VTEI

1/2007 Ročník 49

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ V ROCE 2006

V roce 2006 rozšířily kolekci prací institucionálního i projektového výzkumu VÚV T.G.M. v oblasti voda a odpady dva úkoly: vládní úkol k vyhodnocení jarní povodně 2006 a příprava situačního monitoringu podle Rámcové směrnice o vodní politice.

Pro postavení ústavu v segmentu výzkumu a odborné podpory oblasti má zásadní význam jeho převod na veřejnou výzkumnou instituci (v. v. i.) podle zákona č. 341/2005 Sb. od 1. 1. 2007. Uplynulé období se proto neslo v duchu finišujících příprav na přeměnu ústavu. Toto má VÚV T.G.M. společné s dalšími českými institucemi zabývajícími se výzkumem v oblasti vody, odpadů a životního prostředí, nejen z resortu MŽP, ale i jiných – např. Akademie věd.

Již nejbližší období tyto změny prověří v praxi. Nové instituce na výzkumné scéně budou ovšem respektovat řadu dosavadních pravidel a rovněž jejich specializace bude velmi podobná dosavadní.

Nové uspořádání se má projevit ve snazším vstupu do kooperačních vztahů jak v oblasti výzkumu, tak komerčních aplikací doma i v zahraničí. Bude ovšem také záviset na ochotě institucí univerzitního, akademického a obecně veřejnoprávního výzkumu na straně jedné a výzkumných a aplikačních firem komerční povahy na straně druhé takové kooperace vytvářet. V tomto smyslu se transformace ústavů na v. v. i. může dotknout prakticky celého systému oborového výzkumu. Zároveň úspěšnost těchto spojení do jisté míry limituje úroveň českého a v rámci lisabonských principů i evropského výzkumu a v neposlední řadě efektivnost užití vymezených veřejných prostředků, ze kterých je podporován. To platí i pro VÚV T.G.M., v. v. i.

VÚV T.G.M. patří do skupiny institucí, které ve vysoké míře zajišťují, že se získávané poznatky mohou aplikovat ve státní a veřejné správě, využívat k plnění specifických závazků a požadavků českého členství v EU nebo realizaci datových a metodických potřeb. Vzhledem k veřejnému charakteru vody i životního prostředí to není nic tak překvapivého. Prostředky věnované na využití poznatků se mohou ve značné míře odrazit v kvalitě a váze argumentů a nástrojů i jejich respektování na všech úrovních, kde jsou administrativou životního prostředí používány.

I ve vodním hospodářství od devadesátých let 20. století vznikaly neveřejné a komerční výzkumné kapacity a dynamické privátní podniky. VÚV T.G.M., v. v. i., i nadále zůstane významným producentem „základních" veřejných poznatků, bez kterých by fungování těchto subjektů i oboru vodního hospodářství ztratilo svou vysokou úroveň. Zde se zúročí jak veřejné finance na výzkum a podporu dalších činností, tak schopnost oslovit nestátní organizace, privátní firmy, úřady i domácnosti s nabídkou řešení jejich osobitých problémů.

Transformace může mít dopad na výkon ústavu v uvedených i dalších oblastech. Je proto namístě stručné porovnání jejího dosavadního průběhu a očekávání partnerů VÚV T.G.M.

Názory na to, jak by měla tato změna proběhnout a co přinese, se liší.

Klíčový je náhled zřizovatele – Ministerstva životního prostředí. Původním záměrem byla přeměna všech výzkumně-odborných ústavů resortu. Kromě VÚV T.G.M. tedy také ČHMÚ, a dále VÚKOZ a ČGS. Nakonec bylo legislativně ustanoveno, že ČHMÚ a ČGS i po 1. lednu 2007 zůstávají příspěvkovými organizacemi. Nesplnily se ani naděje vkládané do externí poradenské kapacity. Její kvapná a formální analýza vedla k málo použitelným námětům. Způsob diskuse těchto spíše teoretických námětů se poměrně negativně podepsal na postavení ústavu. Na zpochybňování jeho odborné úrovně, výsledků, tradičního postavení i samotné existence reagovali pracovníci ústavu i odborná veřejnost oprávněnou nedůvěrou.

Naopak praktická linie přípravy umožnila modernizaci zřizovací listiny ústavu, která nyní nejen reflektuje jeho dosavadní potenciál, ale doplňuje a akcentuje též oblasti s rostoucím významem pro resort i veřejnou správu v oblasti voda. Potvrdila výzkumný a odborný profil ústavu, a tím i využití technického, ale především personálního vybavení.

Řešení našla i další závažná otázka: Jak bude zajištěna veřejná podpora zřizovatele a dalších složek státu? Zřizovatel bude od ústavu i nadále očekávat vysokou úroveň výzkumu a odborného servisu. Tuto schopnost i kvalitu služby může obohatit očekávané postupné širší zapojení ústavu do projektů „mimo" resort, včetně zahraničních.

Proces transformace ústavu stojí nicméně poněkud stranou pozornosti některých složek vodohospodářského oboru. Tradiční účast ústavu v úkolech na poli vodního plánovaní a informační servis nicméně zůstávají zachovány.

Přesto lze konstatovat, že diskuse, ovlivněná prakticky všemi uvedenými názorovými směry, v ústavu proběhla. Její otevřenost a zapojení většiny pracovníků ukázaly, že k řešení problémů následujícího procesu – ustavení samosprávných orgánů ústavu a nastavení základních vstupních parametrů pro další období – lze přistoupit velmi rychle, na základě této diskuse a s velkou pravděpodobností dobrého praktického řešení. I přes toto optimistické očekávání nelze určité těžkosti v prvním roce fungování v. v. i. zcela vyloučit.

Jak se to může projevit ve fungování ústavu a jeho chování vůči partnerům?

V oblasti výzkumu: zákon č. 341/2005 Sb. rozděluje činnost ústavu na hlavní – výzkumnou a další – zejména odborné služby pro zřizovatele a další složky veřejné sféry. Doplňkově lze kapacity využít i pro činnost komerční, jejíž výnosy a zisk se vracejí k podpoře základních činností. Financování výzkumné činnosti z veřejných zdrojů pokračuje. Vzhledem k očekávané aplikaci výsledků pro účely ministerstva a tvorbu rovných podmínek všem, kdo užívají vodu nebo nakládají s odpady, půjde o veřejné granty a výzkumné záměry zadávané státem, tedy především Ministerstvem životního prostředí i dalšími resorty. Potvrzuje se, že role tohoto ministerstva jako zřizovatele není náhodná.

Určité otázky se objevily ohledně dalších služeb pro stát. Na jedné straně jde často o prakticky stálé samostatné činnosti, zčásti na základě pověření, na druhé straně činnosti vycházející z výzkumu. Úkoly pro MŽP, ochranu vod a odpady mají vesměs charakter aplikací výsledků výzkumu nebo na něj navazují. Lze je proto i nadále provozovat, i když se forma příspěvku na tyto činnosti změní na jejich smluvní financování. Platí striktně zásada, že tato činnost nesmí být ztrátová. To však v situaci, kdy je přečerpání rozpočtu na úkol státní zakázky vyloučené, nepřipadá v úvahu.

Konečně je zde kategorie „jiné" činnosti: za účelem zisku. Ta nesmí být na úkor činnosti hlavní a z hlediska povinností vůči zřizovateli ani další činnosti. Pro nejbližší budoucnost se omezí spíše na doplňkové práce k hlavní činnosti, i když i ty mohou mít výzkumný charakter. Jsou možností, nikoli povinností. V tomto smyslu ale otevírá úvahy o účasti ústavu v projektech se zajímavým obsahem, financováním i realizací výsledků. Může jít o další prohloubení spolupráce s organizacemi MŽP a jiných resortů, podniky Povodí, partnerskými ústavy v zahraničí atp.

Co lze očekávat v roce 2007?

Přestože veřejná výzkumná instituce reprezentuje zcela novou formu v českém právním řádu i v české výzkumné praxi, nese tvorba zákona „o v. v. i." nesporné stopy zkušeností ústavů AV ČR i inspirace fungováním vysokých škol, neziskových organizací a výzkumných společností, včetně komerčních, doma i ve světě. Organizace, financování a řízení hlavních činností ve výzkumu však vycházejí z již platných pravidel (zejména zákona č. 130/2002 Sb.), a proto budou v základních rysech shodné s dosavadní praxí, jejíž korektnost je potvrzena řadou nezávislých kontrol.

Dále půjde především o běžné problémy nové organizace. K těm patří na jedné straně vytvoření podmínek podle zákona, tj. zejména volba rady instituce a proces ustanovení ředitele, a také pečlivé a důsledné splnění nových podmínek v organizaci a řízení. A to vše bez přerušení plnění výzkumných i odborných úkolů, které jsou pro tento rok již prakticky dané. Jakékoli další experimentování s teoretickými náměty by způsobilo vážné potíže jak uvnitř, tak i navenek.

Základem činností zůstává zacílení výzkumu k potřebám ministerstva souběžně se zajišťováním odborných činností v oblasti ochrany vod a odpadů i podporou pro další složky resortu. Akcent na samostatnou strategii a přizpůsobení nástrojů vedení a řízení vyplývá do budoucna z dosud neúplných výsledků rozboru procesů a činností v ústavu,

budoucí koncepce resortu a v neposlední řadě ze zkušeností jeho působení v nových podmínkách. Nové rysy, které se v roce 2007 začnou projevovat, lze očekávat také v tradiční vazbě ústavu na ostatní resorty, partnerské instituce a podniky i vodohospodářskou veřejnost. Ta bude možná více než doposud určována, kromě oboustranně výhodných kooperací, poptávkou a praktickými aplikacemi výsledků ústavu. Ve vnitřní struktuře ústavu to znamená dbát o zachování celistvosti pohledu na pokrývanou oblast, posílení resortem očekávaného holistického environmentálního přístupu, prohloubení kombinace praktikovaných disciplin v ústavu a nikoli okrajově také vyšší zapojování do širších národních i mezinárodních projektů.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, zůstává stabilní součástí výzkumného a odborného zázemí životního prostředí, vodního hospodářství i tradiční informační základnou. Přestože úkoly a kroky nezbytné k dokončení převodu ústavu a stabilizaci jeho funkcí v nové formě jednotlivě nevypadají jako principiální a složité, ve svém souhrnu mohou mít důsledky „malé (administrativní) povodně". Navíc přistupují nové úkoly, zejména „vyladění" provozu nové budovy pobočky v Brně, koordinace a zapojení laboratorních kapacit do zahájeného programu situačního monitoringu, příprava nabídek pro další etapy výzkumu klíčových povodí (Labe, Morava, Odra) atp. V roce 2007 se tedy rozhodně nebudeme nudit.

Poněkud turbulentní postup přípravy a zčásti i provedení převodu VÚV T.G.M. na veřejnou výzkumnou instituci, provázené střídáním názorů, nedovolil průběžně připravovat partnery i odbornou veřejnosti na tuto změnu. Nebo jistě ne v takové míře, jak by bylo třeba. Reakce ostatních složek výzkumu v oblasti vody, životního prostředí, organizací a podniků na tuto změnu může přinést drobná překvapení. Doufejme, že pro partnery i ústav příjemná.

Ing. Lubomír Petružela, CSc.
pověřen výkonem působnosti ředitele

OCHRANA MOSTNÍCH OBJEKTŮ PROTI JEJICH DESTRUKCI VLIVEM POVODŇOVÝCH UDÁLOSTÍ – PŘÍPRAVA FYZIKÁLNÍHO VÝZKUMU

Petr Bouška, Pavel Gabriel

Klíčová slova
most, pilíř, destrukce, výmol, povodeň, hydraulika, aerodynamika, fyzikální modelování

Souhrn

V roce 2006 byla uzavřena smlouva mezi Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka a Státním fondem dopravní infrastruktury na zpracování projektu „Ochrana mostních objektů proti jejich destrukci vlivem povodňových událostí". Projekt má charakter aplikovaného experimentálního výzkumu. K dosažení korektních výsledků je nutné využít metod fyzikálního modelování na hydraulických a aerodynamických modelech. V případě potřeby bude fyzikální modelování doplněno 1D a 2D matematickými metodami. Pro účely tohoto výzkumu byl v roce 2006 vybudován hydraulický model vodního toku se třemi typy mostních konstrukcí (obloukový betonový most, železobetonový trámový most a příhradový železniční most) v měřítku 1 : 35. Výstavba tohoto modelu si klade za cíl objasnění příčin destrukce mostů a následný návrh takových opatření, aby se tato situace v budoucnu neopakovala. Souběžně byl vybudován i aerodynamický model přímé říční trati, do které byl situován obloukový most o jednom poli. Aerodynamický model bude sloužit k podrobnému proměření rychlostních a tlakových polí ve zvolených profilech. S těmito naměřenými hodnotami lze dále pracovat (např. počítat vymílací rychlost apod.) a případně je použít jako vstupní hodnoty při návrhu úprav modelu hydraulického. Tímto přístupem je zajištěna podrobná analýza dvou nejzávažnějších příčin destrukce mostů vlivem povodňových událostí, a to ucpáním mostního profilu a podemletím mostních pilířů. Cílem celého projektu je vypracovat metodiku navrhování účinných opatření proti destrukci mostních konstrukcí při výskytu extrémních povodňových situací.

◆

Motivace výzkumu

Povodně na území České republiky v červenci 1997 a v srpnu 2002 způsobily značné škody na mostních objektech. Tyto škody byly způsobeny nejen destrukcí mnoha mostních objektů, ale vznikly také na objektech v intravilánech obcí jako důsledek nevhodně navržených mostů uvnitř samotných obcí. Příčin destrukce mostů za povodní je několik, ale za základní lze považovat tři:

- nedostatečná průtočnost vody mostním profilem, tj. nedostatečná plocha mostních otvorů, často provázená přehrazením původně průtočného inundačního území přilehlého ke korytu toku zemními násypy železničních nebo silničních komunikací navazujících na mostní objekty;
- nerespektování základních hydraulických zákonů a podceňování dynamických účinků proudící vody za povodně nejen na vlastní konstrukci mostu a jeho základy, ale zejména na dno toku v okolí mostních pilířů; důsledkem je podemletí mostních pilířů a destrukce mostní konstrukce (*obr. 1*);
- nedostatečná údržba záplavového území v úsecích nad mosty – neodstraňování polovyvrácených stromů, skládek dřeva a jiného plovoucího materiálu, nezajištěné dřevěné objekty atd., které jsou při povodni odnášeny a způsobují ucpání mostních otvorů, vzdutí hladiny nad nimi a poškození, resp. až zřícení mostních konstrukcí.

Důsledky jsou často katastrofální v podobě přímých i nepřímých škod. Přímé škody jsou způsobeny účinkem povodně na vlastní mostní konstrukci a převáděnou komunikaci. Při katastrofální povodni v roce 2002 došlo na území České republiky k destrukci nebo poškození více než 800 mostů, přičemž škody převýšily hodnotu osm miliard Kč. Při povodni v roce 1997 nebyly škody o mnoho menší, k dalším škodám pak došlo při lokálních povodních. K tomu přistupují škody nepřímé, způsobené v dlouhodobém měřítku ekonomice postižené oblasti v důsledku omezení dopravní infrastruktury.

Zkušenosti ukazují, že v řadě případů dochází při rekonstrukci zničených mostů k pouhé obnově původního stavu bez dalších potřebných opatření, takže v případě výskytu další povodně hrozí jejich opětovné zřícení. Stejnému nebezpečí je vystaven velký počet stávajících nedostatečně zabezpečených mostů na tocích, kde se zatím velké povodně nevyskytly. Kromě toho nebývá často při navrhování nových mostů s nízkou niveletou nad křižovaným tokem věnována patřičná pozornost otázce jejich zabezpečení proti účinkům povodní.

V přírodních podmínkách České republiky je třeba reálně počítat s neočekávaným výskytem lokálních i rozsáhlých povodní na všech tocích. Vyřešení problému ochrany stávajících i nově navrhovaných mostů křižujících vodní toky proti ničivým účinkům povodní je tedy vysoce aktuální.

Uvedené skutečnosti byly podnětem k řešení této problematiky systematickým výzkumem. V souladu se zákonem č. 104/2000 Sb. a na základě dohody mezi smluvními stranami byla uzavřena smlouva č. 300/2006 o poskytnutí finančních prostředků z rozpočtu Státního fondu dopravní infrastruktury na rok 2006 mezi Státním fondem dopravní infrastruktury a Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka. Předmětem této smlouvy je zpracování projektu „Ochrana mostních objektů proti jejich destrukci vlivem povodňových událostí", kterému bylo přiděleno číslo ISPROFONDU 5006210043.

Charakteristika a cíle výzkumu

V časovém rozpětí let 2006 až 2008 budou v projektu analyzovány příčiny destrukcí nebo vážného poškození stovek silničních a železničních mostů. Výzkum se bude zabývat řešením ochrany mostních konstrukcí proti povodňovým průtokům jednak z hlediska účinků zrychleného proudění pod mostem, které může vést ke vzniku výmolů, jednak z hlediska nebezpečí ucpání mostních polí splávím. Obě příčiny mohou vést k následné destrukci mostu. Stěžejním prostředkem k řešení tohoto projektu bude výzkum na fyzikálních modelech (hydraulických a aerodynamických),

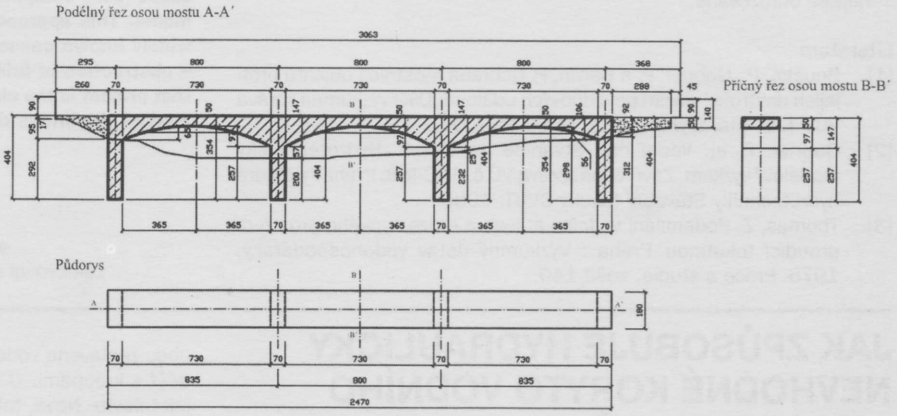
Obr. 1. Zničený most v Moravičanech – stav po povodni 1997

Obr. 2. Hydraulický model

Obr. 3. Aerodynamický model

na kterých budou simulovány typické případy povodňových událostí.

Konečným cílem výzkumného projektu je vypracování metodiky navrhování účinných opatření, která zamezí destrukci mostních konstrukcí i při výskytu extrémních povodní. Metodika se bude opírat o současně platné normové předpisy a bude sloužit jako podklad při navrhování nových mostních konstrukcí, jakož i při úpravách stávajícího stavu ochrany některých mostů ohrožených budoucími povodněmi. Metodika bude zahrnovat zohlednění místních podmínek (charakter proudění, zrnitost materiálů tvořících dno toku atd.), které mohou působit zvýšení ničivého účinku povodně na danou konstrukci. Výsledným efektem využití této metodiky bude bezpečnější řešení mostů minimalizující ničivé účinky povodní na přijatelnou úroveň.



Obr. 4. Železobetonový klenbový most – výkres modelu

Tímto přístupem bude možno za přijatelných investičních nákladů eliminovat značné výdaje na opravu, resp. novou výstavbu zničených mostů, a náročné a zdlouhavé opětovné zprovoznění dopravní sítě v postižené oblasti. Přitom odhad nákladů na navrhovaný výzkum představuje cca 1 % škod, které lze v budoucnu za současného stavu mostů a za současné praxe jejich navrhování reálně předpokládat.

Rámcová metodika výzkumu

Projekt má charakter aplikovaného experimentálního výzkumu. K dosažení korektních výsledků bude využíváno metod fyzikálního modelování na hydraulických a aerodynamických modelech. V případě potřeby bude fyzikální modelování doplněno výzkumem na matematických modelech 1D a 2D.

V roce 2006 byla realizována výstavba hydraulického modelu říční tratě se třemi typy mostů v měřítku 1 : 35 (*obr. 2*). Výstavba tohoto modelu si klade za cíl objasnění příčin destrukce mostů a následný návrh takových opatření, aby se tato situace v budoucnu neopakovala. Na aerodynamickém modelu byl instalován říční úsek s charakteristickým typem obloukového mostu (*obr. 3*). Most byl vybrán na základě terénního průzkumu a analýzy poničených mostů během povodní v roce 1997 a 2002 – jeho stabilita a bezpečnost jsou ohroženy ucpáváním mostního profilu během povodňových průtoků. Rozmístění pilířů v řečišti, které je důležité z hlediska tvorby výmolů či ucpání průtokového profilu, je patrné z *obrázků 2* a *4*. Toto rozmístění lze v budoucnu modifikovat podle výsledků výzkumu či požadavků investora. Aerodynamický model bude sloužit k podrobnému proměření rychlostních a tlakových polí ve zvolených profilech. S těmito naměřenými hodnotami lze dále pracovat (např. počítat vymílací rychlost apod.) a popř. je použít jako vstupní hodnoty při výzkumu na modelu hydraulickém. Analýza výsledků výzkumu z roku 2006, jejich detailnější rozpracování, rozsáhlé fyzikální modelování a návrh příslušných opatření na základě jeho výsledků bude předmětem výzkumu v následujících letech, tj. v roce 2007 a 2008.

