsobem ovlivňují odtok za regionálních dešťů. Půda s retenční vodní kapacitou 35 mm, která pokrývá horní část povodí, má vysokou infiltrační schopnost, a to vyšší než 2,5 mm/min. Půda s retenční kapacitou 80 mm má v povodí horní Blanice infiltrační schopnost 0,83–2,5 mm/min. Maximální intenzita deště 6. 9. 2007 činila 5,33 mm/h, tj. 0,089 mm/min. Intenzita deště byla velmi malá a celá srážka se do doby nasycení půdy vodou zcela vsakovala v celé ploše povodí. Nenastal povrchový odtok, ale podpovrchový (hypodermický) odtok. Na začátku povodně byl odtok jen z půdy s retenční vodní kapacitou 35 mm.

Vyhodnocení odtoku z povodí, ve kterém byla jen půda s retenční vodní kapacitou 80 mm, nám ukázalo, že do srážkového úhrnu 40 mm je součinitel přímého odtoku k_0 téměř 0. Při srážkovém úhrnu 50 mm je $k_0 = 0,11$. Uvedené zjištění dovoluje konstatovat, že půda s retenční vodní kapacitou 80 mm se do odtoku zapojila až v době, kdy srážkový úhrn překročil hodnotu 40 mm. Po této době její podíl na odtoku rychle narůstal.

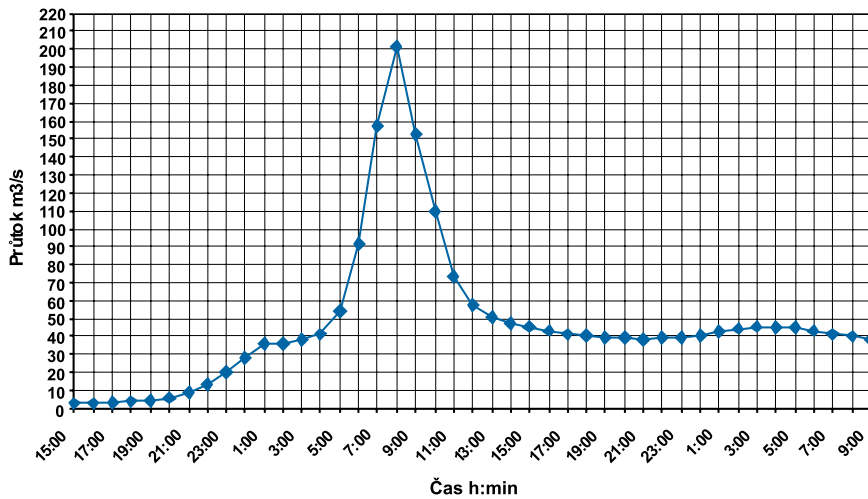
Povrchový odtok nastal jen v horní části povodí, kde je půda s retenční vodní kapacitou 35 mm. V další části povodí by nastal, až by úhrn srážky překročil 80 mm. Za povodně 6. 9. 2007 srážka takového úhrnu nedosáhla.

Tlumení povodní rozlivem

Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici na jedné straně ukazuje malé zadržování srážky půdou – úplného nasycení povodí srážkou je dosaženo při srážkovém úhrnu 80 mm, a na druhé straně výrazné



Obr. 2. Závislost výsledného (souhrnného) součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu v povodí Blanice nad stanicí Blanický Mlýn – data z povodně 6. září 2007



Obr. 3. Hydrogram povodňové vlny z 12. srpna 2002 ve stanici Blanický Mlýn

tlumení povodní rozlivem do inundačního území. Za stavu, kdy je půda zcela nasycena srážkou, udává míru tlumení povodně součinitelem přímého odtoku vypočtený ze srážkového úhrnu a změřeného průtoku pomocí vztahu (1-1). V limnigrafické stanici měříme průtok Q_z a ze vztahu (1-1) můžeme vypočítat skutečný průtok Q_s . Pro jejich poměr platí

$$Q_z = \frac{F_t \times H_t \times k_{or} \times 10^3}{3600t} = \frac{k_{or}}{0,975} \times \frac{10^3}{3600t} \quad (1-2)$$

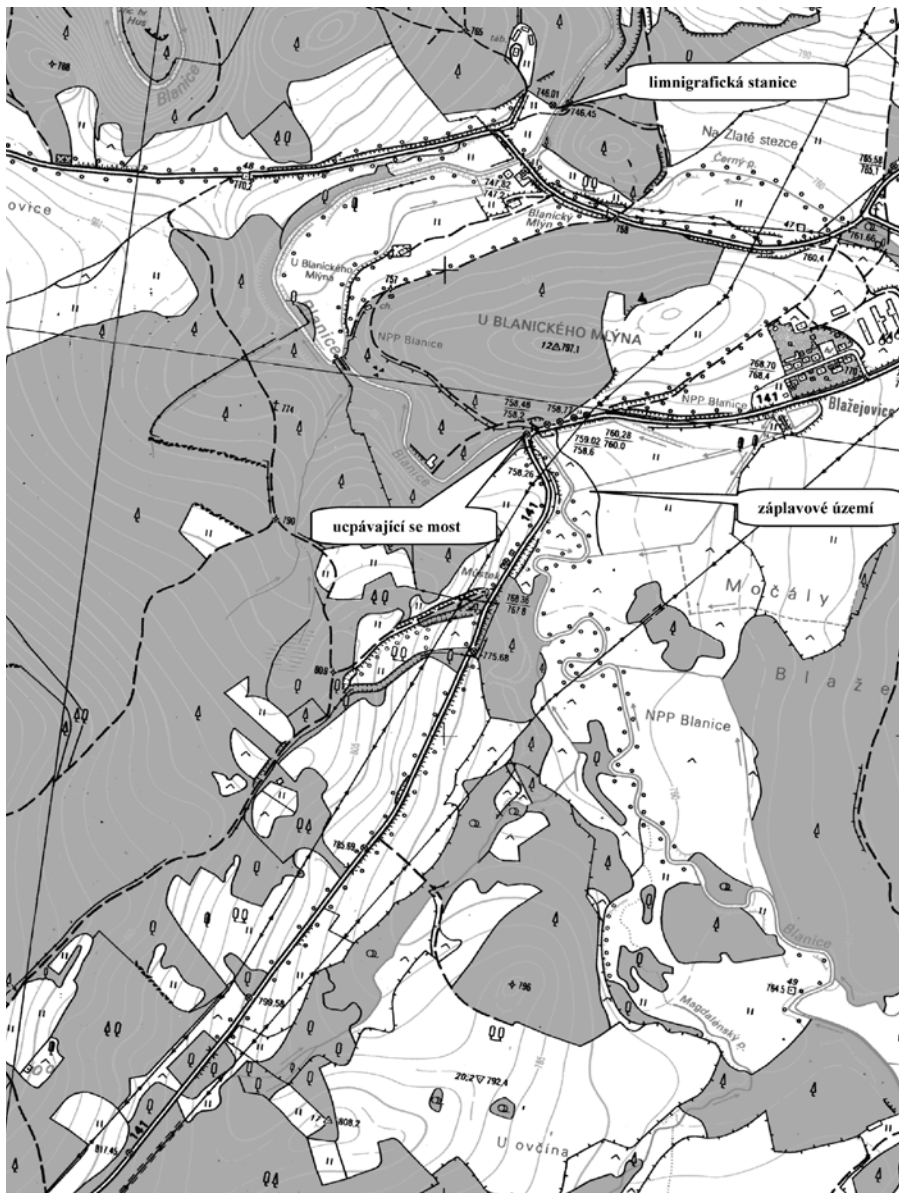
a

$$k_{or} = \frac{0,975 Q_z}{Q_s} \quad (1-3)$$

Vypočtený součinitel k_{or} vyjadřuje podíl mezi změřeným průtokem a skutečným průtokem přítékajícím do toku, vynásobený konstantou 0,975 (skutečným součinitelem přímého odtoku za stavu úplné nasycenosti půdy srážkou). Jeho hodnota udává snížení průtoku rozlivem.