Na základě rozboru problematiky a s přihlédnutím k časovým a finančním limitům byl v roce 2006 zvolen tento **postup výzkumných prací:**

- První etapu výzkumu bylo rozhodnuto realizovat jednak na hydraulickém modelu umístěném ve velké laboratorní hale ústavu, jednak na stabilním aerodynamickém stendu laboratoře aerodynamických modelů.
- Vzhledem k počtu mostů zřícených a poškozených při povodních bylo uskutečnění modelového výzkumu jednotlivých lokalit z časového a finančního hlediska zcela nereálné. Od výzkumu vybraného počtu konkrétních lokalit bylo v první etapě rovněž upuštěno, protože jeho výsledky by neumožňovaly dostatečné zobecnění výsledků. Pro modelový výzkum byl zvolen úsek říčního toku s geometrickými a hydrologickými parametry, představující určité charakteristické „zprůměrované" přírodní podmínky.
- Pro výzkum na hydraulickém modelu bylo využito jako základ experimentální zařízení s existujícím hydraulickým okruhem a vymodelovaným úsekem říčního toku. Po volbě vhodného měřítka zmenšení byl celý úsek říčního toku patřičně upraven a ve třech zvolených lokalitách na něm byly instalovány tři modely základních charakteristických typů mostních objektů – most s obloukovými mostními poli (*obr. 4*), betonový most bez náběhů s pilíři a ocelový příhradový most podpíraný rovněž pilíři v korytě toku. V dostatečně dlouhých úsecích nad a pod každým mostem bylo koryto toku modelováno pomocí pohyblivého materiálu vhodného granulometrického složení.
- Takto upravený model umožní simulaci povodní, zkoumání jejich obou hlavních negativních účinků (ucpání mostních polí plovoucími předměty se všemi negativními dopady a podemílání základů mostních pilířů) a opatření, kterými lze tyto negativní účinky eliminovat.
- Ve stabilním aerodynamickém stendu byl znázorněn charakteristický úsek říčního koryta s vestavěným klasickým obloukovým mostem, na němž budou zkoumány proudové poměry při postupném snižování průtočnosti mostního otvoru ucpáváním plovoucími předměty.

Dílčí výsledky výzkumu

Z dosud provedeného výzkumu ochrany mostních objektů proti destrukcím způsobeným povodněmi vyplynuly tyto nejdůležitější závěry:

- Při projektování nových, resp. rekonstrukci stávajících mostních objektů překlenujících vodní tok a přilehlé inundační území musí tvořit nedílnou součást návrhu hydrotechnická část. Tato část musí zahrnovat posouzení proudových poměrů, rychlostí proudění a erozních účinků v dané lokalitě a z nich vyplývající návrh komplexu opatření na zajištění ochrany mostního objektu proti poškození nebo destrukci způsobené povodní.

- U povodněmi ohrožených mostních objektů a propustků převádějících přes vodní tok a přilehlé inundační území železniční tratě, dálnice a významné silniční komunikace, jakož i mostních objektů a propustků v intravilánech měst se doporučuje podložit hydrotechnické řešení příslušným výzkumem s využitím 2D matematických, resp. 3D hydraulických modelů.
- Nezbytnou součástí opatření na ochranu mostních objektů proti poškození nebo destrukci způsobené velkými povodněmi je trvalá údržba celého výše ležícího záplavového území – odstraňování vyvrácených a polovyvrácených stromů a keřů, skládek dřeva a jiných lehkých materiálů, zajištění dřevěných staveb, přístavních můstků a lodí proti odplavení atd., tj. v podstatě preventivní zabránění možnosti vzniku zátarasu z plovoucích předmětů.

Pro další výzkum byla zformulována tato doporučení:

- Na hydraulickém a aerodynamickém modelu zkoumat a na základě získaných výsledků navrhnout obecné, všeobecně použitelné principy ochrany mostních objektů proti poškození a destrukcím způsobeným povodněmi – preventivní i operativní. Při výzkumu využívat, bude-li to účelné, i metod matematického modelování.
- Po provedení klasifikace mostních objektů z hlediska jejich dopravní významnosti a z hlediska míry jejich ohrožení při povodních provést postupně výzkum vybraných konkrétních lokalit, které budou v dohodě se zadavatelem úkolu označeny jako zvláště významné a potenciálně nejvíce ohrožované.

Literatura

[1] Bouška, P., Gabriel, P. a Balvín, P. Ochrana mostních objektů proti jejich destrukci vlivem povodňových událostí. Dílčí výzkumná zpráva VÚV T. G. Masaryka. Praha, prosinec 2006.

[2] Gabriel, P. aj. Vodní dílo Štvanice na Vltavě. Hydrotechnický modelový výzkum. Závěrečná zpráva VÚ č. 100488. Praha : Katedra hydrotechniky Stavební fakulty ČVUT, 1990.

[3] Thomas, Z. Podemílání vodních staveb a eroze sypkého prostředí proudící tekutinou. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský, 1975. Práce a studie, sešit 140.

Key words

bridge, pier, scour, flood, hydraulics, aerodynamics, physical modelling

The protection of bridge objects against its destruction effected by flood events – the preparation of physical modelling (Bouška, P., Gabriel, P.)

In July 2006 T. G. Masaryk Water Research Institute with State Fund of Transport Infrastructure concluded the contract of project elaboration named „The Protection of Bridge Objects Against Its Destruction Effected by Flood Events". This contract has an applied experimental character. It is necessary to use physical modelling on hydraulic and aerodynamic models to achieve the correct results. In case of need physical modelling will be appended by 1D and 2D mathematical methods. For the purpose of that research a hydraulic model of water-course with three types of bridge constructions (arched bridge, girder bridge and lattice bridge) was built up true to scale 1:35. The building of that model has the aim in clarifying the causes of bridge destruction and subsequent proposal of such actions, which prevent from that situation. Simultaneously, an aerodynamic model of straight river way was built as well. The arched bridge was situated there. The aerodynamic model will be in service of measuring velocity and preassure fields in specific profiles. These values can be used in subsequent computation or for proposal of changes of the hydraulic model. This approach provides a detailed analysis of the two most widely known causes of bridge destruction effected by flood events – obstruction of bridge profile and scour of bridge piers. The aim of that project is the elaboration of methodology of effective precautions against the bridge destruction during extreme flood situations.

Ing. Petr Bouška, prof. Ing. Pavel Gabriel, DrSc.
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 392, 220 197 362,
e-mail: petr_bouška@vuv.cz, pavel_gabriel@vuv.cz

Lektoroval doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc., prosinec 2006

JAK ZPŮSOBUJE HYDRAULICKY NEVHODNÉ KORYTO VODNÍHO TOKU POVODEŇ

Václav Matoušek

Klíčová slova

hydraulicky nevhodné koryto vodního toku, srážkoodtokový proces, příčiny srážkoodtokové povodně, vliv koryta vodního toku na průběh a velikost povodně, tlumení povodní rozlivem, revitalizace toku

Souhrn

Článek se zabývá vlivem koryta vodního toku na průběh a velikost povodně a prokazuje, že hydraulicky nevhodné koryto, které má velkou kapacitu a je v něm velká rychlost vody, zvětšuje povodeň a zhoršuje její průběh. Při dokazování se využívá konkrétní povodňové události, při které z lokální přívalové srážky velikosti 20 mm za 30 min vznikla ničivá povodeň. Z plochy 1,12 km^2 byl dosažen kulminační průtok 12 m^3.s^{-1}. Příčinou extrémního průtoku byl kukuřičný lán ve svažitém území s řádky po svahu a především pak hydraulicky nevhodné koryto vodního toku, vzniklé úpravou pro potřeby odvodňování pozemků.

◆

Úvod

Koryto vodního toku že může způsobit povodeň? Takovou otázku si asi položí každý, kdo si přečte nadpis článku. Pro vznik povodně je potřebný především vydatný déšť. Samozřejmě, uvažujeme srážkoodtokovou povodeň a při ní je vydatný déšť nezbytný. Článek chce poukázat na vliv koryta vodního toku při formování povodně. Hydraulické vlastnosti koryta rozhodují o tvaru povodňové vlny a velikosti kulminačního průtoku. Vlivem koryta vznikají ze stejného deště zcela odlišné povodně. Nevhodné koryto způsobuje, že vzestup povodně je velmi rychlý a kulminační průtok je výrazně větší než v případě přirozeného koryta.

Toto tvrzení vysvětlují následující kapitoly. K vysvětlení využívají konkrétní povodňovou událost, a to z 30. května 2005 v obci Rozhovice u Heřmanova Městce.

Povodeň 30. května 2005 v Rozhovicích na Dubance

Obec Rozhovice se nachází 3 km od Heřmanova Městce a 6 km od Chrudimi. Velmi blízkým městem jsou i Pardubice. Vzdušnou čarou jsou od Rozhovic vzdáleny jen 7 km. V pozdní odpoledne 30. května 2005 byla obec zaplavena vodou s bahnem. Bleskovou povodeň vyvolal přívalový déšť s kroupami. O odstraňování následků povodně přinesla reportáž jak televize Nova, tak i ČT 1.

Výsledky místního šetření popisuje protokol sepsaný dne 1. června 2005 starostou obce, vedoucím odboru životního prostředí MěÚ Chrudim a vedoucím oddělení vodního hospodářství MěÚ Chrudim. Protokol popisuje situaci takto:

„Povodňová situace vznikla po prudkém přívalovém dešti (trvajícím cca 10–15 min) velké intenzity doprovázeném krupobitím, silným větrem a bouřkovými jevy, kdy díky konfiguraci terénu a nevhodnému způsobu zemědělského využití pozemků (kukuřičné lány) v povodí vodního toku Dubanky nad obcí Rozhovice došlo k velkému povrchovému odtoku a záplavě obce.

Povrchový odtok způsobil odnesení ornice a organických částic rostlin ze zemědělských pozemků. Těmito splaveninami byly zaneseny komunikace, veřejné i soukromé pozemky (zahrady, zatravněné plochy, zpevněné plochy ...), sklepy, garáže, obytné a neobytné prostory domů, vozidla, kanalizace, příkopy, studny a koryto vodního toku.

Přívalový proud dále s sebou strhával povrch zpevněných živičných komunikací, materiál umístěný na jednotlivých pozemcích a ve stavbách, osobní vozidlo, ploty ... Na několika místech v zahradách byla zjištěna souvislá pokrývka kroupami do výše cca 0,5 m (lokálně až 1 m). Výše vrstvy bahna a nečistot byla přibližně 5 až 20 cm (lokálně i více). Výše povodňové vlny dosahovala v některých místech cca 1 až 1,4 m.

Počet evakuovaných domů: pět rodin bylo nuceno přespat mimo bydliště;

počet zaplavených domů: 28 (dva podnikatelské objekty), z toho 12 domů se zaplavenou obytnou částí.

Povodňový protokol udává za příčinu povodně tři okolnosti:

1. prudký přívalový déšť velké intenzity,
2. konfiguraci terénu, čímž se míní velká sklonitost svahů údolí,
3. nevhodný způsob zemědělského využití pozemků (kukuřičné lány).

Podívejme se na uvedené příčiny vzniku povodně podrobněji a hledejme jejich míru zavinění.

Rozbor uváděných příčin povodně

Údaje o **trvání a velikosti srážky** jsme získali ze snímků meteorologického radaru. Déšť trval 30 min a za tuto dobu naprršelo 20 mm. Podle *tabulky 1* lze uvedené vydatnosti deště přisoudit periodicitu menší než jedenkrát za pět let.

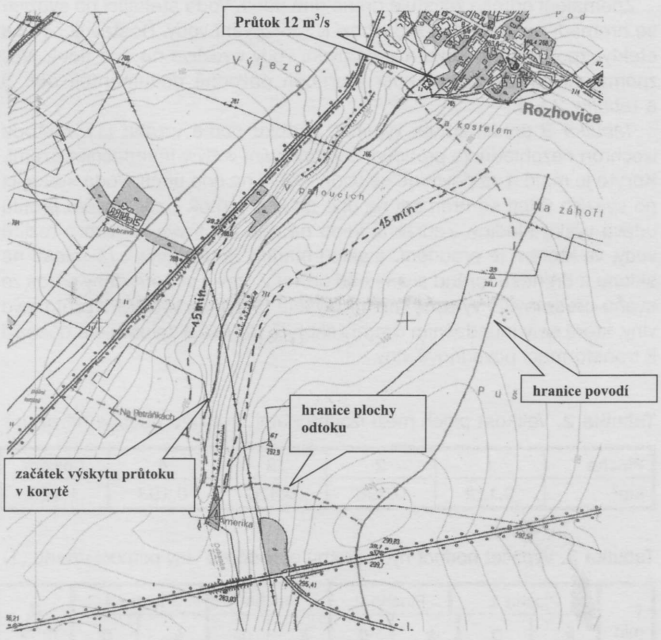
Terénní průzkum ukázal, že srážka byla velmi lokální a zasáhla především svažitou část povodí nad obcí Rozhovice, na které byla do souvislého lánu zaseta kukuřice. Zasažená plocha byla malá, ale odtok byl extrémní.

Tabulka 1. Průměrné vydatnosti náhradního deště v mm v závislosti na jeho době trvání a průměrné době opakování N pro Heřmanův Městec a jeho okolí (*N* = počet let)

Trvání	*N* = 2	*N* = 5	*N* = 10	*N* = 20	*N* = 50	*N* = 100
30 min	16,9	23,5	30,1	36,8	45,3	52,0
40 min	18,5	26,0	33,3	40,7	50,3	58,0
60 min	19,6	28,0	36,0	44,2	55,0	63,0
90 min	21,2	30,0	39,0	47,9	59,6	68,3
120 min	22,5	32,0	41,3	50,7	63,0	72,3

Kulminační průtok byl vypočítán ze změřených parametrů koryta a změřeného průběhu hladiny. Podmínky pro zjištění těchto hodnot poskytlo koryto nad obcí pod propustkem, kde má koryto velkou hloubku a velký sklon. Tyto vlastnosti způsobily, že v jeho místě nebyl rozliv vody a veškerý průtok procházel korytem. Úroveň hladiny v korytě jednoznačně prozrazovala ulehlá tráva a zbytky zachycených plavenin na svazích. Kulminační průtok v tomto místě činil 12 $m^3.s^{-1}$. Pro kontrolu byl kulminační průtok vypočítán i v profilu železničního mostku a propustku pod obcí Rozhovice. Pod obcí činil průtok kolem 17 $m^3.s^{-1}$.

Kulminační průtok 12 $m^3.s^{-1}$ vyprodukoval povrchový odtok z plochy jen 1,12 km^2. Srážkou zasaženou část povodí nad obcí Rozhovice ukazuje mapa na *obr. 1*. Mapa také dokládá svažitost svahů údolí. Levý svah má v průměru sklon kolem 7 % a jeho maximální sklon činí 14,5 %. Pravý svah je o málo mírnější a jeho průměrný sklon je kolem 6 %. Maximální sklon dosahuje hodnoty 10,4 %. V takto svažitém terénu by neměl být lán kukuřice.



Obr. 1. Mapa části povodí Dubanky nad obcí Rozhovice, která byla zasažena vydatnou srážkou, s vykreslenými izochronami

Podle ČSN 75 4500 „Protierozní ochrana zemědělské půdy" lze širokořádkové plodiny, které nedostatečně chrání půdu před erozí, umisťovat na pozemky rovinné nebo mírně svažité do sklonu nejvýše 8 %. Na orné půdě se sklonem 8 až 15 % se má nízký ochranný účinek širokořádkových plodin zvyšovat jejich střídáním s vrstevnicovými pásy obilovin, obilovin s podsevem nebo víceletých pícnin. Nad Rozhovicemi se uvedené opatření neuplatnilo, svažité pozemky byly osety kukuřicí. Dokonce se neuplatnilo ani požadované setí po vrstevnici a kukuřice byla vyseta s řádky po svahu, jak dokládá *obr. 2*.

Pokud jsou řádky po svahu, jsou pro stékající dešťovou vodu sběrným korytem, které neklade odpor, a voda dostává velkou rychlost. Proudící voda eroduje půdu a vytvářejí se rýhy, ve kterých se rychlost vody ještě zvětšuje. Výsledkem je velký odtok vody doprovázený velkým množstvím bahna.

Kukuřičný lán ve svažitém terénu způsobil velký odtok z relativně malé srážky. Je velmi pravděpodobné, že kukuřičný lán zadržel velmi malý díl srážky. Podíl mezi výškou odtoku a srážky udává součinitel přímého odtoku, což je jedna z hlavních veličin srážkoodtokového procesu.

Když se sleduje průběh okamžitého průtočného množství od počátku deště v určitém profilu toku, tak se logicky ukáže, že průtok vzrůstá úměrně se zvětšující se plochou, z níž srážková voda do uvažovaného

Obr. 2. Řádky kukuřice po svahu údolí Dubanky

Obr. 3. Koryto Dubanky ve svažitém údolí

profilu dotéká v jednotlivých časových intervalech. Velikost průtoku ve zvoleném čase se stanovuje ze vztahu

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

kde
F_t – plocha vymezená izochronou zvoleného času v km^2,
k_o – součinitel přímého odtoku s hodnotami od 0 do 1,
H_t – úhrn srážky za dobu t v mm,
t – doba od začátku deště po čas uvažované izochrony v min.

Izochrony jsou čáry spojující místa, ze kterých částečky deště potřebují stejný čas k tomu, aby dotekly do profilu, ve kterém zjišťujeme průtok. Průtok dosáhne maxima v okamžiku, kdy do profilu doteče srážková voda z relativně nejvzdálenějšího místa, čili z celého povodí nad profilem. Doba, za kterou částečka z takového místa doteče, se nazývá **doba koncentrace** a je závislá na rychlosti, jakou voda stéká po terénu i na rychlosti, jakou voda proudí v korytě. **Dobou doběhu** je doba, kterou potřebuje částečka vody spadlá na určitém místě povodí, aby povrchově dotekla do uvažovaného profilu. Doba koncentrace je maximální dobou doběhu.

V našem případě známe velikost průtoku, velikost plochy, ze které voda stékala, a také úhrn srážky a dobu *t*, po kterou pršelo. Proto můžeme ze vztahu (1) stanovit součinitele přímého odtoku k_o a ten činí k_o = 0,96. To je neuvěřitelně extrémní hodnota, která prozrazuje velký vliv sklonu a především pak kukuřičného lánu s řádky po svahu na velikost odtoku.

Hodnota součinitele přímého odtoku jednoznačně potvrzuje vliv velkého sklonu svahů údolí a především kukuřičného lánu na vznik povodně. Velký sklon svahů údolí a řádky kukuřice po svahu způsobily, že se voda na poli nezadržovala a rychle stékala do koryta vodního toku. Výška odtoku je téměř rovná výšce deště. Kukuřičné pole déšť nezadrželo.

Zůstává vysvětlit ještě jednu okolnost. **Proč byl z malé srážky s krátkou dobou trvání, která zasáhla jen malou plochu povodí, tak velký kulminační průtok?** Vysvětlení je jediné. Dešťová voda z plochy zasažené deštěm velmi rychle odtékala. Rychlý odtok dešťové vody ze svahů způsobil sklonitý terén a umístění řádek kukuřice po svahu. Rychlý odtok ze svahů údolí ještě nemusí znamenat rychlý odtok z celé plochy. Na rychlosti odtoku z plochy zasažené deštěm se významně podílí rychlost vody v korytě vodního toku.

Rychlost vody v korytě významně ovlivňuje velikost plochy F_t vymezená izochronou zvoleného času *t*. Jestliže je rychlost vody v toku velká, pak je velká i plocha F_t a průtok v čase *t* je podle vztahu (1) také velký. Tím docházíme k **další příčině povodně**, která se v protokolu o povodni neuvádí, a to k **nevhodnému korytu vodního toku**.

Hlavní příčina povodně – nevhodné koryto

Do profilu, ve kterém zjišťujeme průtok, stéká voda po terénu a pak vodním tokem. V korytě vodního toku je soustředěný průtok a voda v něm má většinou větší rychlost než na svahu terénu. Rychlost vody

v korytě je závislá na sklonu koryta a jeho hydraulické drsnosti. Určuje se z Chézyho rovnice

$$v = C\sqrt{RI} \ (\text{m.s}^{-1}) \qquad (2)$$

kde

C – Chézyho součinitel určený vztahem $C = \frac{R^{0,167}}{n}$
R – hydraulický poloměr,
I – sklon,
n – stupeň drsnosti.

Koryto Dubanky nad obcí Rozhovice je téměř přímé, hladké a především hluboké. Vzniklo v třicátých letech minulého století úpravou pro potřeby odvodnění pozemků. Jeho průměrný sklon činí 0,93 %. Koryto je lichoběžníkové se šířkou dna 0,5 m, sklony svahu 1 : 1 a hloubkou nejméně 1,2 m. V případě plného koryta činí průtočná plocha 2,04 m^2 a R = 0,60 m. Stupeň drsnosti n = 0,030 a C = 30,64. Podle vztahu (2) je rychlost vody v korytě za daných podmínek v = 2,3 m.s^{-1}. Kapacita koryta dosahuje Q = 2,3 x 2,04 = 4,7 m^3.s^{-1}. V místech, kde je koryto hlubší nebo je větší sklon, je jeho kapacita větší.

Má-li se stanovit průběh odtoku z povodí podle vztahu (1), je potřebné do mapy povodí zakreslit izochrony. Pro situaci z 30. 5. 2005 ukazuje izochrony v mapě povodí *obr. 1*. Za 15 min stekla do profilu nad obcí dešťová voda z plochy představované strmou částí povodí. Díky velké rychlosti vody v korytě je tato plocha velká a má rozlohu 0,41 km^2.

Na tuto plochu napršelo za 15 min 10 mm deště a tato voda z 80 % odtekla. Vypočtený součinitel přímého odtoku má hodnotu k_o = 0,96. To je ale hodnota, která se vztahuje ke konci deště (k času 30 min). Součinitel přímého odtoku postupně narůstá. Zpočátku dochází k intercepci, k sycení pórů půdy a k povrchové akumulaci. Podle vztahu (1) činil průtok v čase 15 min od začátku deště

$$Q_{15} = 0,408 \times 10 \times 0,80 \frac{10^3}{60 \times 15} = 3,62 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

Za dalších 15 min, tj. celkem za 30 min, stekla do profilu voda z plochy o velikosti 1,123 km^2 a průtok činil

$$Q_{30} = 1,123 \times 20 \times 0,96 \frac{10^3}{60 \times 30} = 11,98 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

Průtok vody vzrostl na 12 m^3.s^{-1}.

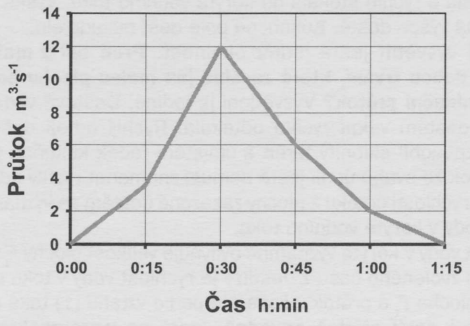
Obrázek 1 názorně prokazuje, že velká rychlost vody v toku způsobila odvedení vody z velkých ploch terénu v krátké době. Průběh průtoku v době povodně dokumentuje graf na *obr. 4*. Průtok narůstal mimořádně rychle. Po třiceti minutách déšť ustal a průtok začal klesat.

Otázkou je, **jak se změní průběh a velikost povodně, když se změní koryto** a rychlost vody se v něm podstatně sníží.

Odtok ze stejné lokální srážky za přirozeného koryta vodního toku

Dnešní koryto Dubanky je upraveno na odvádění drenážní vody, a proto je hluboké. Závady vykazuje i jeho okolí. Nemá kolem sebe potřebný pruh zeleně, který by zachytával splach z okolních polí. Pole se obdělávají až na jeho břehovou hranu. Pro odvádění běžného povrchového odtoku z okolních pozemků postačí velmi malé koryto.

Dno údolí kolem Dubanky je široké asi 30 m a poměrně rovné. Prozrazuje, že v minulosti se v těchto místech klikatil potok. Jeho okolí bylo zatravněno a potok doprovázela řada křovin a stromů. Za povodně se potok rozlil do údolí a rychlost vody byla malá. Lze prokázat, že osázením dna údolí dostatečným množstvím křovin je možné rychlost vody za povodně (za průtoku kolem 5 m^3.s^{-1}) snížit na 0,45 m.s^{-1}.



Obr. 4. Povodňová vlna nad obcí Rozhovice za povodně 30. 5. 2005

Snížení rychlosti vody v toku za povodně má **zásadní vliv na průběh izochron v povodí**. Mapa na *obr. 5* ukazuje průběh izochron pro čas 15, 30 a 45 min. Na pozemcích se uvažuje stejný stav, jaký byl 30. 5. 2005. Čili uvažuje se kukuřičný lán s řádky kukuřice po svahu. Proto je i stejná rychlost stékání vody po svahu.

Obr. 5. Mapa části povodí Dubanky nad obcí Rozhovice s vykreslenými izochronami pro případ přirozeného koryta a zdrsněného dna údolí křovinami

Zpomalení odtoku zajišťuje drsné dno údolí. Voda stékající po svazích se hromadí na dně údolí a dochází k zadržování vody. Dostavují se dva efekty; zpomalení odtoku a zadržování vody v rozlivu na dně údolí. Vliv zpomalení odtoku na velikost a průběh povodně dokumentují *obr. 3* a *tabulky 2* a *3*.

Tabulka 3 dokumentuje výpočet průtoku podle vztahu (1). Metoda izochron nezohledňuje proudění a zadržování vody v inundačním území. Koryto je malé a za povodně se voda vylévá na dno údolí. Voda stékající po svazích údolí se hromadí na dně údolí a průtok v závěrovém profilu udává výška hladiny. Zadržená voda na dně údolí vytváří jezero rozlité vody, ve kterém je proudění, a sklon hladiny se formuje v závislosti na sklonu a drsnosti terénu a velikosti průtoku. Velký soustředěný přítok ze svahů představuje výrazné místní zvýšení hladiny a vytvoření průtokové vlny, která se v inundačním území zákonitě rozlévá a zplošťuje a dochází k transformaci povodňové vlny.

Tabulka 2. Velikost ploch mezi izochronami, kdy dno údolí je přirozené

Plocha	1	2	3	4	Celkem
km^2	0,112	0,398	0,420	0,193	1,123

Tabulka 3. Výpočet hodnot hydrogramu povodňové vlny pomocí vztahu (1)

t	Plocha 1		Plocha 2		Plocha 3		Plocha 4		Q_t
min	k_{o1}	Q_1	k_{o2}	Q_2	k_{o3}	Q_3	k_{o4}	Q_4	m^3.s^{-1}
15	0,80	1,0							1,0
30	0,96	1,19	0,80	3,54					4,73
45			0,96	4,25	0,80	3,73			7,98
60					0,96	4,48	0,80	1,72	6,20
75							0,96	2,14	2,06

Transformované průtoky jsou stanoveny v *tabulce 4*. Řešení je založeno na určování průtoku v závěrovém profilu z čáry objemu zadržené vody a konzumční křivky profilu. Ze známého přítoku a jeho objemu se odečte předpokládaný objem odtoku a získá se objem zadržené vody v časovém kroku. Ten se přičte k objemu zadržené vody R v předchozím kroku a získává se hodnota R na konci časového intervalu. K hodnotě R se vyhledá na čáře objemů inundačního území hloubka h a z konzumční křivky profilu se odečte průtok Q_{ot}. Zvolený odtok musí odpovídat vypočteným odtokům, musí být jejich průměrem. Potřebného výsledku se často dosáhne již při druhé aproximaci.

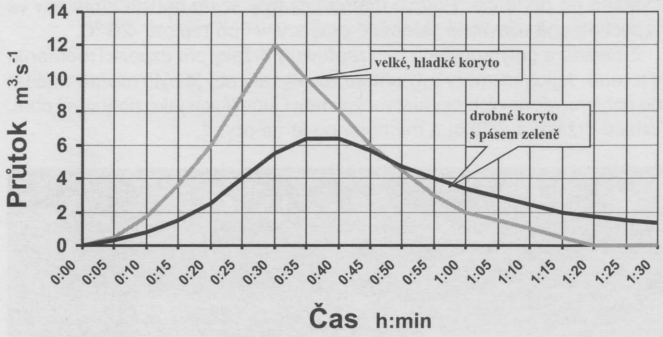
I když je dno údolí úzké (uvažuje se jednotný trojúhelníkový příčný profil se sklonem svahů 1 : 15 a při průtoku 5,2 m^3.s^{-1} je hloubka vody v nejnižším místě příčného profilu 0,8 m a hladina má šířku 24 m), dosahuje se významného ztlumení povodně. Pro řešení transformace povodňové vlny se použilo numericko-grafické metody. Kulminační průtok se snížil na hodnotu 6,4 m^3.s^{-1}. Hydrogram povodňové vlny udává *obr. 6*.

Obr. 6 dokumentuje změnu průběhu povodňových průtoků vlivem změny koryta a jeho okolí. Změny jsou velké a velmi pozitivní. Snížil se výrazně

Tabulka 4. Stanovení odtoku Q_{ot} z inundačního území či průtoku v závěrovém profilu nad obcí Rozhovice

t min	Q_{pp} $m^3.s^{-1}$	V_p m^3	Q_{op} $m^3.s^{-1}$	V_o m^3	R m^3	h cm	Q_{ot} $m^3.s^{-1}$
15	5,735	5 162	0,75	675	4 487	50	**1,5**
30	11,97	10 773	3,5	3 150	12 110	82	**5,5**
35	10,1	3 030	5,95	1 785	13 355	86	**6,4**
40	6,0	1 800	6,4	1 920	13 325	86	**6,4**
45	2,1	630	6,05	1 815	12 140	82,5	**5,7**
50	0	0	5,2	1 560	10 520	77	**4,7**
55	0	0	4,3	1 290	9 230	72	**4,0**
60	0	0	3,7	1 110	8 120	68	**3,4**
75	0	0	2,8	2 520	5 600	56	**2,0**
90	0	0	1,6	1 440	4 160	48	**1,3**
105			1,1	990	3 170	42	**0,9**

Legenda: Q_{pp} – průměrný přítok v časovém intervalu 15 min, V_p – objem přítoku, Q_{op} – průměrný odtok, V_o – objem odtoku, R – objem zadržené vody v inundačním území, h – hloubka vody, Q_{ot} – odtok v čase t



Obr. 6. Porovnání povodňových vln utvořených ze stejné lokální srážky různými koryty vodního toku

kulminační průtok a vzestup povodně se zásadním způsobem zpomalil. Zpomalení nárůstu povodně dovoluje včas odstraňovat případná ucpání koryta a jím vyvolaná vzdutí vody.

Stávající koryto má v obci kapacitu kolem 8 $m^3.s^{-1}$ a pokud by nad obcí bylo malé koryto s okolím, které označujeme jako přirozené, pak by v obci nebyla 30. 5. 2005 povodeň. Potvrzuje se tím konstatování, že nevhodné koryto způsobuje povodně.

Závěr

Analýza povodně a škody v Rozhovicích ukazují, co způsobuje nevhodné osetí svažitých pozemků kukuřicí a jak hydraulicky nevhodné koryto podstatně zvětšuje kulminační odtok. Kukuřičný lán ve svažitém terénu zvýšil součinitel přímého odtoku na maximální možnou hodnotu. Přívalová srážka byla na štěstí relativně malá, nedosáhla ani úrovně pětileté srážky, a přesto byla eroze pozemků mimořádně velká a bahno usazené v Rozhovicích zhoršovalo povodňovou situaci a zvyšovalo škody na majetku a úrodě.

Škody v Rozhovicích názorně dokumentují míru a následky vodní eroze půdy a měly by být varovným poučením pro odborníky i širokou veřejnost. Dodržování protierozních opatření by mělo být samozřejmostí a jejich porušování by se nemělo přehlížet.

Mapy na *obr. 1* a *5* ukazují plochy území, ze kterých déšť steče za 15, 30 a 45 min. Pokud je dešťová voda sváděna velkým korytem, ve kterém je velká rychlost vody (tj. případ na *obr. 1)*, jsou plochy velké, a pak je velký i odtok, jak plyne ze vztahu (1). Když je koryto malé, voda se za povodně z koryta vylije a pomalu teče po dně údolí. Plochy, ze kterých voda odtéká za 15, 30 a 45 min, jsou malé a malý je i odtok. Velikost a průběh odtoku za různého stavu koryta porovnává *obr. 6.*

Obrázek 6 dokumentuje změnu v odtoku způsobenou změnou koryta. Na svazích údolí zůstaly stejné podmínky a součinitel přímého odtoku se nezměnil a má tu zjištěnou nepřijatelnou hodnotu 0,96. Podmínky na svazích neodpovídají požadavkům na ochranu před vodní erozí a **obdělávání pozemků a rozmístění plodin se musí změnit**. Kukuřice musí být zaseta po vrstevnicích a v místech velkého sklonu musí být mezi kukuřici vložen vrstevnicový pruh obilniny nebo pícniny. Tímto opatřením se sníží součinitel přímého odtoku na hodnotu 0,6, která je běžná pro pozemky nepokryté vegetací nebo s vegetací málo vzrostlou. Pak se výrazně sníží odtok a **kulminační průtok bude jen 4,5** $m^3.s^{-1}$.

Údolí nad Rozhovicemi v současné podobě **představuje** pro obec **trvalou hrozbu přívalové** (bleskové) **povodně**. Povodně z přívalových dešťů se vyskytují od dubna do konce září. Povodeň z 30. května 2005 se mezi občany, ale i odborníky považuje za zcela mimořádný jev, který byl způsoben extrémním deštěm s kroupami, sklonitým terénem a lánem kukuřice. Rozbor ukázal, že déšť nebyl extrémní, ba dokonce poměrně malý, nesprávně zasetý lán kukuřice se na vzniku povodně významně podílel, ale tou hlavní příčinou povodně bylo hydraulicky nevhodné koryto vodního toku. Neodborně zasetý lán kukuřice se nad obcí asi předtím nikdy nevyskytl a asi ani nevyskytne. Hydraulicky nevhodné koryto jako hlavní příčina povodně však zůstává a za větší přívalové srážky opět způsobí povodeň, i když na pozemcích nebude kukuřice.

Obec Rozhovice ochrání před povodněmi jednoduchá revitalizace toku. Postačí nahradit stávající velké koryto velmi malým korytem, které se bude vlnit, a v jeho okolí budou křoviny, které za velkých průtoků sníží rychlost rozlité vody v údolí.

Literatura

[1] ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy.

[2] Kemel, M. Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Praha : ČVUT, Fakulta stavební, 2000.

[3] Matoušek, V. Dokumentace a vyhodnocení povodně na Dubance. Výzkumná zpráva výzkumného záměru MŽP 0002071101 oddíl A: Hydrologie. Praha : VÚV T.G.M., 2005.

[4] Matoušek, V. Vliv koryta vodního toku a údolní nivy na velikost a průběh povodně. Kap. 7 v knize Just a kol. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, 2005.

Ing. Václav Matoušek, DrSc.
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 382

Lektoroval Ing. Petr Šercl, prosinec 2006

Key words

hydraulically improper watercourse channel, precipitation-runoff process, reasons of precipitation-runoff flood, influence of watercourse channel on the course and extent of floods, reducing floods by inundation, watercourse revitalization

Flood Caused by Hydraulically Improper Watercourse Channel (Matoušek, V.)

The article deals with the influence of the watercourse channel shape and roughness on the course and extent of floods. It is demonstrated that a hydraulically improper watercourse channel (with too big a capacity and speed of water) can cause floods.

Proving this, a concrete flood event is described – a disastrous flood was caused by a local storm rainfall of 20 mm/30 min. The discharge from an area of 1.12 km^2 culminated at 12 $m^3.s^{-1}$. The reasons of such an extreme runoff were: corn field rows planted along the inclination, and a hydraulically improper watercourse channel adapted for land drainage.

ANTARES - AZV, s.r.o.
technologické celky pro čistírny, zařízení pro filtraci a odvodňování

SLUŽBY:
- laboratorní případně poloprovozní zkoušky
- návrh vhodné technologie

DODÁVKY:
- technologické zařízení pro mechanické předčištění
- technologické zařízení pro chemické i biologické čištění odpadních vod
- vše pro kalové koncovky biologických, chemických a průmyslových ČOV

ANTARES - AZV s.r.o. ; U Hřiště 2 ; 750 02 Přerov
Telefon/fax : +420 581 212 505 ; +420 581 212 591
www.antaresazv.cz e-mail:antaresazv@antaresazv.cz

envites®
Technika pro vodní a kalové hospodářství
Výroba zařízení a dodávky technologických celků
- Čištění průmyslových vod
- Zahuštění a odvodnění kalů
- Úprava vody - provozní a pitná voda
- Sedimentace a filtrace

Kalolisy, zahušťováky kalu, lamelové usazováky, pískové filtry

ENVITES, spol. s r.o., Vídeňská 117b, 619 00 Brno
Tel.: +420 547429211 fax: +420 547429212
info@envites.cz www.envites.cz

NÍZKONÁKLADOVÉ SEMIPERMEABILNÍ MEMBRÁNY, MOŽNOSTI LABORATORNÍ KALIBRACE

Josef Kupec

Klíčová slova
semipermeabilní membrány, PCB, OCP, PAU, voda

Souhrn

Semipermeabilní membrány jsou významným nástrojem sloužícím ke zvýšení objektivity monitoringu řady organických mikropolutantů ve vodě. Možnost masového používání je limitována relativně vysokými cenami komerčně dostupných membrán. V článku je popsán vývoj vlastních nízkonákladových semipermeabilních membrán, včetně způsobu jejich kalibrace. Byly provedeny kalibrace pro tři expoziční časy, pro polutanty PCB, OCP a PAU. Na základě posouzení získaných dat byla konstatována funkčnost navržené metodiky. Experimentálně získaná data byla použita pro výpočet koncentrace polutantů v povrchové vodě. Po kalkulaci nákladů na výrobu a vývoj metodiky bylo konstatováno dosažení výrazně nižší ceny za membránu s perspektivou jejího dalšího snižování.

◆

Úvod

Semipermeabilní membrány patří do kategorie tzv. pasivních vzorkovačů. Lze je použít pro vzorkování organických polutantů ve vzduchu, vodě, popsáno je rovněž vzorkování půd apod. [1–3]. Na rozdíl od bodového vzorkování poskytují pasivní vzorkovače informaci o průměrném stavu monitorovaného prostředí po celou dobu vzorkování.

Semipermeabilní membrány obecně jsou buď oboustranně uzavřené tenkostěnné ploché trubice z vhodného materiálu, plněné většinou kapalným, méně často pevným sorbentem, nebo i prosté fólie bez sorbentu. V současné době jsou pravděpodobně nejčastěji používány membrány z polyethylenu nízké hustoty plněné trioleinem.

Funkci semipermeabilních membrán lze velmi zjednodušeně popsat tak, že pokud je rozpustnost vzorkovaného polutantu vyšší v materiálu membrány než ve vzorkovaném prostředí, dochází při dlouhodobém kontaktu membrány se vzorkovaným prostředím k difuzi polutantu ze vzorkovaného prostředí do membrány. Polutant je v membráně kumulován a je-li vzorkování prováděno dostatečně dlouho, dojde k dosažení koncentrační rovnováhy mezi vzorkovaným prostředím a membránou.

Po ukončení expozice lze zachycené polutanty z membrány extrahovat a analyzovat. Z koncentrace polutantů zachycených v membráně lze vypočítat jejich průměrnou koncentraci ve vzorkovaném prostředí (vodě) po dobu vzorkování. Podmínkou pro tento výpočet je používání membrán s konstantními vlastnostmi, pro které jsou k dispozici kalibrační data pro každý analyzovaný polutant a znalost kinetiky sorpce. Pro popis kinetiky sorpce membrána – voda existuje několik matematických modelů [3–5]. Pro praktickou aplikaci je důležitá informace, že v počátečním časovém úseku vzorkování (ve vodě pro většinu polutantů cca čtyři týdny) je sorpce do membrány lineární funkcí času a koncentrace polutantu ve vodě, následuje nelineární oblast a sorpce končí dosažením rovnovážného stavu. Při vzorkování je doporučováno vyhnout se nelineární časové oblasti.

Nejjednodušším způsobem lze membrány použít i bez znalosti kalibračních dat. Mohou být například postupně umísťovány vždy na stejnou dobu v jedné lokalitě a výsledky analýzy zachycených polutantů mohou být použity k popisu časového vývoje znečištění nebo k pouhé identifikaci přítomnosti polutantů, které nemusí být při bodovém odběru vůbec detekovány. Takto lze monitorovat i průběh znečištění v podélném profilu toku. Pro plnohodnotné využití vlastností membrán, tzn. získání informací o reálných koncentracích polutantů ve vodě po dobu vzorkování, má zájemce o tuto metodu v podstatě dvě možnosti. První možností je zakoupení komerčně dostupných membrán dodávaných pod chráněným názvem SPMD, včetně patřičného „know-how" potřebného k aplikaci a vyhodnocení výsledků analýzy. Druhou možností je zhotovení vlastních membrán a vypracování metodiky pro jejich aplikaci.

Ve druhé polovině devadesátých let minulého století bylo z výsledků rešerší provedených ve Výzkumném ústavu vodohospodářském zřejmé, že semipermeabilní membrány jsou vhodným analytickým nástrojem pro rozšíření a zkvalitnění monitoringu vod prováděného v rámci řešených výzkumných úkolů. Značný vliv na rozhodnutí, jaký zdroj membrán bude použit, byla jejich ekonomická dostupnost. Pro potřeby řešení úkolů byla předpokládaná potřeba 50 až 100 membrán za rok. Po zjištění cen komerčních SPMD – cca 2 000 Kč za kus plus pronájem speciálního držáku za cca 3 500 Kč na jeden měsíc [6, 7] bylo rozhodnuto ověřit možnost zhotovení vlastních membrán, včetně vypracování metodiky pro jejich kalibraci.