Při povodni 7. srpna 2002 dosahoval součinitel přímého odtoku při kulminačním a jemu blízkých průtocích hodnot od 0,36 do 0,48. Změřený průtok dosahoval jen 36,9 až 49,2 % hodnoty skutečného přítoku vody z povodí. Kulminační průtok nebyl 105 m³/s, ale jen 47,5 m³/s.

Hlavním inundačním územím horní Blanice je dno údolí Blanice od Blaževovic po Arnoštov, které má délku 9 km. Podrobný rozbor ukázal, že rozlivy začaly v době, kdy průtok v limnigrafické stanici Blanický Mlýn překročil 15,6 m³/s. O velký rozliv se stal most na silnici Blaževovice-Volar, před kterým bylo velmi široké údolí (obr. 4). Most měl malou kapacitu a navíc se jeho tři klenutá pole ucpávala stromy a větvemi, které unášel povodňový průtok.



Obr. 4. Mapa hlavního záplavového území na Blanici nad limnigrafickou stanicí Blanický Mlýn

Co způsobilo extrémní průtok při povodni 12. srpna 2002?

Hydrogram povodňové vlny z 12. srpna 2002 ve stanici Blanický Mlýn zachycuje obr. 3. Vlna má ostrou a vysokou kulminaci a její tvar neodpovídá povodním z dlouhotrvajících regionálních dešťů. Povodňové vlny z regionálních dešťů jsou protáhlé a mají i několik kulminačních vrcholů. Tvar povodňové vlny na obr. 3 odpovídá vlně utvořené prolomením překážky, která zadržovala velké množství vody.

Silnice z Blaževovic do Volar na obr. 4 má v místě křížení s Blanicí v současnosti již jinou trasu a nový most. Pracovníci Správy a údržby silnic Jihočeského kraje a Povodí Vltavy popsali přelití silnice vodou za povodně 12. srpna a zřícení mostu. Při postupném prothrávání mostu došlo k prázdnění inundačního území před mostem. Vytvořila se velká průtoková vlna, kterou zaznamenala limnigrafická stanice v Blanickém Mlýně.

Kdyby nedošlo ke zřícení mostu, byl by kulminační průtok mnohem menší. Velikost průtoku či přítoku z povodí ze srážky lze vypočítat ze vztahu (1-1). Součinitel přímého odtoku dosáhl maximální hodnoty 0,975 již kolem druhé hodiny 12. 8. 2002, kdy byl úhrn srážky asi 35 mm [1]. Úhrn srážky narůstal a narůstal i průtok. Součinitel přímého odtoku zůstal logicky na maximální hodnotě. Přítok vody ze srážky vypočtený ze vztahu (1-1) dosáhl mezi 4:00 h a 5:00 h 12. srpna úrovně kulminačního přítoku za povodně 7. srpna a postupně se zvyšoval až na kulminační hodnotu 156 m³/s dosaženou v 9:00 h. Přítok v rozmezí 148 až 156 m³/s trval od 7:00 h do 12:00 h. Projev průlomové vlny začal v 6:00 h a skončil v 11:00 h.

Zajímavé je, že se obnovil výrazný tlumící účinek rozlivu do inundačního území i po rozrušení mostu. Hodnoty součinitele přímého odtoku po 11:00 h byly velmi nízké [1]. V 16:00 h dosáhl hodnoty 0,28, kdy přítok z povodí vypočtený ze vztahu (1-1) činil 143,4 m³/s a změřený průtok ve stanici 43,3 m³/s.

Vliv nového silničního mostu na velikost a průběh povodní

Nový silniční most je deskový o jednom poli. Je vysoký a má velkou průtočnou kapacitu. Za

povodně nezpůsobuje větší vzdutí vody. V porovnání s předchozím stavem se poměry v inundačním území před mostem podstatně změnily. V inundačním území se zadržuje méně vody a průtoky jsou za povodně větší.