Koncepce řešení

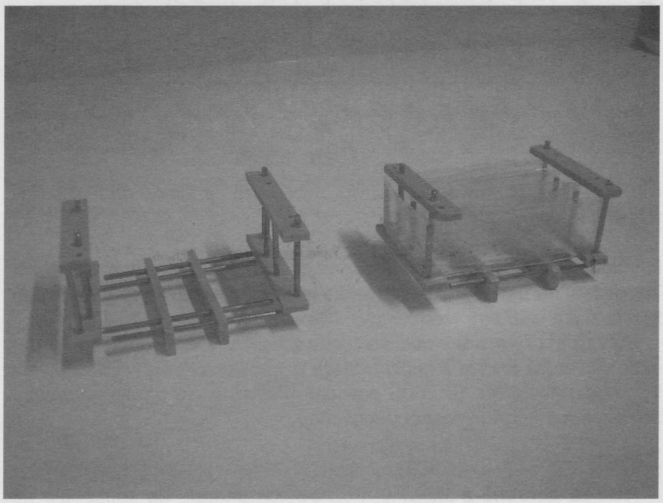
Návrh řešení předpokládal použití membrán nejrozšířenějšího typu, tj. plochá trubice z polyethylenu nízké hustoty (HDP), bez přísad, o stejné ploše povrchu jako SPMD, plněná 1 ml trioleinu. Pro zajištění maximální možné reprodukovatelnosti bylo zvoleno jednorázové pořízení a zakonzervování surovin (triolein, trubice) postačující ke zhotovení cca 500 kusů membrán, pro které budou experimentálně získána kalibrační data, následně použitelná k vyhodnocení výsledků analýz po aplikaci membrán v terénu. Součástí řešení byl i způsob umísťování membrán v terénu.

Nejdůležitější částí řešení byl vývoj, sestavení a ověření funkčnosti kalibrační aparatury a získání kalibračních dat pro jednotlivé polutanty.

Membrány

K plnění membrán byl použito 2 x 500 ml 65% trioleinu, dodavatel Fluka. Triolein byl dále laboratorně částečně přečištěn vysrážením nečistot ochlazením na teplotu 8 °C a dekantací. Polyethylenová trubice v délce cca 500 m o šířce 25 mm byla na zakázku zhotovena z HDP polyethylenu bez přísad v Polymer Institutu Brno. Po nastříhání na segmenty o délce 83 cm byla třikrát po dobu 24 hodin extrahována hexanem. Do extrahovaných segmentů byl pomocí 1 ml injekční stříkačky odměřen 1 ml trioleinu, oba konce přiloženy k sobě a membrána byla svařena do prstence. Hotové membrány byly až do použití umístěny ve vzduchotěsně uzavřené skleněné prachovnici při teplotě -20 °C.

Z nerezu a polypropylenu byly zhotoveny držáky pro expozici membrán v terénu. Jejich rozměry byly přitom voleny tak, aby je bylo možno vkládat do polypropylenových perforovaných lahví sloužících jako ochranný obal. Vzhled držáku a držáku s membránou je na *obr. 1.*



Obr. 1. Držáky pro aplikaci membrán v terénu

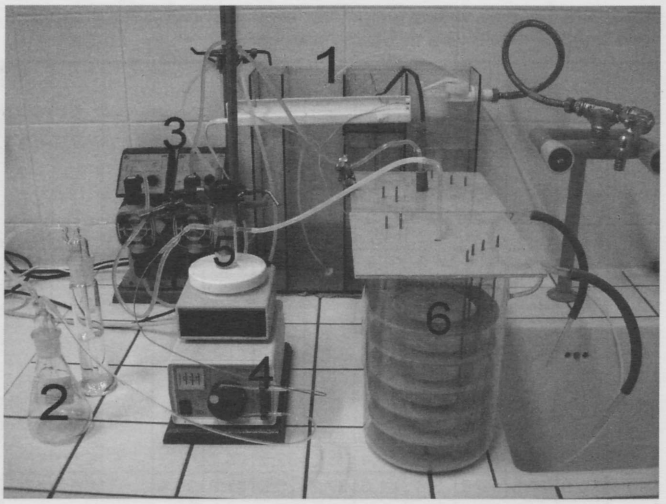
Kalibrace membrán, aparatura

Účelem kalibrační aparatury je vytvoření a dlouhodobé udržování konstantní stanovené koncentrace testovaných polutantů ve vodě, v níž jsou umístěny testované membrány. Vývoj kalibrační aparatury prošel několika etapami, ve kterých byla ověřována funkčnost jednotlivých komponent. Vzhledem k celkovému objemu vody potřebnému k provedení testu byla při stávajících technických možnostech laboratoře použita ke kalibracím upravená vodovodní voda. Současná sestava aparatury je na *obr. 2.*

Aparatura je tvořena:

- zdrojem vody, ve kterém je vodovodní voda sterilizována pomocí UV lampy a zbavována rozpuštěného vzduchu probubláváním heliem,
- zásobníkem roztoku polutantů,
- dávkovacími čerpadly upravené vody,
- dávkovacím čerpadlem metanolového roztoku polutantů,
- směšovací nádobkou roztoku polutantů s upravenou vodou s magnetickou míchačkou,
- skleněnými testovacími nádobami s nerezovými držáky membrán.

Funkce aparatury: do zdroje vody, skleněné nádrže rozdělené přepážkami na čtyři sekce, je pomocí plovákového ventilu přiváděna vodovodní voda. Ta postupně protéká kolem UV lampy a je probublávána pomocí kovové frity proudem helia. Z poslední sekce je voda odebírána dávkovacími čerpadly s nastavitelným průtokem. Jedna větev je vedena přímo do testovací nádoby pro slepý pokus. Druhá větev je vedena do směšovací nádobky, do které je současně čerpán pomaloběžným dávkovacím čerpadlem metanolový roztok polutantů. Ve směšovací nádobce je směs homogenizována magnetickým míchadlem. Výsledný roztok je veden na dno kalibrační testovací nádoby, kterou protéká, a přepadem v horní části odchází do odpadu.



Obr. 2. Sestava kalibrační aparatury

Provedení kalibračního testu

Kalibrační test byl navržen tak, aby poskytl data potřebná k vyhodnocení koncentrací polutantů běžně monitorovaných laboratoří rovněž formou bodových odběrů a poskytl tak možnost srovnání obou metod vzorkování. Pro zjištění absorpční kinetiky pro nejběžnější časové vzorkovací intervaly byla provedena kalibrace pro dva, tři a čtyři týdny. Koncentrace a dávkování metanolového roztoku polutantů byly v rámci technických možností voleny tak, aby koncentrace metanolu ve vodě byla co nejnižší, a tím se na minimum snížila možnost jeho vlivu na objektivitu kalibrace. Pro kalibraci byly použity následující polutanty nebo jejich skupiny: polychlorované bifenyly (PCB) – 7 kongenerů, organochlorované pesticidy (OCP) – 23 látek, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) – 14 sloučenin. Pro kalibraci membrán byly roztoky standardů naředěny do metanolu, do jednoho objemu (200 ml), na koncentraci 0,5 mg.l^{-1}.

Do testovacích nádob bylo umístěno pět membrán do kalibrační nádoby a tři membrány do nádoby pro stanovení hodnoty slepého pokusu. Zásobní nádoba s roztokem standardů polutantů byla vždy před zahájením a po ukončení testu zvážena a přesná spotřeba objemu roztoku standardů polutantů byla vypočtena z rozdílu hmotností před a po ukončení testu a po přepočtu na objem. Průtoky vody v obou větvích testovací aparatury byly denně kontrolovány. Po ukončení testu byly membrány zpracovány v laboratoři k analýze. Vliv teploty na kinetiku sorpce nebyl v této etapě řešen.

Čtyřtýdenní test trval 696 hodin, průměrný průtok kalibrační nádobou byl 7,5 l.hod^{-1} při spotřebě 5 222 litrů vody. Bylo spotřebováno 80,8 ml roztoku standardů, průměrná koncentrace ve vodě byla 7,73 ng.l^{-1}.

Třítýdenní test trval 504 hodin, průměrný průtok kalibrační nádobou byl 7,5 l.hod^{-1} při spotřebě 3 780 litrů vody. Bylo spotřebováno 53,7 ml roztoku standardů, průměrná koncentrace ve vodě byla 7,1 ng.l^{-1}.

Dvoutýdenní test trval 336 hodin, průměrný průtok kalibrační nádobou byl 7,2 l.hod^{-1} při spotřebě 2 398 litrů vody. Bylo spotřebováno 38,4 ml roztoku standardů polutantů, průměrná koncentrace ve vodě byla 7,99 ng.l^{-1}. Teplota vody se pohybovala u všech časových intervalů v rozmezí 16–18 °C.

Zpracování a analýza membrán

Exponované membrány byly třikrát 24 hodin extrahovány směsí cyklohexan–etylacetát 1 : 1. Extrakty byly odpařeny na objem 2,0 ml. Čtvrtina objemu tohoto roztoku, tj. 0,5 ml, byla přečištěna gelovou chromatografií. Přečištěný extrakt byl odpařen do sucha a doplněn hexanem na objem 1,0 ml. Tento objem byl dále rozdělen na dvě poloviny, z nichž jedna byla po doplnění roztokem vnitřního standardu analyzována pomocí plynové chromatografie, druhá polovina po odpaření téměř do sucha doplněna acetonitrilem a analyzována metodou kapalinové chromatografie. Metodou plynové chromatografie byly v extraktu stanoveny koncentrace PCB a OCP, kapalinovou chromatografií pak bylo provedeno stanovení PAU.

Shrnutí výsledků kalibrace

Data získaná analýzou exponovaných membrán byla po přepočtu na celkový objem extraktu zpracována do tabulek a grafů. V *tabulce 1* jsou uvedena množství jednotlivých polutantů stanovených v membránách, korigovaná o hodnoty slepého pokusu (blanku), pro tři doby expozice. Grafické vyjádření závislosti množství polutantů zachyceného v membránách na době expozice znázorňují pro jednotlivé skupiny polutantů grafy na *obr. 3* až *5*. Hodnoty výsledků slepých pokusů pro OCP a PCB jsou uvedeny v *tabulce 2*, a to pouze průměr pro všechny doby expozice vzhledem k tomu, že se jednotlivá měření významně nelišila. V *tabulce 3* jsou uvedeny hodnoty slepých pokusů pro PAU. Zde jsou uvedena data pro všechny tři doby expozice, neboť u této skupiny polutantů

Tabulka 1. Množství polutantu zachyceného membránou [ng] (po odečtení hodnoty blanku)

Týdny	OCP	alfa-HCH	beta-HCH	gama-HCH	delta-HCH	hexachlorbenzen	aldrin	isodrin	dieldrin	endrin	endrin aldehyd	heptachlor
2		16	1	4	4	103	154	170	140	265	0	170
3		45	21	36	35	244	311	294	263	512	45	345
4		48	18	33	33	338	358	305	290	574	26	364

Týdny	heptachlor epoxyd	oxychlordan	endosulfan 1	endosulfan 2	endosulfan sulfát	p, p´-DDE	p, p´-DDE	p, p´-DDE	methoxychlor	PCB	PCB 28	PCB 52
2	108	150	6	1	129	132	102	130	115		282	202
3	220	258	68	56	322	255	233	178	367		447	326
4	205	268	143	68	318	287	228	168	304		517	367

Týdny	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	PAU	acenaften	fluoren	fenantren	antracen	fluoranten	pyren
2	166	298	138	192	111		15	80	794	205	466	310
3	263	456	271	307	205		157	325	1585	348	744	509
4	323	504	301	329	217		144	325	1760	332	763	525

Týdny	benzo(a)antracen	chrysen	benzo(b)fluoranten	benzo(k)fluoranten	benzo(a)pyren	dibenzo(a,h)antracen	benzo(g,h,i)perylen	indeno(c,d)pyren
2	239	215	207	186	210	124	166	47
3	350	348	301	269	253	191	214	109
4	338	373	307	277	270	194	203	138

Tabulka 2. Průměrné hodnoty obsahu OCP, PCB v membránách blanku [ng]

OCP	alfa-HCH	beta-HCH	gama-HCH	delta-HCH	hexachlorbenzen	aldrin	isodrin	dieldrin	endrin	endrin aldehyd	heptachlor	heptachlor epoxyd
	< 1	< 1	< 1	1,1	15,4	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Oxychlordan	endosulfan 1	endosulfan 2	endosulfan sulfát	p.p-DDE	p.p-DDD	p.p-DDT	methoxychlor	PCB	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118
< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,8		< 1	< 1	< 1	1,2

PCB 138	PCB 153	PCB 180
6,7	< 1	< 1

Tabulka 3. Průměrné hodnoty obsahu PAU v membránách blanku [ng]

Týdny	acenaften	fluoren	fenantren	antracen	fluoranten	pyren	benzo(a)antracen	chrysen	benzo(b)fluoranten	benzo(k)fluoranten	benzo(a)pyren	dibenzo(a,h)antracen	benzo(g,h,i)perylen	indeno(c,d)pyren
2	10	64	773	9	355	91	< 2	16	10	8	13	9	15	< 2
3	28	111	1172	11	560	110	< 2	22	13	10	16	11	12	< 2
4	59	190	1677	21	719	160	3	40	24	18	24	16	19	< 2

byla zřetelná časová závislost zachyceného množství na době expozice. V *tabulce 4* a *5* jsou uvedeny vypočtené hodnoty pracovně nazvané $K_{m/v}$, tj. „odezvy" membrány na teoretickou koncentraci 1 ng.l^{-1} polutantu ve vodě pro dvě (PCB, OCP), resp. jednu (PAU) dobu expozice. Tyto hodnoty byly získány jako podíl obsahu polutantu analyzovaného v membráně a aktuální vypočtené koncentrace polutantu pro konkrétní dobu expozice. V *tabulce 6* jsou porovnány výsledky analýz bodových odběrů vody s výsledky pasivního vzorkování pomocí membrán pro vybrané polutanty ve vybraných profilech sledovaných v rámci úkolu Projekt Morava v roce 2006. Bodové odběry byly prováděny v období leden až červen 2006; membrány byly umístěny vždy dvě současně v období čtyř týdnů, od 15. 5. do 12. 6. 2006. K přepočtu výsledků analýz membrán na koncentraci ve vodě byly použity vypočtené hodnoty $K_{m/v}$.

Diskuse a závěr

Na základě vyhodnocení výsledků kalibračních testů lze konstatovat, že navržený systém nízkonákladových membrán spolu s jejich kalibrací je funkční. Při srovnání sorpce testovaných polutantů v komerčních SPMD [4] s výsledky testů nízkonákladových membrán (grafy na *obr. 3* až 5) je zřejmé, že u nízkonákladových membrán dochází u všech testovaných polutantů k rychlejšímu ustavení rovnováhy voda/membrána. Zatímco u SPMD je pro PCB a OCP kinetika sorpce pro 28 dní prakticky v lineární oblasti, u testovaných membrán došlo už po třech týdnech prakticky k dosažení rovnováhy. Tento fakt je více než z grafu na *obr. 3* a 4 zřejmý z *tabulky 4*, kde jsou $K_{m/v}$ sloučenin korigovány na aktuální koncentrace polutantů pro tři a čtyřtýdenní doby expozice a jsou pro obě doby expozice téměř identické. V případě PAU je tato skutečnost zřejmá přímo z grafu na *obr. 5*, z tohoto důvodu nebyly $K_{m/v}$ pro třítýdenní dobu expozice kalkulovány. Z tohoto zjištění vyplývá, že pro výpočet koncentrace polutantů ve vodě z obsahu polutantu analyzovaného v exponované membráně při nejběžnější době expozice 28 dní postačí jednoduchý výpočet – hodnota polutantu v membráně lomená příslušným $K_{m/v}$. Takto byly získány hodnoty uvedené v *tabulkách 6a* a *6b*. Výsledky analýz bodových odběrů jsou velmi blízké hodnotám naměřeným a vypočteným ze vzorkování pomocí membrán. Za povšimnutí stojí, že pro polutanty s vyššími hodnotami $K_{m/v}$ se výrazně snižuje mez stanovitelnosti, což je jedna z předností tohoto způsobu vzorkování.

Z *tabulky 2* a *3* – výsledků hodnot blanků – vyplývá, že materiály použité ke zhotovení membrán ani použitá vodovodní voda neobsahovaly významné

Tabulka 4. Hodnoty odezvy membrány na koncentraci 1ng polutantu ve vodě pro OCP a PCB (3 a 4týdenní expozice)

týdnů	**OCP**	alfa-HCH	beta-HCH	gama-HCH	delta-HCH	hexachlorbenzen	aldrin	isodrin	dieldrin	endrin	endrin aldehyd	heptachlor
3		6,4	3,0	5,1	4,9	34,4	43,8	41,5	37,1	72,2	6,3	48,6
4		6,2	2,4	4,3	4,3	43,9	46,5	39,6	37,6	74,6	3,4	47,2

	heptachlor epoxyd	oxychlordan	endosulfan 1	endosulfan 2	endosulfan sulfát	p,p´-DDE	p,p´-DDE	p,p´-DDE	methoxychlor	**PCB**	PCB 28	PCB 52
3	31,0	36,4	9,6	7,9	45,4	35,9	32,8	25,1	51,7		63,0	45,9
4	26,6	34,8	18,6	8,8	41,3	37,3	29,6	21,8	39,4		67,2	47,7

	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
3	37,0	64,2	38,1	43,3	28,8
4	41,9	65,5	39,1	42,8	28,2

Tabulka 5. Hodnoty odezvy membrány na koncentraci 1ng polutantu ve vodě pro PAU (4týdenní expozice)

acenaften	fluoren	fenantren	antracen	fluoranten	pyren	benzo(a)antracen	chrysen	benzo(b)fluoranten	benzo(k)fluoranten	benzo(a)pyren	dibenzo(a,h)antracen	benzo(g,h,i)perylen	indeno(c,d)pyren
18,2	30,1	58	47,5	25,8	56,2	49,3	45,9	40,6	36,6	33	25,4	28,3	15,4

Tabulka 6a. Srovnání výsledků analýz bodových odběrů u vybraných polutantů a profilů s výsledky vzorkování pomocí membrán

	PCB						
Vzorek	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180
Morava	< 0,5	1,4	0,8	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,5
voda	< 0,5	0,9	0,8	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5
Moravská Nová Ves	< 0,5	0,7	0,6	< 0,5	0,5	0,6	< 0,5
	< 0,5	0,7	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	0,5	1,9	< 0,5	< 0,5	0,6	0,6	1,1
	0,6	0,5	1,4	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	1,4	0,5	< 0,5	< 0,5	1,1	< 0,5
membrány	*0,00*	*0,08*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Moravská Nová Ves	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,40*	*0,00*	*0,00*
voda	< 0,5	< 0,5	1,0	0,5	1,8	< 0,5	< 0,5
Olomouc	0,7	0,6	< 0,5	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	0,6	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	0,6	0,9	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5
	1,0	1,7	1,3	0,5	< 0,5	< 0,5	1,3
	< 0,5	0,6	0,6	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	< 0,5	0,9	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	0,7	0,8	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5
membrány	*0,40*	*0,34*	*3,08*	*0,23*	*1,41*	*0,16*	*0,40*
Olomouc	*0,44*	*0,31*	*2,66*	*0,46*	*1,37*	*0,22*	*0,33*
Bečva	< 0,5	0,5	1,4	0,6	1,3	< 0,5	< 0,5
voda	< 0,5	0,5	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Valašské Meziříčí	< 0,5	1,0	0,9	< 0,5	0,6	0,5	< 0,5
	< 0,5	0,8	1,2	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5
	< 0,5	1,1	< 0,5	1,8	1,0	< 0,5	0,7
	< 0,5	0,5	0,6	< 0,5	0,7	0,6	0,6
	< 0,5	0,7	0,7	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5
membrány	*0,17*	*0,20*	*1,05*	*0,52*	*1,41*	*0,35*	*0,36*
Valašské Meziříčí	*0,63*	*0,11*	*1,56*	*0,29*	*1,44*	*0,45*	*0,49*

Tabulka 6b. Srovnání výsledků analýz bodových odběrů u vybraných polutantů a profilů s výsledky vzorkování pomocí membrán

	PAU								
Vzorek	fluoranten	benzo(a)antracen	chrysen	benzo(b)fluoranten	benzo(k)fluoranten	benzo(a)pyren	dibenzo(a,h)antracen	benzo(g,h,i)perylen	indeno(c,d)pyren
Morava	8,5	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
voda	5,3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Moravská Nová Ves	6,0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	11,9	< 2	2,5	3,2	< 2	2,6	< 2	< 2	< 2
	7,0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	3,4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	2,7	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	4,1	< 2	< 2	2,2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
membrány	*32,2*	*6,8*	*10,2*	*6,0*	*2,6*	*4,3*	*0,3*	*1,3*	*0,5*
Moravská Nová Ves	*29,1*	*5,7*	*8,5*	*6,2*	*2,8*	*3,9*	*0,3*	*1,3*	*0,4*
voda	23,0	< 2	2,4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Olomouc	12,3	< 2	< 2	2,0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	6,8	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	5,6	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	12,4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	3,6	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	3,5	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	20,1	6,8	6,7	10,0	4,3	6,8	< 2	4,8	< 2
membrány	*31,0*	*5,5*	*8,7*	*6,0*	*2,8*	*4,2*	*0,2*	*1,1*	*1,0*
Olomouc	*24,9*	*4,7*	*8,0*	*5,1*	*2,5*	*3,0*	*0,3*	*0,7*	*0,5*
Bečva	14,4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
voda	17,2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Valašské Meziříčí	6,4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	16,9	< 2	2,0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	36,5	3,1	5,4	3,5	< 2	2,5	< 2	< 2	< 2
	6,8	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
	16,5	3,8	4,2	6,8	2,7	4,9	< 2	3,2	< 2
membrány	*56,8*	*11,5*	*17,5*	*9,7*	*5,3*	*4,8*	*0,6*	*1,2*	*2,5*
Valašské Meziříčí	*80,1*	*18,4*	*24,9*	*13*	*6,2*	*4,6*	*0,8*	*1,5*	*2,2*

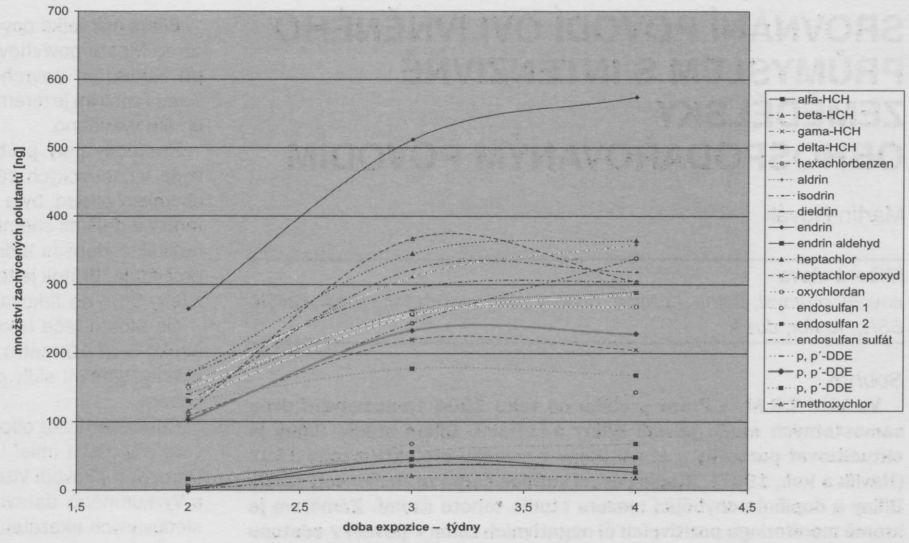
koncentrace testovaných PCB a OCP, které by mohly zkreslovat výsledky kalibrací a terénního vzorkování. V případě PAU docházelo k nárůstu koncentrace polutantů v závislosti na době expozice, z čehož lze usuzovat na to, že sloučeniny PAU se v membránách zachycovaly až v průběhu kalibrace z okolního prostředí nebo vody.

Z dosažených výsledků vyplývá, že nízkonákladové semipermeabilní membrány ve spojení s možností kalibrace a nízkou pořizovací cenou jsou použitelným a dostupným nástrojem pro masové využití k monitoringu vod. Náklady na přípravu jedné membrány činily cca 30 Kč, náklady na řešení cca 500 tis. Kč včetně sestavení kalibrační aparatury. Po dobu vývoje metody bylo aplikováno již téměř 1 000 membrán, takže kalkulace na jeden kus činí v současnosti včetně vývoje cca 500 Kč, což je asi 1/4 ceny komerčních SPMD, přičemž s rostoucím počtem aplikací bude tato hodnota klesat.

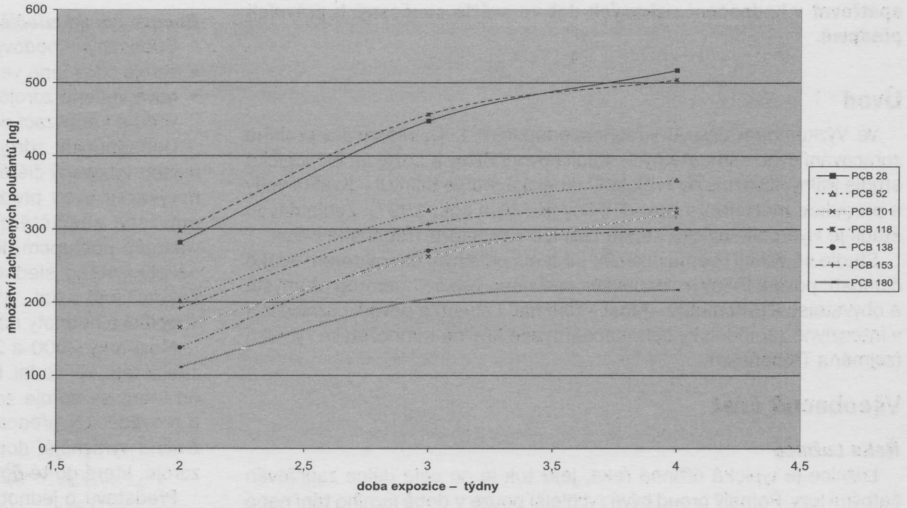
Byl rovněž navržen jednoduchý a levný způsob upevnění membrán pro terénní aplikace, cena materiálu pro zhotovení jednoho držáku pro jednu membránu činila cca 25 Kč.

Produktem řešení je i kalibrační aparatura, která vzhledem ke své univerzálnosti bude nadále využívána pro testování a kalibrace dalších typů pasivních vzorkovačů, což bude rovněž znamenat snížení nákladů jak pro stávající trioleinem plněné semipermeabilní membrány, tak i pro nově ověřované vzorkovače.

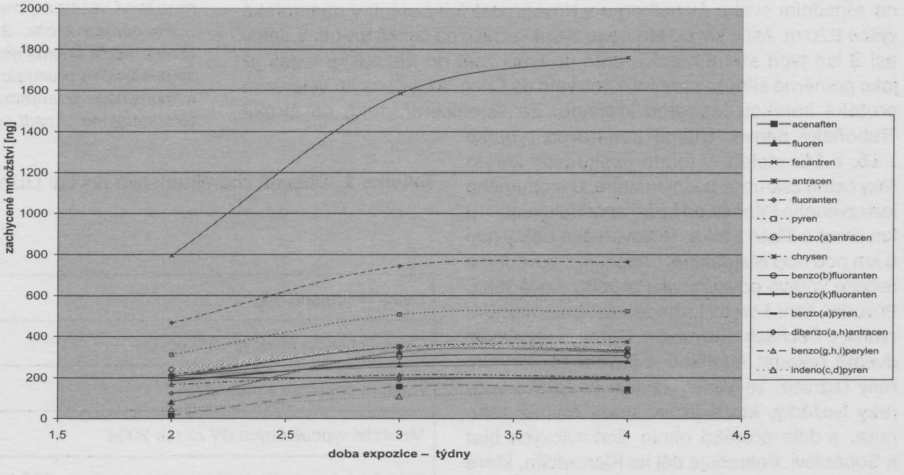
Byl tedy splněn cíl řešení, kterým bylo ověření funkčnosti ekonomicky dostupných semipermeabilních membrán a jejich postupné zavádění do rutinního monitoringu vod.



Obr. 3. Množství OCP zachycených membránou vs doba expozice



Obr. 4. Množství PCB zachycených membránou vs doba expozice



Obr. 5. Množství PAU zachycených membránou vs doba expozice

Literatura

[1] Prest, HF., Huckins, JN., Petty, JD., Herve, S., Paasivirta, J., and Heinonen, P. A Survey of Recent Results in Passive Sampling of Water and Air by Semipermeable Membrane Devices. *Marine Pollution Bulletin,* 31, 1995, No. 4/12, p. 306-312.

[2] Strandberg, B., Wagman, N., Bergqvist, PA., Haglund, P., and Rappe, C. Semipermeable membrane devices as passive samplers to determine organochlorine pollutants in compost. *Environmental Science & Technology*, 31, 1997, No. 10, p. 2960-2965.

[3] Huckins, JN., Manuweera, GK., Petty, JD., Mackay, D., and Lebo, JA. Lipid Containing Semipermeable Membrane Devices for Monitoring Organic Contaminants in Water. *Environmental Science & Technology,* 27, 1993, No. 12, p. 2489-2496.

[4] Devita, WM. and Crunkilton, RL. Quality control associated with use of semipermeable membrane devices. *Environmental Toxicology and Risk Assessment.* 7th Volume, 1998, p. 237-245. Series: American Society for Testing and Materials Special Technical Publication 1333.

[5] Rogers, HR. Influence of suspended solids and back diffusion on organic contaminant uptake by semi-permeable membranes (SPMDs). *Chemosphere*, 35, 1997, No. 8, p. 1651-1657.

[6] Exposmeter AB. http://www.ExposMeter.com. Trehörningen 34, Sweden.

[7] Environmental Sampling Technologies Inc. http://est-lab.com/

RNDr. Josef Kupec
VÚV T.G.M. Praha, pobočka Brno
tel. 541 126 334

Lektoroval Ing. Josef Čáslavský, CSc., leden 2007

Key words
semipermeable membranes, PCB, OCP, PAH, water

Low cost semipermeable membranes, possibilities of laboratory calibration (Kupec, J.)

Semipermeable membranes are the important tools serving for raising objectivity of monitoring of many organic micropollutants in water. Possibility of mass use is limited by relatively high prices of the commercially available membranes. The article describes development of the low cost semipermeable membranes, including the manner of their calibration. Calibrations for three exposure times were carried out, for PCB, OCP and PAH pollutants. On the basis of consideration of the obtained data the functionality of the suggested methodology was ascertained. The data obtained through an experiment were used for calculation of pollutant concentration in surface water. After calculation of costs for the methodology production and development the achievement of considerably lower price per membrane was ascertained with the prospect for its further decreasing.

SROVNÁNÍ POVODÍ OVLIVNĚNÉHO PRŮMYSLEM S INTENZIVNĚ ZEMĚDĚLSKY OBHOSPODAŘOVANÝM POVODÍM

Martin Novák

Klíčová slova
povodí, průmysl, Bílina, Lužnice, bodový zdroj znečištění, rybník, CHSK, BSK_5, fosfor, dusík

Souhrn

Ve VÚV T.G.M. v Praze probíhá od roku 2004 zpracovávání dvou samostatných studií povodí Bíliny a Lužnice. Cílem studie Bíliny je aktualizovat poznatky o stavu Bíliny v rozsahu projektu z roku 1997 (Havlík a kol., 1997). Studie povodí Lužnice čerpá ze zkušeností studie Bíliny a doplňuje chybějící mezeru studie tohoto území. Záměrem je kromě monitoringu pozitivních či negativních změn v povodí v odstupu času i rozšíření souboru ukazatelů kvality vody nad běžný rámec a podrobnější kvantitativní hydrologické hodnocení. Přínos studie lze spatřovat v hodnocení získaných dat ve světle současných právních předpisů.

◆

Úvod

Ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka probíhá zpracování dvou samostatných studií povodí Bíliny a Lužnice. Ekologická studie Bíliny navazuje na projekt Ekologická studie Bíliny II – Kvalita vody a produkce znečištění v povodí Bíliny (Havlík a kol., 1997). Zcela novou studií je Hydroekologická studie Lužnice v prostoru Třeboňské pánve.

Studie se věnují dvěma územím se zcela odlišným charakterem lidské činnosti: povodí Bíliny je především ovlivněno velkou hustotou průmyslu a obyvatelstva (Chomutov – Most – Ústí nad Labem) a povodí Lužnice leží v intenzivně zemědělsky obhospodařované krajině s množstvím rybníků (zejména Třeboňsko).

Všeobecná část

Řeka Lužnice

Lužnice je typická nížinná řeka, jejíž tok je po celé délce zadržován četnými jezy. Pomalý proud bývá rychlejší pouze v době jarního tání nebo po větších deštích.

Řeka Lužnice je pravostranným přítokem Vltavy. Pramení v Rakousku na západním svahu Aichelbergu v Novohradských horách v nadmořské výšce 920 m. Asi 4 km od pramene vtéká Lužnice na české území. V délce asi 3 km tvoří státní hranici, poté se vrací zpět do Rakouska a pak již jako poměrně silný tok přichází natrvalo do Čech. Až k Českým Velenicím protéká horskou lesnatou krajinou. Za Velenicemi vtéká do široké Třeboňské pánve, známé soustavou rybníků z 15. a 16. století. V tomto úseku tvoří koryto řeky četné zákruty a boční ramena. U mohutného jezu zvaného Pilař se od Lužnice odděluje asi 48 km dlouhá Zlatá Stoka. U Novořecké bašty (asi 6 km pod obcí Majdalena) odbočuje z původního řečiště vpravo odvodňovací průplav Nová řeka. Původní říční koryto Lužnice zásobuje největší rybník v Čechách, Rožmberk. Odtok je regulován dvěma řekami: Adolfkou a původním korytem řeky Lužnice. Ve Veselí zachycuje zprava vody řeky Nežárky, která je ve studii rovněž zahrnuta, a dále protéká okolo Borkovických blat k Soběslavi. Pokračuje dál ke Klenovicím, které jsou koncovým sledovaným profilem studie.

Ve sledovaném povodí Lužnice jsou tři velké rybniční soustavy: jindřichohradecká rybniční soustava, třeboňská rybniční soustava a táborská soustava rybníků. Třeboňská soustava čítá asi 789 rybníků s plochou od 1 ha a celková plocha těchto rybníků je přibližně 19 633 ha, jindřichohradecká 927 rybníků s 8388 ha a táborská 632 rybníků o výměře 4037 ha.

Řeka Bílina

Bílina pramení na svazích Krušných hor, severně od Chomutova nad městem Jirkov. Protéká mezi Českým středohořím a Krušnými horami směrem na východ, mosteckou pánví a ústí zleva do Labe na jeho 71. říčním km v Ústí nad Labem.

Bílina má velké povodí s plochou 1071 km². Na horním toku protéká až do Mostu povrchovými doly v umělém koridoru, který byl vybudován při zakládání povrchových dolů. Původně protékala před Mostem Komořanským jezerem, to však bylo v důsledku důlní činnosti roku 1835 uměle vysušeno.

Prakticky celý průtok řeky byl dříve používán jako technologická voda v chemických závodech v Záluží u Litvínova. Voda vytékala jako chemický odpad, byla zcela bez života po celém toku a silně znečištěná fenoly a dalšími chemickými látkami. V 90. letech 20. století se situace radikálně zlepšila a dnes se do Bíliny vrací život a koryto se postupně pročišťuje. Průtok je také zvyšován Podkrušnohorským přivaděčem vody z řeky Ohře do Jirkova.

Od Mostu teče řeka otevřenou, bezlesou krajinou. Koryto je hlinité, široké 5 až 10 metrů, z velké části regulované. Řeka nemá významné přítoky. Většími sídly přímo na toku jsou Jirkov, Most, Bílina a Ústí nad Labem.

Charakteristiku obou povodí Bíliny a Lužnice uvádí *tabulka 1.* Kvalita vody, množství imisí i emisí byly stanoveny z dat získaných od Povodí Ohře, s. p., Povodí Vltavy, s. p., Českého hydrometeorologického ústavu a Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Přehled sledovaných ukazatelů ukazuje *tabulka 2.*

Výsledky a diskuse

Bodové zdroje znečištění

Evidovanými bodovými zdroji je myšleno následující:

- zdroje obsažené ve Vodohospodářské bilanci (VHB),
- nově vedené zdroje obsažené v Majetkové a provozní evidenci vodovodů a kanalizací od roku 2004.

Odhadnutými zdroji rozumíme zejména malé obce a osady, které nejsou vybaveny čištěním odpadních vod nebo pro svou malou velikost nevykazují svou produkci znečištění do příslušných evidencí. Určení množství znečištění odtékajícího z těchto zdrojů bylo provedeno vlastním postupem, který vychází ze specifických produkčních hodnot několikaletého sledování typově a velikostně vzorových obcí v povodí Želivky (Just a kol., 1995). Pro stanovení odtokových množství se tyto specifické hodnoty násobí počty fyzických obyvatel v obcích.

Mezi roky 2000 a 2003 došlo ke zvětšení počtu evidovaných zdrojů znečištění ve vodní bilanci, což bylo způsobeno snížením velikosti, od které se zdroje znečištění evidují přijetím nového vodního zákona a prováděcích předpisů. Jak je z grafů patrné, měla tato legislativní změna výraznější dopad v povodí Lužnice s větším podílem menších zdrojů, které do té doby nepodléhaly evidenci *(obr. 1 a 2).*

Představu o jednotlivých typech znečišťovatelů odpadních vod v závislosti na počtu a množství pro povodí Bíliny nastiňují *obrázky 3–8* (data za rok 2004). V povodí Lužnice vypouštěné znečištění pochází z velkého množství většinou menších zdrojů.

Poznámka k obr. 3–8: Množství komunálních a průmyslových vod bylo určeno podle příslušných evidencí. Pokud v těchto evidencích není uveden podíl komunálních a průmyslových vod z některého zdroje, byl veškerý objem vod tvořený komunálními, průmyslovými i dalšími vodami uveden jako nezařaditelné OV. Do této kategorie připadl rovněž případný rozdíl mezi celkovým objemem odpadních

Tabulka 1. Obecná charakteristika povodí Lužnice a Bíliny

	Bílina (profil Ústí nad Labem)	Lužnice (profil Klenovice)
Délka zkoumané řeky	≈ 82 km	≈ 115 km
Celková plocha studovaného povodí	1 071 km²	3 163 km²
Hustota populace v roce 2004	262 obyv. na km²	36 obyv. na km²
Množství vypouštěných OV za rok 2004*	80 908 347 m³ za rok	11 950 466 m³ za rok
Průměrný denní průtok v koncovém profilu za 2004	6,16 $m^3.s^{-1}$	21,77 $m^3.s^{-1}$

** zahrnuje všechny údaje uvedené ve Vodohospodářské bilanci a odhadnuté bodové zdroje znečištění*

Tabulka 2. Sledované ukazatele (prosté vzorky z řeky a bodové zdroje znečištění)

Popis	Ukazatel
Ukazatele sledované u *bodových zdrojů* (Bílina a Lužnice)	BSK_5, CHSK, NL, N_{amon}, P_{celk}, RAS, průtok
Ukazatele charakterizující *prosté vzorky z řeky* (Bílina a Lužnice)	rozpuštěný O_2, pH, fekální koliformní bakterie, BSK_5, CHSK, NL, N_{amon}, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$, P_{celk}, průtok
Ukazatele charakterizující *prosté vzorky z řeky* (některé úseky Bíliny a Lužnice)	Fe, Mn, SO_4^{2-}, Ca, Mg, Na, K, Cr, Ni, Zn
Ukazatele charakterizující *prosté vzorky z řeky* (některé úseky Bíliny)	Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, benzen, chlorbenzen, Cl^-, NEL, CN^-, toluen, PCB suma, PAU suma, PO_4^{3-}

vod a součtem komunálních a průmyslových vod, který představuje vody balastní a dešťové. V grafech na obr. 3–8 nejsou použity žádné údaje z odhadnutých (neevidovaných) bodových zdrojů znečištění.

Kvalita vody v řekách

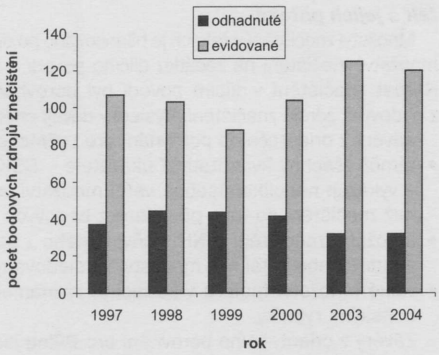
Imisní standardy jsou obvykle překračovány u velkých měst a průmyslu. Řeka Bílina je především ovlivněna chemickým průmyslem a důlní činností.

Zemědělsky a rybníkářsky obhospodařovaná oblast Lužnice je ovlivněna zejména amoniakálním znečištěním.

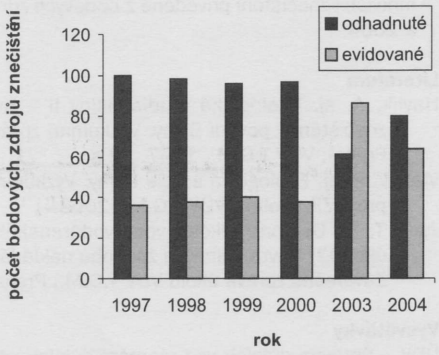
Grafická charakteristika jakostních ukazatelů

CHSK

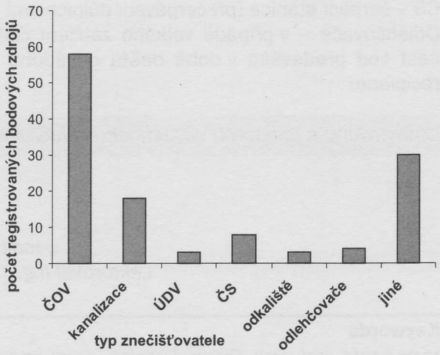
Z 22 jakostních profilů v povodí Bíliny byl vybrán graf Bílina-Most (*obr. 9*). Tento profil je ze všech nejstabilnější během všech sledovaných let. Charakteristika u mnoha profilů na Bílině je značně oscilující, jsou zde příliš velké výkyvy během měsíců. Hranice pro imisní standard je překračována v období červenec až říjen, kdy křivky i v jiných profilech na Bílině dosahují svého maxima.