Názorně to dokládá porovnání povodňové situace 7. srpna 2002 se situací 6. září 2007, kdy vznikly povodně z velmi podobné srážkové situace. Za povodně 7. srpna 2002 dosáhl průtok vody ve stanici Blanický Mlýn při úhrnu srážky 73,9 mm 28 m³/s [1] a za povodně 6. září 2007 při úhrnu jen 72,2 mm 38 m³/s. V prvním případě byl součinitel přímého odtoku 0,43 a ve druhém 0,53. Hodnoty součinitele přímého odtoku ovlivňuje míra zadržování vody v inundačním území. Jeho nízká hodnota prozrazuje větší zadržování vody a větší tlumení povodně. Za vyšších srážkových úhrnů bude rozdíl v průtocích i součinitelích přímého odtoku větší.

Je nesporné, že vlivem nového mostu je objem zadržené vody v inundačním území menší než býval. Inundační území se nedostatečně využívá pro tlumení povodně a povodně jsou větší. Účelem mostů není vzdouvat vodu a tlumit povodně. Most má být dostatečně velký, aby povodeň nevyřadila komunikaci z provozu. Případ názorně ukazuje, jak dosud zcela podceňujeme význam rozlivu při formování povodně. Povodňová ochrana by se měla zaměřit především na co nejefektivnější využívání inundačního území a podstatně omezit dnešní přístup založený na zkapacitňování koryt a na zmenšování inundačního území hrazením.

Závěr

Meteorologická a hydrologická služba spolu s podniky Povodí poskytují v současnosti velké množství dat o srážkách a průtocích. Zpracování a využití těchto dat může přinést řadu nových poznatků o srážkoodtokovém procesu, potřebných pro prognózování povodní a ochranu před povodněmi. Výsledky hodnocení povodní na horní Blanici to potvrzují.

Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici pomocí součinitele přímého odtoku prohlubuje poznání srážkoodtokového procesu v povodí. Součinitel přímého odtoku vypovídá o vlivu retenční vodní kapacity půd v povodí na odtok, tlumení povodně rozlivem, působení nasycenosti povodí předchozí srážkou a dalších jevů na velikost a průběh odtoku. Vliv retenční vodní kapacity půdy a nasycenosti povodí předchozí srážkou na odtok přibližuje obr. 1. Oba vlivy jsou významné. Jejich působení je závislé na půdních poměrech v povodí.

Rozliv vody do inundačního území zásadním způsobem tlumí povodně. Za stavu, kdy je povodí zcela nasyceno srážkou, vyjadřuje součinitel přímého odtoku, vypočtený ze změřeného průtoku a změně srážky pomocí vztahu (1-1), míru tlumení povodňových průtoků. Součinitel přímého odtoku dovoluje také hodnotit vliv změny v kapacitě toku na velikost povodně. Porovnání jeho hodnot z povodní v srpnu 2002 a září 2007 odhalilo vliv nového mostu na velikost povodně.

Hodnocení povodně pomocí součinitele přímého odtoku umožňuje odhalovat nesrovnalosti nebo nedostatky v procesu povrchového odtoku.

Publikace vydávané VÚV T.G.M.

Velmi brzy po založení Státního ústavu hydrologického koncem roku 1919 a zvládnutí organizačních záležitostí spojených se vznikem takové instituce začala být věnována pozornost publikování výsledků výzkumu a seznámení veřejnosti s důležitými poznatky, v první fázi především z oblasti hydrologie. Byla založena řada Práce a studie, kde jsou publikovány obsáhlejší materiály s poznatky spíše z teoreticky zaměřeného výzkumu a dosud v ní vyšlo 200 publikací. První ústavem vydanou publikací byla kniha Otokij, P.: Režim podzemních vod a jeho závislost od vzdušných činitelů (1926). Od 30. let se v publikační činnosti ústavu začíná výrazně projevovat také hydrotehnika a hydraulika. Zajímavou publikací vyvolanou nepříznivou politickou situací těsně před 2. světovou válkou byla kniha Dr. Ing. J. Smetany: Úkoly vodního hospodářství a jejich řešení v nových hranicích Československa (1939).

Hydrotehnickou problematikou se publikace vydané ústavem v plné míře začaly zabývat především po 2. světové válce. V tomto období zač-

Na horní Blanici hodnocení odhalilo, proč má hydrogram povodňové vlny neobvyklý tvar a stanovilo skutečnou hodnotu kulminačního průtoku.

Literatura

- [1] Matoušek, V. Hydrologické hodnocení povodní na horní Blanici. VTEI, 2009, roč. 51, č. 1, s. 12–16, příloha Vodního hospodářství, č. 2/2009.
- [2] www.vumopbrno.cz/stazeni/SOWAC_GIS.pdf.
- [3] Matoušek, V. Hydrologické hodnocení povodní z regionálních dešťů na malých povodích. In Broža, V. a Fošumpaur, P. Workshop Adolfa Patery 2008 – Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha, 4. 11. 2008. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební a ČVTVHS, 2008, s. 49–58. ISBN 978-80-02-02113-1.
- [4] Matoušek, V. Porovnání odtoku na tocích Jizerských hor za povodně 13. 8. 2002 – vliv lesa, rozlivu a retenční vodní kapacity půdy na odtok. In Sborník konference Krajinné inženýrství 2009, Praha, 24.–25. 9. 2009. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební, Česká společnost krajinných inženýrů, 2009.

Výzkum se provádí v rámci výzkumného záměru MZPO002071101 – Výzkum a ochrana hydrosféry.

Ing. Václav Matoušek, DrSc.
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i.
vaclav_matousek@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Key words

regional rainfall, rainfall-runoff process, flood, coefficient of direct runoff, water retention of soil, flood damping

Findings based on evaluation of floods on the upper Blanice River (Matoušek, V.)

This contribution works out further the material published under the title „Hydrological Evaluation of Floods on the upper Blanice River“ in the journal VTEI, No. 1, in 2009. The development in a value of the coefficient of direct runoff during regional rainfalls is described and causes of the value variation are explained. The values of the coefficient are calculated from the measured rainfall and discharge. A value of the coefficient is a suitable evaluation factor for a rainfall-runoff process under specific soil- and morphological conditions. In the paper, this ability of the coefficient is demonstrated on the particular cases of the flood events at the upper Blanice River.

nají vycházejí i publikace s problematikou jakosti vod. Hned v roce 1947 byla např. vydána Mapa čistoty toků v povodí Labe, Dunaje a Odry a brzy následovalo i zdravotně-technické posuzování jakosti vody.

V průběhu 60. a 70. let se publikační aktivity rozšířily o problematiku vodárenskou a čistírenskou a objevují se i otázky vodohospodářských soustav a plánování.

V roce 1976 vznikla další řada Výzkum pro praxi, kde jsou publikovány spíše stručnější materiály s přímými přínosy pro vodohospodářskou praxi. V této řadě bylo vydáno 56 monografií. V posledním období vznikla ještě ediční řada Sborník prací VÚV T.G.M., ve které dosud vyšly čtyři publikace.

Stále více publikací vychází také mimo ediční řady – jde především o zveřejnění informací o výsledcích významných projektů, jako např. projekty Labe, Morava, Odry. Celkem vydal Výzkumný ústav vodohospodářský za dobu své existence 294 odborných publikací ze všech oblastí své působnosti (seznam lze najít na www.vuv.cz) a v této činnosti hodlá v zájmu vodohospodářské odborné veřejnosti pokračovat nadále.

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Redakční rada: RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Šárka Blažková, DrSc., Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., prof. Ing. Pavel Pitter, DrSc., prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc., prof. Ing. Jiří Zezulák, DrSc.

Redakční rada časopisu VTEI spolupracuje s Redakční radou Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., která řídí ediční politiku ústavu.

Ročník 51

ISSN 0322 - 8916

Kontakt: Mgr. Sylva Garciová
Tel.: 220 197 282, fax: 233 333 804
e-mail: garciova@vuv.cz



**Výzkumný ústav
vodohospodářský
T. G. Masaryka,
v. v. i.
Podbabská 30
160 00 Praha 6**