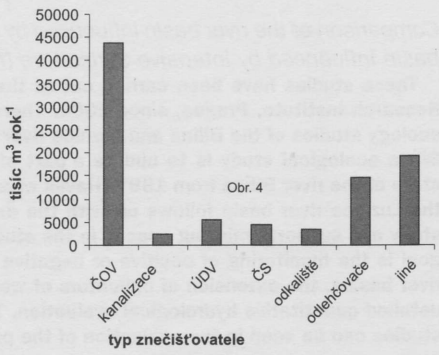
Obr. 1. Počet evidovaných a odhadnutých bodových zdrojů znečištění v povodí Bíliny



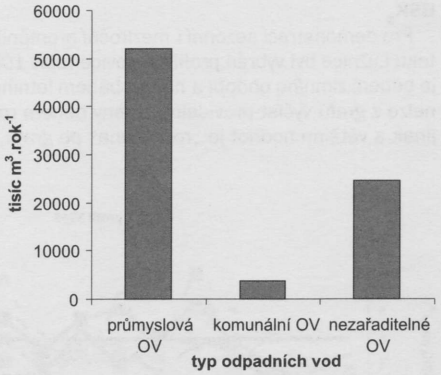
Obr. 2. Počet evidovaných a odhadnutých bodových zdrojů



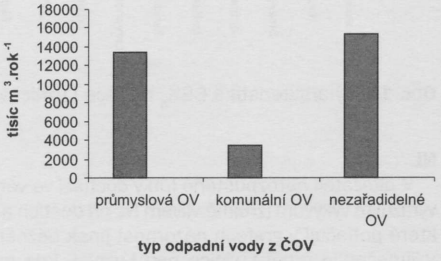
Obr. 3. Rozdělení počtu registrovaných bodových zdrojů vypouštějících odpadní vody do řeky Bíliny (podle typu znečišťovatele)



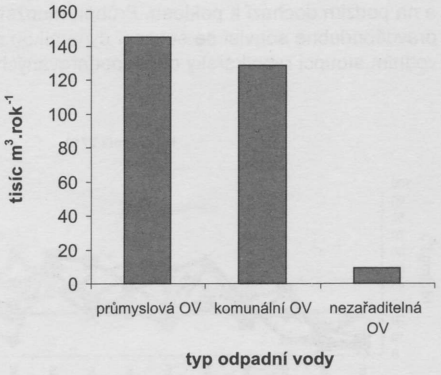
Obr. 4. Rozdělení množství vypuštěných odpadních vod do řeky Bíliny (podle typu znečišťovatele)



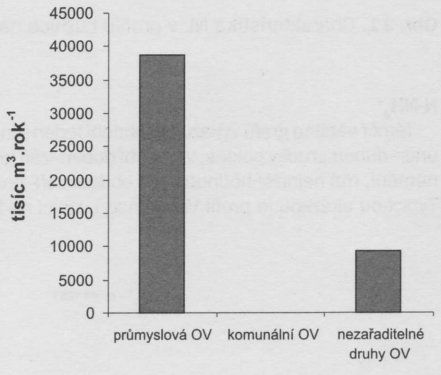
Obr. 5. Celkový původ odpadních vod ze všech typů znečištění do řeky Bíliny



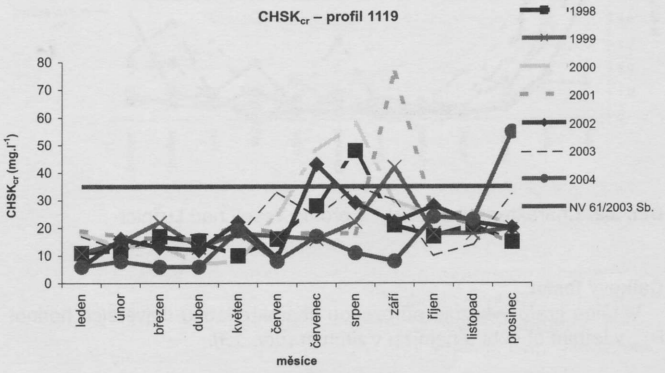
Obr. 6. Rozdělení množství odpadních vod ze všech ČOV ústících do řeky Bíliny



Obr. 7. Rozdělení množství odpadních vod z kanalizací ústících přímo do řeky Bíliny (neprocházejících přes žádnou část ČOV)



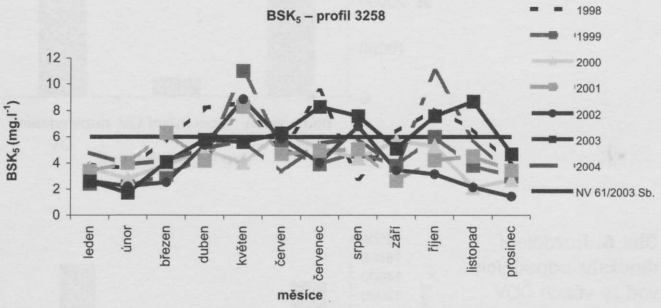
Obr. 8. Rozdělení množství vypouštěných odpadních vod, u kterých není uvedeno, zda pocházejí z kanalizace ústící přímo do recipientu,



Obr. 9. Charakteristika CHSK na řece Bílině v profilu Most

BSK_5

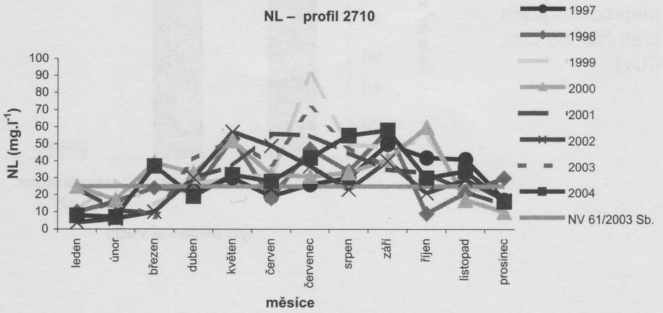
Pro demonstraci sezonní i meziroční proměnlivosti ukazatele BSK_5 na toku Lužnice byl vybrán profil Klenovice (*obr. 10*). Nejnižší hodnota BSK_5 je během zimního období a nárůst během letního období. V povodí Bíliny nelze z grafů vyčíst pravidelné změny během roku, každý graf se chová jinak a většina hodnot je „rozházena" po grafu.



Obr. 10. Charakteristika BSK_5 na řece Lužnici v profilu Klenovice

NL

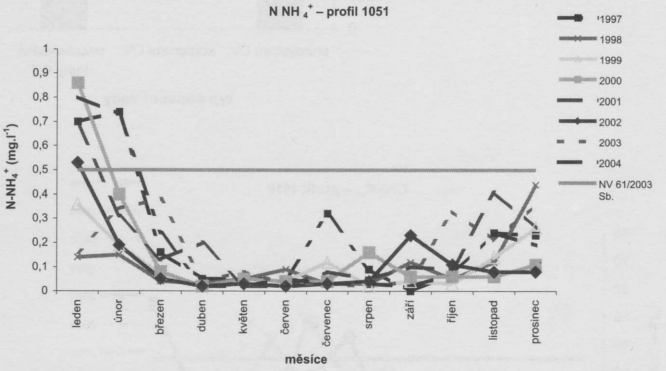
V ukazateli nerozpuštěné látky dochází ve většině profilů k nahodilým výrazným výkyvům (zřejmě vlivem NL při deštích a podobných událostech), které potlačují v grafech názornost jinak běžného kolísání během roku. Výjimečný je profil Lužnice nad Lužnicí, kde mimořádné výkyvy nebyly zaznamenány. Z grafu je jednoznačně vidět postupný nárůst hodnot v zimním období, dále v jarním, v letním křivky dosahují svého maxima a na podzim dochází k poklesu. Průběh množství nerozpuštěných látek pravděpodobně souvisí se sezonní dynamikou rozvoje fytoplanktonu ve vodním sloupci rybníkářsky obhospodařovaných povodí.



Obr. 11. Charakteristika NL v profilu Lužnice nad Lužnicí

$N\text{-}NH_4^+$

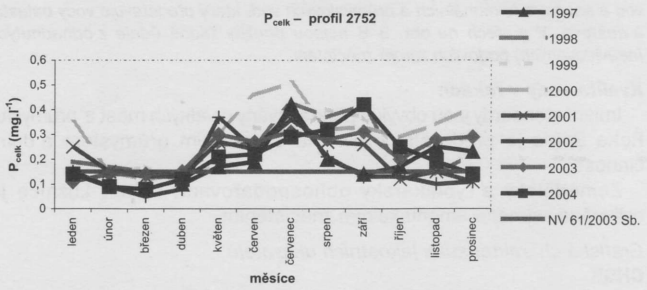
Téměř většina grafů vykazuje v období leden–únor mírný pokles, v období únor–duben prudký pokles, v období duben–září je situace stabilní, příliš se nemění, má nejnižší hodnotu, a v období září–prosinec postupně stoupá. Typickou ukázkou je profil Veselí nad Lužnicí na Nežárce.



Obr. 12. Charakteristika $N\text{-}NH_4^+$ v profilu Veselí nad Lužnicí

Celkový fosfor

Většina grafů vykazuje přirozenou charakteristiku největších hodnot P_{celk} v letním období a nejnižší v zimním (*obr. 13).*



Obr. 13. Charakteristika P_{celk} na řece Nežárce v profilu Dolní Skrýchov

Porovnání množství znečištění z bodových zdrojů a množství znečištění registrované ve zdrojích a odvozené ze sledování profilů řek a jejich přítoků

Množství znečištění v řekách je bilancováno po dílčích povodích (porovnání množství znečištění na začátku dílčího povodí a na konci dílčího povodí). Nárůst znečištění v dílčím povodí byl porovnán s produkcí znečištění z bodových zdrojů znečištění. Výsledky dávají orientační srovnání.

Závěry z orientačního porovnání pro **Lužnici** jsou následující:

- téměř všechny kvantitativní ukazatele – BSK_5, CHSK, NL, P_{celk}, RL_{zih} – vykazují několikanásobně větší množství ve sledovaných profilech než znečištění do toku přivedené z bodových zdrojů,
- množství znečištění $N\text{-}NH_4^+$ přivedeného z bodových zdrojů je téměř shodné nebo větší než množství ve sledovaných profilech,
- velké množství fosforu v Lužnici je zaznamenáno především za třeboňskými rybníky.

Závěry z orientačního porovnání pro **Bílinu** jsou následující:

- kvalita vody se každoročně zlepšuje,
- množství znečištění v toku je téměř ve všech případech větší než množství znečištění přivedené z bodových zdrojů za roky 1997, 1998 a 2004.

Literatura

Havlík, A. aj. Ekologická studie Bíliny II – Kvalita vody a produkce znečištění v povodí Bíliny. Výzkumná zpráva č. 72/240 pro MŽP. Praha : VÚV T.G.M., 1997, 32 s.

Vlasák, P. aj. Ekologická studie Bíliny. Výzkumná zpráva č. 3063/210 pro MŽP. Praha : VÚV T.G.M., 2003.

Just, T. aj. Ochrana jakosti vody vodárenského zdroje Želivka. Dílčí úkol 02: Návrh účinných způsobů nakládání s odpadními vodami. Závěrečná zpráva úkolu VÚV T.G.M., Praha, 1995.

Vysvětlivky

ÚDV – úpravna důlních vod (čerpání důlních vod a čištění důlních vod před vypuštěním do recipientu)

ČS – čerpací stanice (přečerpávání důlních vod přímo do recipientu)

Odlehčovače – v případě velkého zatížení čistíren odpadních vod je část vod především v době dešťů odváděna z kanalizace přímo do recipientu

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101

Ing. Martin Novák
VÚV T.G.M. Praha
e-mail: martin_novak@vuv.cz

Lektoroval Ing. Tomáš Just, leden 2007

Keywords

river basin, industry, Bilina, Luznice, point and diffuse emissions, fish-pond, COD, BOD, phosphorus, nitrogen

Comparison of the river basin influenced by industry with the river basin influenced by intensive agriculture (Novák, M.)

These studies have been carried out at the T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague, since 2004. There are two independent ecology studies of the Bilina and Luznice river basins. The aim of the Bilina ecological study is to update a part of knowledge about the state of the river Bilina from 1997 (Havlík et al., 1997). The study of the Luznice river basin follows up with the experience of the Bilina study and supports missing spaces in the study of this territory. The goal is the monitoring of positive or negative changes in the above river basins, the extension of indicators of water quality and a more detailed quantitative hydrological evaluation. The benefit of the both studies can be seen in the evaluation of the present legislation.

ZNEČIŠTĚNÍ ŘEK KLESÁ – ALE JE TU STÁLE A VYVÍJÍ SE

Josef K. Fuksa, Jan Svoboda

Klíčová slova
řeky, znečištění, specifické polutanty, PPCP, Rámcová směrnice

Souhrn

Znečištění řek se ke konci 20. století systematickou výstavbou a přestavbou čistíren odpadních vod významně snížilo. S poklesem přísunu klasických typů znečištění, charakterizovaných ukazateli typu BSK_5, CHSK, NL však vystupuje význam specifických polutantů, zejména tzv. PPCP (Pharmaceutics and Personal Care Products). Tyto látky nepřicházejí do toků z výroby, kterou lze kontrolovat, ale z používání populací, a řada jich prochází současnými čistírnami odpadních vod. Současné analytické metody umožňují spolehlivé stanovení řady těchto látek – jsou prokazovány v různých složkách vodního prostředí. Jejich akutní riziko pro vodní ekosystémy a jejich užívání zatím není definováno, existuje jen obecně a jen pro látky s endokrinním účinkem a antibiotika, takže ani potřeba řešení není zatím akutní z hlediska praxe.

Vypouštění specifických polutantů a PPCP do dnešních relativně čistých toků vede paradoxně k jejich perzistenci a transportu tokem až do moře. Kontrola spotřeby PPCP není v blízké budoucnosti reálná. Vývoj znečištění tedy obecně vede jen k potřebě nalezení a zavedení přiměřených čistírenských technologií.

◆

Fenomén znečišťování životního prostředí je nedílnou součástí existence lidstva – jakýkoliv rozvoj populace působí změny okolí/prostředí, a ty zase působí na populaci. Pojem populace znamená obecně (v ekologii) skupinu organismů stejného druhu, my samozřejmě budeme uvažovat na úrovni populace našeho druhu *Homo sapiens* L. a jejího segmentu žijícího v povodích Labe, Moravy a Odry v hranicích ČR. Jen občas se zmíníme o populacích a společenstvech vodních organismů.

Pomineme historickou situaci, kdy šlo o pouhé přežití v nepřátelské krajině, snad někdy za lovců mamutů, a přeneseme se do celkem přátelských dob 19. a 20. století. Tehdy se začala zvyšovat životní úroveň všech členů populace, spojená s rozvojem průmyslu a obcí – kromě hmotné úrovně se začala obecně zvyšovat především úroveň hygieny a zdravotní péče. To je spojeno s koncentrací odpadních vod do kanalizovaných systémů, na jejichž konci postupně vznikaly čistírny odpadních vod. S postupující intenzifikací začalo „znečištění" produkovat také zemědělství či užívání půdy. Výsledkem bylo nekontrolované vypouštění odpadních vod do řek – z výtoků kanalizací, průmyslových odpadních vod, a dokonce provozování některých výrobních kroků přímo na březích (textilní průmysl, koželužny apod.). To se od dob britského zákona na ochranu řek (Rivers Pollution Prevention Act) z roku 1876 začalo obecně regulovat – jak vlastní vypouštění, tak čištění.

Boj se znečišťováním

V době nedávné, „po válce", začala otázka rostoucího státního průmyslu a jeho vlivu na také státní vodstvo narážet na problémy podpory rozvoje výroby a neefektivní legislativy na straně ochrany jakosti vody a životního prostředí vůbec. Řešení se dělo výjimkami z legislativy a po paralelních liniích uplatňování vedoucí úlohy KSČ. Nicméně v 80. letech se už celkem rozvíjel rozumný přístup k posuzování přínosů a problémů výrob a vypouštění odpadních vod, k čištění komunálních odpadních vod (výstavba ČOV) atd. Vedla k tomu obecná změna společenských názorů na stav životního prostředí a také tlak zemí na tocích, které opouštějí ČR. Po listopadu 1989 byla s podporou EU urychlena výstavba a přestavba čistíren odpadních vod – nejdříve na velkých zdrojích, a postupně na menších. K tomu přistoupil krach mnohých lokálních výrob–znečišťovatelů (malé škrobárny apod.), změny výroby, a nakonec tlak spojený s přípravou vstupu do EU – implementace směrnic EU, zejména směrnice 96/61/ES (IPPC) a zásadní Rámcové směrnice o vodní politice (2000/60/ES). Pro období 1990–2005 udává Zpráva o stavu životního prostředí České republiky 2005 obrovský pokles sumy vypouštěného znečištění pro standardní ukazatele – pro BSK_5 o 93,5 %, pro $CHSK_{Cr}$ o 87,0 %, pro NL o 91,0 %. To je dáno činností čistíren odpadních vod, nikoliv poklesem produkce znečištění. Pro ukazatel RAS (rozpustné anorganické soli – běžné čistírny je nečistí) je však pokles jen o 10,7 %.

Typický průběh jakosti vody v časové řadě ukazuje *obr. 1* (Labe před a po zastavení vypouštění odpadních vod z papíren v Hostinném). Kromě zásadního poklesu už další „zlepšování" není na grafu s ročními průměry rozlišitelné.

V tomto období byly hlavní kontrolované ukazatele koncentrace rozpuštěného kyslíku, BSK_5, $CHSK_{Cr}$, NL, dusík (celkový, $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$), a změny společenstev vodních organismů kvantifikované jako saprobní index. Dnes z těchto položek prakticky zbývá problém vypouštění dusíku a fosforu jako faktorů eutrofizace a amoniakálního dusíku jako příčiny občasných otrav ryb. Druhý problém je zavedení účinných systémů sběru a čištění odpadních vod na „všechny" zdroje a všechny toky – to má své časové a ekonomické limity. Nicméně je jasné, že za posledních dvacet let došlo k zásadnímu poklesu komunálního i průmyslového vypouštění, charakterizovaného jako nespecifické organické látky, více nebo méně odbouratelné – jak v čistírnách, tak také popřípadě v tocích.

Situace dnes – specifické polutanty a PPCP

Jaká je situace dnes – je stav znečištění „celkem uspokojivý", máme jej pod kontrolou atd.? Pohledem zpět se zdá, že ano, ale přístup k životnímu prostředí v roce 2006 je obecně jiný než v roce 1956, i než v roce 1986. Změna jakosti vody proudící v řekách je patrná na první pohled, i nežádoucí zelené vegetační zbarvení v létě se dříve ztrácelo v hnědé a šedé. Při bližší analýze obsahu nežádoucích látek ve vodách, sedimentech, organismech, při analýze složení vodních společenstev apod. zjišťujeme, že antropogenní tlaky jsou stále významné. Po odeznění masivního znečišťování se jako hlavní antropogenní tlaky na vodní ekosystémy projevují tyto faktory:

- hydromorfologické změny koryt toků a nivy,
- vypouštění minerálních živin (N, P),
- vypouštění specifických polutantů.

První faktor je mimo téma článku, věnujme se hlavně třetímu.

Kromě komunálního znečištění pokleslo významně i vypouštění průmyslových odpadních vod, přinášejících také řadu specifických polutantů – obecně látek, u kterých můžeme určit jejich chemickou stavbu. To je dáno změnami výrob a technologií, čištěním odpadních vod a uplatňováním účinnějších legislativních podkladů. Co se ale také změnilo, je používání výrobků chemického průmyslu v domácnostech a vypouštění produktů tohoto užívání (vedle fosforu a detergentů) s komunálními odpadními vodami. Je definována rozsáhlá skupina látek zvaných PPCP (Pharmaceutics and Personal Care Products), které se do prostředí dostávají zásadně až po svém použití, čili je nelze kontrolovat prostřednictvím standardní kontroly odpadů a odpadních vod z výrob. Cesta do odpadních vod je u vnitřně podávaných látek hlavně přes ledviny močí, u kosmetických preparátů sprchováním, někdy i otěrem předmětů obsahujících PPCP.

PPCP a výrobky, které je obsahují, jsou úspěšné a žádané. Lze tedy jen obtížně regulovat jejich výrobu a prodej na základě toho, že projdou spotřebitelem, kanalizací a čistírnou do řeky. U léčiv pak je představa, že by bylo jejich používání regulováno s ohledem na životní prostředí, alespoň prozatím nerealistická – kromě léčení vysokými dávkami radioizotopů v izolovaných zařízeních apod.

Dále uvádíme příklady PPCP, zjišťovaných v řekách – vybereme ty, které používáme v životě nebo v nouzi:

- léčiva – paracetamol (acetaminophen), kyselina acetylsalicylová, ibuprophen, diclophenac, antibiotika, antiepileptika (carbamazepin, primidon), betablokátory, regulátory tuků (kyselina clofibrová jako jejich základní metabolit, kdysi používaná jako pesticid), orální antikoncepční prostředky (17β-estradiol, mestranol), cytostatika; dále jsou významné různé kontrastní látky a stopovače používané při vyšetřeních;
- kosmetické přípravky – umělá pižma (musky, mošusy) jako nosiče „pravých" vůní veškeré dnešní kosmetiky, aktivní látky filtrů proti spálení do opalovacích krémů.

Tyto látky a jejich metabolity a analoga dnes zjistíme současnými analytickými metodami prakticky ve všech větších řekách – ve vodě, sedimentech nebo tkáních vodních organismů. Můžeme je také indikovat různými biologickými testy. Část těchto látek je „na předpis", část se prodává bez kontroly. Vedle toho jsou z řek známy nálezy např. kokainu a jeho metabolitů, indikující i spotřebu některých nekontrolovaných látek.

Vyplývá z toto několik otázek:

1. Je to opravdu novum, nebo to tak bylo vždycky?

Řada dnešních PPCP před dvaceti lety prostě neexistovala, nebo existovaly jen látky, které byly jejich méně dokonalými předchůdci. Neexistovaly ani metody přímého stanovení těchto látek, takže látky nebyly v prostředí indikovány. Řeky byly obecně zatíženy vyššími koncentracemi odbouratelného organického uhlíku, a tak tyto specifické látky mohly být kometabolizovány vodními bakteriemi s běžnými substráty, zdroji organického uhlíku. Navíc mohly bakterie využívat v bezkyslíkatých zónách (habitatech) i anaerobních metabolických drah, výhodných při degradaci mnoha exotických látek. Dnešní vypouštění do čistých řek tedy paradoxně zvyšuje významnost PPCP i dalších specifických polutantů – „čistou" vodu však už lze zase využívat.

2. Jak je to se závažností hodnocení dopadů na vodní ekosystémy a užívání vody?

Co se týče působení PPCP ve vodních ekosystémech, má veřejnost (aspoň její informovaná část) povědomí o dvou vlivech:

- rezidua antibiotik mohou indukovat rezistenci u potenciálně patogenních bakteriálních kmenů a z banálních průjmových onemocnění po požití „nezajištěné vody" (stačí při koupání v řece) se mohou vyvinout vážnější komplikace. Zdrojem mohou být i chovy hospodářských zvířat. U nás to je spíše potenciální problém, ale v zemích s tradičními potížemi při zajišťování pitné vody jsou tyto problémy vážné;
- rezidua hormonálních antikoncepčních přípravků mohou ovlivňovat endokrinní aktivity vodních organismů. To je standardně prokazováno testy na rybách exponovaných pod výtoky čistíren komunálních odpadních vod: všechny ryby uzavřené v exponované „kleci" začnou tvořit vitellogenin, bílkovinu typickou pro jikry; pokud jsou exponováni samci, vyvinou se také jako samičky. Tato zjištění jsou běžně publikována od poloviny devadesátých let 20. století. Dnes se používá řada moderních specifických testů. Příčinou uvedeného jsou především syntetické antikoncepční prostředky, které jsou na rozdíl od svých přírodních analogů (hormonů) poměrně rezistentní, ale také řada jiných sloučenin používaných ke zcela jiným účelům – v průmyslu, kosmetice atd. Veřejnost je na tuto oblast velmi citlivá; i když jsou koncentrace těchto látek v prostředí velmi nízké, nelze vyvrátit obavu, že se tyto látky mohou objevit (prokázat) i v pitné vodě.

Důležité ve výčtu jsou také látky, které nejsou nové a syntetické, ale nově jsou člověkem šířeny po zemi. Dnes je obecně známo usazování gadolinia v říčních sedimentech u ústí do moře, pocházejícího z jeho používání při testech NMR, čili v naší kategorii „kontrastní látky". K tomu patří např. také šíření palladia používaného v katalyzátorech automobilů.

Otázka, zda a jak tyto látky působí na ekosystémy a na užívání vody, je u většiny PPCP otevřená. V každém případě musíme vzít v úvahu, že jsou to umělé chemické signály, které mohou zmást standardní přenosy informací v systému, tj. hormonální regulaci jedinců, populací a společenstev, a to zdaleka nejen v oblasti regulace sexuálních či rozmnožovacích aktivit. Používá se pro to pěkný a výmluvný termín „hormonální chaos". Ovšem přírodní látky jsou v tomto „chaosu" průběžně odbourávány a regenerovány, zatímco „nové" látky jsou syntetické a vůči bakteriální degradaci v říčních ekosystémech relativně rezistentní.

3. Jak je to s čištěním v čistírnách odpadních vod?

Většina těchto látek přichází v polárním stavu, takže se nesorbuje na kal. Byla publikována řada studií z různých měst a krajin, zahrnujících různé zvyky obyvatelstva, typy čistíren atd. Pokud existují možnosti rozumně vypočítat spotřebu příslušné látky (pro řadu léčiv je spotřeba v ČR v desítkách tun za rok), jsou výsledky studií procesů na cestě spotřebitel–kanalizace–čistírna–recipient velmi proměnlivé. V našem seznamu jsou jen látky, které aspoň podle některých výsledků prokázaně zatěžují řeky jako recipienty. Obecně existují látky zcela rezistentní (antiepileptika, cytostatika). Možnosti odbourávání v klasických čistírnách spočívají zatím v udržování vysokého stáří kalu a v použití membránových technologií, dále jsou perspektivní biofilmové technologie, ošetření UV zářením apod. Studují se také (obecně) možnosti odděleného sběru moči.

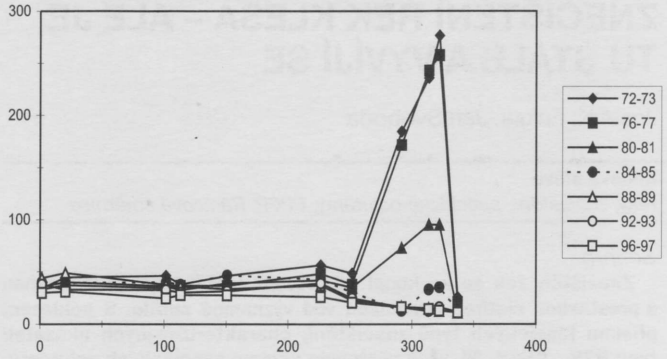
4. Jaká je budoucnost?

Zdá se, že nás čekají období snížených letních průtoků, vyšších letních teplot atd., což pro obce i průmysl velmi zjednodušeně znamená vypouštění odpadních vod do nižších průtoků. To i při současném přístupu ke klasickému znečištění znamená zvýšení požadavků na úroveň čištění. Jak vyplývá z předchozího, u PPCP se nedá příliš spoléhat na „samočištění", a ochrana toků od výtoku čistírny až do moře tedy stojí na technologiích. A samozřejmě, nové PPCP na nás čekají, primárně pro naše dobro, možná ale s nepříjemnými účinky na řeky a přírodu vůbec.

5. Jaké máme nástroje k ochraně/podpoře odstraňování PPCP a specifických polutantů?

Máme dnes k dispozici soubor národních zákonů, nařízení vlády a vyhlášek a hlavně Rámcovou směrnici. Ta pracuje s pojmy ekologický a chemický stav vodních útvarů. Vodní útvar je sice pro sledování jednotlivých výpustí odpadních vod poměrně velká jednotka (v ČR jich je vymezeno 1 141), ale v příslušných podkladech (vrstvách GIS) jsou jednotlivé výpusti zachyceny. Vlastní ekologický stav se hodnotí podle změny složení společenstev (ryby, rostliny, makrozoobenthos) – je nanejvýš pravděpodobné, že na rozdíl od „starého typu" znečištění dnešní koncentrace specifických polutantů a PPCP nezmění druhovou strukturu společenstev, čili neovlivní hodnocení ekologického stavu. To znamená, že hodnocení ekologického stavu problém PPCP nezaznamená. Chemický stav se obecně hodnotí podle zvolených mezních koncentrací vybraných látek, včetně environmentálních standardů kvality (EQS). Jakkoliv je výběr látek i mezních koncentrací stále ve vývoji, nelze očekávat, že se v seznamech objeví vybrané PPCP jako takové a budou standardně monitorovány, dokonce současně ve vodě, sedimentech a biotě. Nicméně Příloha VIII uvádí Směrný seznam hlavních znečišťujících látek, kde pod položkami 4 a 5 můžeme vidět i obecně PPCP:

4. Látky a přípravky nebo jejich štěpné produkty, u kterých byly prokázány karcinogenní nebo mutagenní účinky, nebo vlastnosti, které mohou ovlivnit produkci steroidů, štítnou žlázu, rozmnožování, nebo jiné endokrinní funkce ve vodním prostředí nebo jeho prostřednictvím.



Obr. 1. Změny hodnot $CHSK_{Cr}$ (osa y) v podélném profilu Labe v úseku Klášterská Lhota-Hřensko (osa x, ř. km 0) v období 1972–1997 (průměry za dvouletí, data Ročenka ČHMÚ)

5. Perzistentní uhlovodíky a perzistentní a biologicky akumulovatelné organické toxické látky.

Rámcová směrnice ovšem představuje nástroj pro zlepšování a udržování stavu vodních útvarů a vod na základní úrovni srovnatelné v celém Evropském společenství, zpracovaný na základě konsenzu před rokem 2000. Nemůže tedy předjímat rozvoj některých typů antropogenních tlaků, které zatím nemají prokázaný zásadní dopad na současné představy o jakosti a využitelnosti vod či vodních ekosystémů. Směrnice je ovšem evropská, čili počítá s ochranou toků až do moře, a transport specifických polutantů se může ukázat jako vážný problém. Evropský systém má ovšem řadu pojistek, např. pravidelnou aktualizaci Přílohy X (Seznam prioritních látek) nebo novelizovanou směrnici o koupacích vodách.

Závěr

Vypouštění specifických polutantů a PPCP do relativně čistých toků vede paradoxně k jejich perzistenci a k transportu tokem až do moře. Kontrola spotřeby PPCP není v blízké budoucnosti reálná. Obecně to vede k potřebě nalezení a zavedení přiměřených čistírenských technologií. Současné analytické metody umožňují spolehlivé stanovení řady těchto látek v různých složkách vodního prostředí, stejně tak existují postupy sledování transformačních a transportních procesů těchto látek. Akutní riziko pro vodní ekosystémy zatím není definováno, existuje jen obecně a jen pro látky s endokrinním účinkem a antibiotika, takže ani potřeba řešení není akutní z hlediska praxe. Z hlediska výzkumu je potřeba řešení akutní již dnes (působení PPCP na ekosystémy, jejich osud a transformace v tocích, výzkum poerspektivních technologií odstraňování).

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101.

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc., Mgr. Jan Svoboda
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 330, 220 197 340
Lektoroval Ing. Tomáš Randák, Ph.D., listopad 2006

Key words
river, pollution, specific pollutants, PPCP, Water Framework Directive

Pollution of rivers decreases, but persists and also develops (Fuksa, J. K., Svoboda, J.)

Pollution of rivers has been decreased significantly as a result of systematic construction and re-construction of wastewater treatment plants. Nevertheless, with the decrease in the discharge of classical type pollution (characterised by B.O.D. 5, C.O.D., S.S.), the significance of specific pollutants is rising, especially that of PPCP (Pharmaceutics and Personal Care Products). PPCP are not discharged from the production plants, which can be controlled, but after their use by the population. Many of the PPCP pass through common wastewater treatment plants. Current analytic methods enable a reliable determination of these substances, and evidence exists on their presence in various components of the water environment. Any acute risk to water ecosystems has not yet been defined, it exists, only on a general level, for substances with the endocrine function and for antibiotics. Thus the need for a solution is not very urgent from the „practical" point of view

Discharging of specific pollutants and PPCP to relatively clean rivers leads, as a paradox, to the persistence of PPCP and to their transport down to the sea. The control of PPCP consumption does not seem realistic in the near future. So, the development of pollution leads only to a need for finding and introducing new appropriate wastewater treatment technologies.

PRŮZKUM SEDIMENTŮ V OBLASTI PŘÍTOKU MORAVICE DO VODNÍ NÁDRŽE SLEZSKÁ HARTA

Jiří Šajer

Klíčová slova
sedimenty, akutní toxicita, těžké kovy, pesticidy

Souhrn

Ve výluhu z říčních sedimentů odebraných v oblasti přítoku do vodní nádrže Slezská Harta byla pomocí zkoušky akutní toxicity na luminiscenčních bakteriích zjištěna toxicita. Níže umístěná vodní nádrž Kružberk slouží jako zdroj pro zásobování obyvatelstva pitnou vodu. To byl hlavní důvod, proč se ostravská pobočka VÚV T.G.M. v rámci Projektu Odra III realizovaného v letech 2003 až 2006 pokusila objasnit příčiny výše uvedené toxicity. Chemické analýzy sedimentů se zaměřily na těžké kovy a speciální organické znečištění.

Vzhledem ke zjištění toxicity ve výluhu z říčních sedimentů z oblasti přítoku Moravice do vodní nádrže Slezská Harta byl ostravskou pobočkou VÚV T. G. M. prováděn v rámci Projektu Odra III výzkum s cílem zjistit příčinu této toxicity. Význam výzkumu podtrhuje fakt, že blízká, níže po toku umístěná nádrž Kružberk je zdrojem pitné vody.

Použité analytické metody

Příprava vzorků sedimentů pro analýzu organických látek

Používala se frakce s velikostí částic < 2 mm, stanovil se obsah vody (sušina). Navážka sedimentu byla 5–10 g podle předpokládaného obsahu analytů. Extrakci předcházelo vysušení sedimentu bezvodým síranem sodným.

Analýza polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), polychlorovaných bifenylů (PCB) a (poly)chlorovaných pesticidů OCP

Pro výše uvedené analyty byla použita extrakce v Soxhletově extraktoru se 100 ml směsného rozpouštědla – hexan : diethylether (3 : 1). Extrakt byl následně zahuštěn v Kudrna-Danishově koncentrátoru na objem 10 ml. Potřebná část tohoto extraktu pro stanovení PAU byla odebrána, vyčištěna od interferujících látek, převedena do acetonitrilu a dále použita pro analýzu na kapalinovém chromatografu s fluorescenčním detektorem (metoda HPLC). Druhá hexanová část extraktu byla dále zahuštěna, vyčištěna od interferujících látek a použita pro stanovení PCB a OCP na plynovém chromatografu s ECD detektorem.

Analýza triazinů

Vysušený sediment byl extrahován v ultrazvukové lázni ethylacetátem. Extrakt byl zahuštěn, vyčištěn pomocí sloupcové chromatografie a analyty převedeny do rozpouštědla acetonitril : voda (1 : 1). Pro stanovení triazinů byla použita HPLC s DAD (Diode-Array Detection) detektorem.

Hodnocení výsledků chemických analýz

Všechny vzorky sedimentu odebrané v roce 2006 byly výrazně netoxické. Výsledky chemických analýz z roku 2006 byly proto porovnány s výsledky analýz z roku 2005. V *tabulce 1* jsou uvedeny všechny ukazatele, jejichž koncentrace byly v toxických sedimentech z roku 2005 vyšší než maximální zjištěné koncentrace v netoxických sedimentech z let 2005 a 2006. Jejich zvýšený obsah v sedimentech tedy mohl souviset s akutní toxicitou, která byla zjištěna ve výluhu pomocí zkoušky akutní toxicity říčních sedimentů na luminiscenčních bakteriích *Vibrio fischeri* v roce 2005.

Výsledky analýz byly seřazeny podle jednotlivých profilů ve směru toku, aby bylo možno znázornit graficky vývoj jakosti sedimentu v podélném profilu. Číslování profilů bylo použito ve směru toku dolů, takže nejvýše položený profil má číslo jedna – *tabulka 2.*

Tabulka 1. Nejvyšší hodnoty ukazatelů v toxických sedimentech

Číslo vzorku	488	232	489	492	491	490	226	483	227	228	Maximum v netoxických sedimentech 2005–2006
Název	Moravice - nad Břidličnou - LB	Moravice - nad Břidličnou - PB	Moravice - nad Břidličnou - PB	Náhon nad Břidličnou - ústí	Moravice - pod Břidličnou - PB	Moravice - pod Břidličnou - LB	Moravice - nad Slezskou Hartou - LB	Moravice - nad Slezskou Hartou - LB	Moravice - nad Slezskou Hartou - SL	Moravice - nad Slezskou Hartou - SP	
$P_{celk.}$ mg.kg^{-1}	955	801	1021	**1253**	**1449**	**1420**	976	**1249**	**1464**	1080	**1189**
Cd mg.kg^{-1}	< 2	< 2	< 2	< 2	**2,8**	**2,8**	< 2	< 2	< 2	< 2	**0**
Pb mg.kg^{-1}	51	40	**78**	**77**	**84**	**89**	45	**77**	66	47	**77**
Zn mg.kg^{-1}	175	126	191	**244**	**267**	**268**	170	**217**	**276**	196	**217**
Fenantren mg.kg^{-1}	2,57	1,08	**9,46**	1,03	0,727	1,03	2,21	1,66	1,06	1,58	**4,6**
Antracen mg.kg^{-1}	0,59	0,286	**1,64**	0,254	0,115	0,185	0,578	0,277	0,267	0,448	**0,894**
PCB K 118 µg.kg^{-1}	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,2	**3**	1,8	**2,9**	**2,1**
Aldrin µg.kg^{-1}	< 0,5	0,5	**3,9**	**1,7**	**2,5**	**3,2**	**1,3**	<0,5	1	**1,3**	**1,1**
a-Endosulfan µg.kg^{-1}	< 0,5	< 0,5	**1,8**	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,7	0,5	**1,4**
Endrin µg.kg^{-1}	0,6	0,8	1	0,7	0,8	0,8	1,6	**4,1**	1,2	1,4	**2**
b-Endosulfan µg.kg^{-1}	0,5	**6,3**	2,1	0,5	1,1	2,1	**9,4**	1,8	1,3	2,4	**5,6**
Toxicita	slabě toxický		toxický	toxický	slabě toxický	toxický	toxický	toxický	silně toxický	silně toxický	

číslo hodnota je vyšší než maximum zjištěné v netoxických sedimentech z let 2005 a 2006

číslo hodnota je rovna maximu zjištěnému v netoxických sedimentech z let 2005 a 2006

číslo hodnota je nižší než maximum zjištěné v netoxických sedimentech z let 2005 a 2006

Pro sledované ukazatele pak byly sestrojeny grafy podélného profilu. Jako ukázku uvádíme *obrázek 1* pro ukazatel zinek. Na obrázku je patrný výrazný pokles koncentrací zinku v sedimentech odebraných na jaře v roce 2006 oproti roku 2005. MAR je zkratka pro maximální akceptovatelné riziko (Indicative maximum accetable risk level substances in sediment derived from the values for water) podle Biba [3]. Jak je patrno z *tabulky 1* na *Vibrio fischeri* nepůsobila toxicky ještě koncentrace zinku 217 mg.kg^{-1}, zjištěná v odebraných vzorcích sedimentu. Za reálně zvolenou hodnotu geochemického pozadí pro zinek v povodí Odry považuje Raclavská [2] hodnotu 95 mg.kg^{-1}. Tato hodnota je v podstatě totožná s hodnotou pro břidlici, kterou udává Turekian [1].

Na *obrázku 2* můžeme sledovat výrazný pokles koncentrací aldrinu na jaře roku 2006 oproti hodnotám zjištěným v létě roku 2005. TV (Target Value) je testovací hodnota představující zabezpečený stupeň ochrany všech druhů organismů v daném ekosystému v intervalu 95–50 % [4]. Pro aldrin se udává 0,06 µg.kg^{-1}. V Moravici je překračován, nedosahuje však maximálního přípustného rizika MPC (Maximum Permissible Concentracion), které zabezpečuje 95% ochranu všech druhů organismů v ekosystému (při kterém se může daný ekosystém normálně rozvíjet a fungovat) a které je pro aldrin udáváno 6 µg.kg^{-1}.

Závěr

Výsledky analýz nabízejí závěr, že pokud příčinou akutní toxicity byl některý z ukazatelů zahrnutý ve výsledcích provedených chemických analýz, pak nejspíše jde především o aldrin a zinek. V ojedinělých případech se pak na toxicitě mohly podílet ukazatele jako a-endosulfan, b-endosulfan, kongener PCB 118, fenantren, antracen, olovo, kadmium, popřípadě některé další ukazatele, jejichž sledování nebyla prováděna. Je zajímavé, že toxické sedimenty měly obvykle vyšší obsah celkového fosforu. Lze usuzovat, že hlavní příčinou zjištěné akutní

Tabulka 2.
Číslování profilů

Profil číslo	Název profilu
1	Moravice-nad Břidličnou
2	Náhon nad Břidličnou-ústí
3	Moravice-pod Břidličnou
4	Moravice-nad Slezskou Hartou

Tabulka 3. Bodové zdroje znečištění nad nádrží Slezská Harta evidované v SVB

Bodový zdroj znečištění	Recipient	Říční kilometr
HORSKÝ HOTEL KAMZÍK KARLOV – ČOV	Kapličkový potok	98,5
FERRUM FORM MALÁ MORÁVKA	Moravice	96,0
OÚ MALÁ MORÁVKA – ČOV	Moravice	94,5
OÚ DOLNÍ MORAVICE – ČOV	Moravice	91,0
OBEC STARÁ VES – ČOV	Podolský potok	10,0
MĚSTSKÉ SLUŽBY RÝMAŘOV – ČOV Mlýnská	Podolský potok	6,0
RODINNÉ DOMKY RÝMAŘOV	Podolský potok	4,9
MĚSTSKÉ SLUŽBY RÝMAŘOV – ČOV	Podolský potok	4,0
OBEC RYŽOVIŠTĚ – kanalizace	Polička	4,0
AL INVEST BŘIDLIČNÁ	Moravice	81,0
MOS – ČOV BŘIDLIČNÁ	Moravice	80,9

toxicity v předchozích letech byly především staré ekologické zátěže, které byly vyplaveny na jaře roku 2006 po dlouhotrvající zimě 2005 až 2006 bohaté na sněhovou nadílku ještě před tím, než se uskutečnily poslední odběry sedimentu ze sledovaných lokalit v prostoru horní Moravice. Pro názor, že jde skutečně o staré ekologické zátěže způsobené pesticidy, hovoří i to, že se v minulosti vyskytovaly toxické koncentrace pesticidů na některých lokalitách nacházejících se nad nádrží Slezská Harta. Například možno uvést otravu ryb v levostranném přítoku Moravice – Kočovském potoce 30. 4. 1972 [5]. Zinek se do povrchových vod může dostávat z některých bodových zdrojů znečištění. V Souhrnné vodní bilanci (dále jen SVB) bylo nad nádrží Slezská Harta evidováno jedenáct bodových zdrojů znečištění (*tabulka 3*), z nichž je sledování zinku ve vypouštěných odpadních vodách evidováno Registrem průmyslových zdrojů pouze u AL INVEST BŘIDLIČNÁ.

Literatura

[1] Turekian, KK. and Wedepohl, KH. Distribution of the elements in some major units of the earth´s crust. Bull. Geol. Soc. America 72, 1961, p. 175-192.

[2] Raclavská, H. a Matýsek, D. Geochemické pozadí obsahu těžkých kovů v horninách severní Moravy (expertní posudek zpracovaný pro Projekt Odra II). Ostrava : VŠB-TU, 2002.

[3] Bibo, BH. Advanced Enviromental Sanitarion – Hazardous Compounds, 1991.

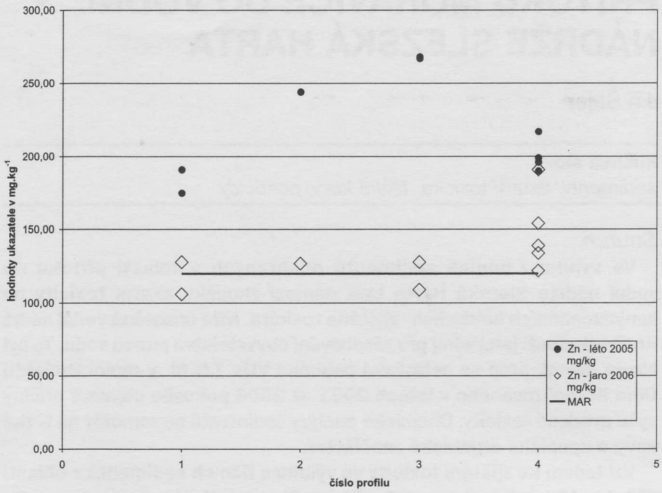
[4] Metodický pokyn MŽP Slovenskej republiky z 29. 8. 1998 č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov vodných nádrží.

[5] Pochyla, J. Ochrana vodárenské údolní nádrže Kružberk před zemědělským znečištěním. Vodní hospodářství B, roč. 22, 1972, č. 11, s. 283.

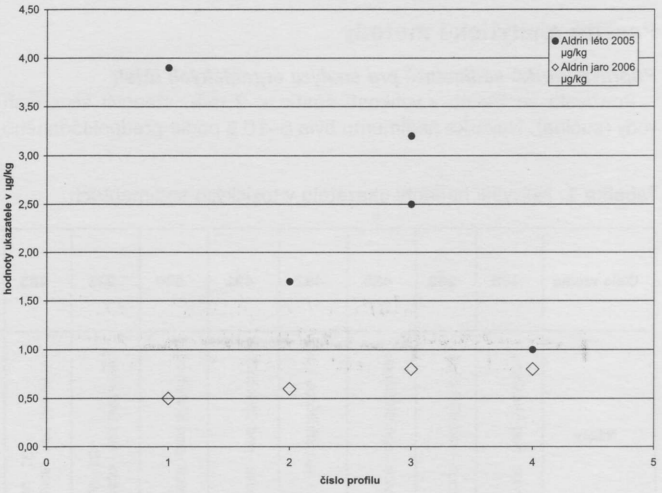
Ing. Jiří Šajer
VÚV T.G.M., pobočka Ostrava
tel. 596 134 181/42
e-mail: jiri_sajer@vuv.cz

Lektoroval Ing. Jiří Medek, leden 2007

Obrázek 1. Podélný profil jakosti sedimentu v Moravici pro ukazatel zinek



Obrázek 2. Podélný profil jakosti sedimentu v Moravici pro ukazatel aldrin



Keywords
sediments, acute toxicity, heavy metals, organic pollution

Sediment survay in the territory where the Moravice river affluent to the water reservoir Slezská Harta (Šajer, J.)

Acute toxicity was detected by means of acute toxicity test on Vibrio fischeri in the extract of the sediment taken away from the territory where the Moravice river affluents to the water reservoir Slezská Harta. The water reservoir Kružberk down the river is serving as a water source for drinking water supply. That is the reason why WRI T.G.M. Branch Office Ostrava during Project Odra III tried to clarify causes of toxicity. Chemical analysis was focused on heavy metals and organic pollution.

Publikace s hydrologickou tematikou vydané v období 2005–2006

Vliv velkých údolních nádrží v povodí Labe na snížení povodňových průtoků (ed. O. Novický a kol., ISBN 80-85900-56-4)

Publikace shrnuje výsledky projektu Vliv, analýza a možnosti využití ochranné funkce údolních nádrží pro ochranu před povodněmi v povodí Labe, zaměřeného na odvození možného zmenšení povodňových průtoků na Labi, Vltavě a Ohři účinkem retenční funkce nádrží s rozhodujícím vymezeným retenčním prostorem. Základním cílem bylo posoudit vliv údolních nádrží na povodně na Labi v profilu Děčín, byly též posouzeny povodňové průtoky a míra jejich ovlivnění manipulacemi nádrží v profilech Vltava-Praha, Labe-Mělník, Ohře-Louny a Labe-Ústí nad Labem, (Publikace je rozebrána, k dispozici je pouze anglická verze – ISBN 80-85900-61-0.)

Vodní zdroje vnitrosudetské pánve
(J. Procházková a kol., ISBN 80-85900-58-0)

Publikace shrnuje výsledky česko-polské spolupráce při monitoringu a modelování v letech 1975–2004). Monitorovací průzkumy systému oběhu vody na území vnitrosudetské pánve v příhraničním pásmu Polska a ČR zahrnovaly pozorování hladin podzemní vody, vodních stavů a průtoků povrchových vod, vydatností pramenů a chemismu podzemních a povrchových vod. Po r. 1994 byl systém monitoringu rozšířen o společná česko-polská expediční měření, periodickou bilanci oběhu podzemních vod a zpracování matematického modelu hydrodynamických poměrů podzemních vod.

Pokračování na s. 20

Obsah časopisu VTEI – ročník 2006

Jaké změny čekají Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (Petružela, L.) 1/1
Výzkumný záměr „Voda" po prvním roce řešení (Fuksa, J. K.) 2/1
Výzkumný záměr „Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje" (Kulovaná, M.) 4/1
Vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi (Hanslík, E., Ivanovová, D., Šimonek P.) 6/1
Porovnání vypovídací schopnosti fytobentosu a zoobentosu o jakosti tekoucích vod (Forejtníková, M., Heteša, J., Marvan, P.) 9/1
Obsah časopisu VTEI – ročník 2005 (redakce) 12/1
Nové výpočetní možnosti a environmentální modelování (Blažková, Š., Salinger, P.) 13/1
Vodní bilance a rámcová směrnice pro vodní politiku EU (Zeman, V.) 15/1
Přírůstky v knihovně VÚV T.G.M. (Heiclová, A.) 17/1
Problematika povrchových splachů odtékajících z dálniční sítě (Beránková, D., Brtníková, H., Kupec, J., Huzlík, J., Jandová, V.) 18/1
Publikace VÚV T.G.M. – Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR (redakce) 20/1
Stanovení chloridů mikrocoulometrickou titrací (Sikora, E.) 1/2
Porovnání zatížení organickými polutanty řek Odry a Moravice pasivním vzorkováním pomocí semipermeabilních membrán (Šajer, J.) 3/2
Oprámy u Kaznějova – příklad neřešené ekologické zátěže (Eckhardt, P.) 5/2
Jaký výzkum je potřeba v povodí Labe? Výsledky dotazníkového průzkumu k hlavním problémům vodního hospodářství a potřebného výzkumu v povodí Labe na území ČR (projekt NeWater) (Martínková, M., Blažková, Š., Hesse, C., Krysanova, V., Košková, R.) 7/2
Lososové a kaprové vody (Kladivová, V., Svobodová, J.) 10/2
Zdroje financování projektů ochrany vod (ČOV, kanalizace) (Grünwaldová, H.) 12/2
Publikace VÚV T.G.M. – Hydroecological Study of the Jizera River Catchment and the Jizera Mountains (z lektorského posudku prof. Ing. J. Zezuláka, DrSc.) 16/2
Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území (Drbal, K..) 1/3
Publikace VÚV T.G.M. – Využití juvenilních ryb v rámci monitoringu kontaminace vodního prostředí cizorodými látkami *(redakce)* 5/3
Projekt Morava IV. Informace o zaměření, cílech, členění, způsobu řešení a dílčích výsledcích projektu VaV v roce 2005 *(Šunka, Z. a kol.)* 6/3
Hodnocení výskytu pesticidních látek v povrchových vodách oblasti povodí Moravy *(Beránková, D., Forejtníková, M., Vejvodová, J.)* 8/3
Sledování mokřadů v oblasti dolního Podyjí v rámci Projektu Morava *(Rozkošný, M., Heteša, J., Marvan, P.)* 10/3
Zimní provoz biologických nádrží *(Felberová, L.)* 13/3
HEIS VÚV v roce 2006 *(Picek, J.)*. 14/3
Sledování nebezpečných složek ve vybraných odpadech. Hodnocení složení a vlastností odpadů *(Hudáková, V., Kulovaná, M., Koch, K., Kočí, V., Vosáhlová, S.)* 17/3
Konference „PITNÁ VODA 2006" *(Hubáčková, J.)* 20/3

12. Magdeburský seminář v Českém Krumlově

Ve dnech 10.–13. října 2006 proběhl v Českém Krumlově již 12. Magdeburský seminář o ochraně vod. Pořadatelem celé akce byl státní podnik Povodí Vltavy ve spolupráci s Mezinárodní komisí na ochranu Labe (MKOL), Ministerstvem životního prostředí České republiky, Ministerstvem zemědělství České republiky, Střediskem pro výzkum životního prostředí (UFZ Leipzig-Halle GmbH), Spolkovým ústavem hydrologickým (BfG Koblenz) a dalšími partnery. Hlavním tématem, které bylo obsaženo i v podtitulu semináře, byla problematika související se zaváděním směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES (tzv. Rámcové směrnice o vodách).

Celkem se jednání zúčastnilo přes 250 odborníků z ČR i ze zahraničí. Nechyběli ani zástupci z poměrně vzdálených zemí, jako je Ghana nebo Nepál. Význam semináře tak definitivně přerostl rámec česko-německé spolupráce. O to víc je s podivem, že jako jednací jazyky byly zvoleny čeština a němčina. Lze to považovat za krok zpět oproti předchozímu 11. semináři v Lipsku, kde byla jednacím jazykem angličtina. Opětovné zavedení angličtiny by nejen snížilo náklady spojené s překladatelskou činností během odborných jednání, ale zároveň by přispělo ke zvýšení prestiže a kvality celého semináře.

Odborný program byl rozdělen do tří bloků, během kterých bylo přednesenо 45 příspěvků. Poměrně velký prostor byl věnován i prezentaci posterů. Obecně lze z hlediska obsahu semináře konstatovat, že v něm převažovaly různé strategie managementu a vize vodohospodářské politiky nad odbornou problematikou; např. oproti dřívějším seminářům ubylo příspěvků zabývajících se výzkumem, jehož výstupy jsou schopné obstát v mezinárodní konkurenci. Ve výrazné menšině byly zastoupeny analýzy vývoje biotické složky říčních ekosystémů. Ze strany managementu nebyly prezentovány žádné opravdu moderní revilitalizační metody, které na jedné straně chrání krajinu a aglomerace před povodněmi a na straně druhé zvyšují biologický potenciál toku. Takové studie jsou dnes běžně realizovány např. v sousedním Německu (Bavorsko), Anglii apod.

Blok „Rámcová směrnice o vodách (WFD)" se, jak již sám název napovídá, zabýval implementací této směrnice. Své zkušenosti zde přednesli odborníci z ČR i ze zahraničí. Na základě jejich příspěvků tak byl utvořen ucelený obraz vývoje a současného stavu dané problematiky v rámci EU.

Druhý blok, nazvaný „Extrémní hydrologické vlivy", hodnotil protipovodňovou ochranu, modelování vlivu změn klimatu a v neposlední řadě také rizikovost antropogenních změn krajiny jako povodňového faktoru. V rámci tohoto bloku byly předneseny i příspěvky obhajující plánovanou výstavbu nových umělých nádrží v ČR, které by měly zajistit zadržení vody v krajině v případě extrémních klimatických jevů. Tento jistě kontroverzní projekt však byl prezentován převážně z vodohospodářského hlediska. Negativní vliv výstavby umělých nádrží na původní ekosystémy tekoucích vod, který je obecně známým faktem opakovaně potvrzeným i v našich podmínkách, byl opomenut. Je otázkou k diskusi, zda problém zadržení vody v krajině lze řešit pouze výstavbu nových nádrží, protože existují i alternativní modely. Je nezbytné zvážit také další aspekty všech plánovaných zásahů, jako je např. možná degradace ekosystémů, která bezpochyby povede k zařazení zasažených lokalit do nejnižších tříd hodnocení kvality tekoucích vod podle Rámcové směrnice (WFD), ekonomická zátěž a v neposlední míře také sociální dopady na obyvatelstvo. Je tedy zřejmé, že problematika zadržení vody v krajině bude vystavena odborné a především složité diskusi.

Poslední blok „Plánování v oblasti vod" nabídl posluchačům poměrně pestrou směs příspěvků, jejichž společným jmenovatelem bylo znečištění říčního prostředí. Konkrétně zde byla přiblížena problematika kontaminace sedimentů cizorodými látkami či revitalizace toků, jejichž morfologie byla pozměněna antropogenními vlivy. Dva příspěvky se zabývaly i vlivem znečištění na chování ryb a akumulaci cizorodých látek v jejich organismu.

Závěrem bych rád vyzdvihl profesionalitu a nasazení, s jakým se pořadatelé zhostili svého úkolu. Kromě výborné organizace odborné části nebyl opomenut ani společensko-kulturní význam tohoto setkání. Význam Magdeburského semináře zvyšuje i fakt, že se v návaznosti na jeho konání v Českém Krumlově uskutečnilo i zasedání Mezinárodní komise na ochranu Labe (MKOL) a mezinárodního výboru organizace International Network of Basin Organizations (INBO a CEE NBO).

Ing. Pavel Horký
VÚV T.G.M. Praha
pavel_horky@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka děkuje profesoru K. J. Bevenovi z univerzity v Lancasteru ve Velké Británii za časopis Hydrological Processes, ročníky 1989 až 2006.

Tento dar je příspěvkem k obnově knihovny VÚV T.G.M., zničené při povodni v roce 2002.

Návrh jednotné metodiky pro stanovení obsahu rtuti, olova a kadmia v přenosných bateriích

Baterie a akumulátory jsou součástí velkého množství elektrozařízení. Je proto nutné se zabývat i odpadem přenosných baterií a jejich možným vlivem na životní prostředí jak při následném nakládání s použitými přenosnými bateriemi, tak ale i ve fázi jejich výroby, která musí omezit obsahy nebezpečných složek, jako je rtuť, kadmium a olovo.

Dosud platné předpisy EU vztahující se k povinnostem při nakládání s bateriemi a akumulátory jsou v České republice promítnuty v § 31 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech. Pro kontrolu dodržování povinností, které z toho vyplývají, je nutné, aby státní orgány měly možnost pomocí analýz ověřit, zda osvědčení předkládaná výrobci baterií odpovídají skutečnosti.

Ověřování metod stanovení obsahu rtuti, olova a kadmia v přenosných bateriích bylo zahájeno v roce 2005 a pokračovalo i v roce 2006 jako součást rozsáhlejšího projektu v rámci výzkumného záměru „Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje" – MŽP 00020711 02. Aktuálnost této problematiky dokládá i nová směrnice řešící problematiku výroby a nakládání s bateriemi a akumulátory – směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/66/ES o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a o zrušení směrnice 91/157/EHS, která byla v Evropské unii přijata 6. září 2006. Povinnosti vyplývající z této směrnice musí všechny členské státy promítnout do svých právních předpisů do 26. září 2008. Tato směrnice rovněž zakazuje uvádět na trh baterie a akumulátory obsahující více než 0,0005 % hmotnostních rtuti a přenosných baterií a akumulátorů obsahujících více než 0,002 % hmotnostních kadmia.

V roce 2006 byly ověřovány společné standardní analytické metody stanovení rtuti (Hg), kadmia (Cd) a olova (Pb) v alkalických manganových článcích s využitím rozkladu kyselinou dusičnou a peroxidem vodíku a následně analyzovány metodou ICP-OES (optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem) na přístroji IRIS Intrepid II XSP firmy Thermo Elemental. Ke stanovení rtuti byl použit analyzátor AMA-254 (jednoúčelový analyzátor pro stanovení rtuti na principu AAS) firmy Altec.

Obr. 1.
Kompletní demontáž obalu Zn kalíšku článku GP SUPERCEL (AA R6)

Při rozkladu baterií se vycházelo z postupu, který je doporučován asociacemi výrobců baterií. Vzorky byly rozloženy kyselinou dusičnou a peroxidem vodíku a následně analyzovány metodou ICP-OES a AMA-254. Aby bylo možno porovnat účinnost tohoto rozkladu vzorků a rozkladu použitého v předešlém roce, byly pro analýzy vybírány stejné typy baterií. Jejich výběr byl rozšířen ještě o baterie dalších dvou výrobců. V roce 2005 byla pozornost zaměřena zejména na předúpravu vzorků a poté stanovení Hg. Mineralizáty vzorků byly uchovány a bylo tedy možno dodatečně proměřit rovněž obsah Cd a Pb a následně získané výsledky pro jednotlivé typy rozkladů porovnat.

Příprava vzorků pro samotnou analýzu probíhala po demontáži obalu. Aby bylo možné vyloučit vliv obsahu Hg, Cd a Pb v samotném obalu při přepočtu analyzovaných obsahů na celkovou hmotnost přenosných baterií, byly provedeny i analýzy samotných obalů přenosných baterií. Tyto analýzy potvrdily, že při přepočtu analyzovaného obsahu Hg, Cd a Pb ve vzorcích bez obalu na celkovou hmotnost baterie je obsah těchto látek v obalu, který se před přípravou vzorku odstraňuje, nepodstatný a neovlivní tedy obsah povolený směrnicí Evropské unie.

Bylo ověřeno, že při rozebírání článků na jednotlivé komponenty není možné zaručit dodržení kvantitativní přesnosti při přípravě vzorku. Proto bylo doporučeno vztahovat výsledky zkoušek na hmotnost celého (kompletního) článku včetně obalu v okamžiku jeho přípravy k analytickému stanovení.

Byly porovnávány výsledky analýz získané v obou letech řešení této problematiky, a to podle použitého rozkladného činidla – kyselina dusičná, kyselina dusičná s peroxidem vodíku, lučavka královská. V navržené metodice je doporučeno používat analytickou metodu s využitím rozkladu kyselinou dusičnou a peroxidem vodíku.

Analýzy provedené v laboratořích VÚV T.G.M současně potvrdily, že obsah rtuti byl u všech zkoumaných tužkových baterií (typ AA) od různých výrobců nižší než 0,0001 % hm. U kadmia byl však v několika případech obsah vyšší než povoluje směrnice Evropské unie, tj. < 20 mg/kg.

Součástí závěrečné zprávy výzkumného záměru za rok 2006 je i příloha s navrženým postupem pro „Stanovení obsahu Hg, Cd a Pb v odpadech elektrochemických článků", který vychází z ověřených postupů prováděných v laboratořích Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v průběhu let 2005 a 2006. Tato zpráva je k dispozici v knihovně VÚV T.G.M. v Praze.

Ing. Věra Hudáková, Ing. Hana Zámečníková
Tel. 220 197 470, 220 197 203
VÚV T.G.M.

Publikace s hydrologickou tematikou vydané v období 2005–2006

Jarní povodeň 2006 v České republice (ed. L. Kašpárek, O. Novický, ISBN 80-8590061-0)

Publikace vychází ze souhrnné zprávy úkolu řešeného v průběhu roku 2006. Zabývá se zejména toky Dyje, střední a dolní Moravy, Sázavy a Lužnice s Nežárkou, kde bylo během povodně místy dosaženo průtoků s dobou opakování 50 let i více. Obsahuje informace o meteorologickém a hydrologickém vyhodnocení povodně, o vlivu manipulací na nádržích a rozlivu v inundačních územích na průběh povodně, o dopadu povodně na kvalitu vody, o vzájemných vztazích mezi krajinou a povodní, ale též přehled povodňových škod a dopadů na obyvatele a také popis činnosti povodňových orgánů a orgánů krizového řízení.

Climate change and water regime in the Czech Republic (ed. L. Kašpárek, O. Novický, ISBN 80-85900-63-7)

Publikace se zaměřuje na regionální dopady klimatických změn na vodní režim v České republice, a to z různých pohledů. Jedním z nich je např. analýza příčin extrémního snížení průtoků v Metuji v roce 2004. Dále se materiál zabývá možnostmi snížení dopadu klimatických změn prostřednictvím stavby nových nádrží či modelováním dopadů klimatických změn na vodní režim a také vodní politikou EU v souvislosti s proměnlivostí klimatu.

Informace o publikacích lze získat v sekretariátu odboru hydrologie (220 197 263) nebo v redakci (220 197 282, 322).

Redakce

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Ročník 49 **ISSN 0322 - 8916**

Kontakt: Mgr. Sylva Garcíová – redaktorka
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 62 Praha 6

Redakční rada: Ing. Jiřina Barchánková, RNDr. Dana Baudišová, PhD., Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Šárka Blažková, DrSc., RNDr. Blanka Desortová, CSc., Ing. Jana Hubáčková, CSc., RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Ivan Koruna, CSc., Ing. Václav Matoušek, DrSc., RNDr. Hana Mlejnková, PhD., Ing. Věra Očenášková, Ing. Dagmar Sirotková, Ing. Václav Šťastný, Ing. Naďa Wannerová, Ing. Václav Zeman