

## VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

### VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA PO POVODNÍCH

V srpnu uplyne již rok od katastrofální povodně, kterou byl postižen také Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Dramatické okamžiky povodně byly převrstveny dalšími událostmi a pro značnou část veřejnosti jsou již možná mírně vzrušující nebo spíše nepřijemnou vzpomínkou.

Pro VÚV T.G.M. je však téma povodní stále živé. Opatření k obnově povodní poničeného areálu v Praze-Podbabě jsou každodenním tématem diskusí a porad. Týkají se nejen vedení, ale i pracovníků, kteří musí překonávat potíže provizorního umístění, jsou požadována stanoviska odborníků k doplnění a obnově vybavení a materiálu atp. Není náhodné, že tyto diskuse se nevyhnou ani pobočkám VÚV v Brně a Ostravě. Potřeby obnovy zasáhly do priorit ústavu jako celku, neboť vyžadují i částečnou korekci pohledu na zatížení kapacit ústavu.

Připomeňme, že ústav v roce 2002 nezrušil – s odkazem na dopad povodně – ani jediný ze zhruba 650 řešených úkolů. V podmínkách, které nastaly po povodních, to lze označit za úspěch, na kterém má zásluhu především osazenstvo ústavu, ale také gestoři na MŽP a další partneři. Velmi příznivě se projevil tlak vedení ústavu na vytvoření určité časové rezervy v termínech řešení. V době, kdy udeřily povodně, již byla řada úkolů ve fázi vyhodnocování a přípravy závěrečných zpráv.

Dalším momentem byla soustředěná pozornost věnovaná obnově ústavu. Již v první fázi likvidace zničených hodnot za velmi provizorního umístění pracovníků se nezapomínalo na nutnost pokračovat v odborné práci. Některé pracovní týmy – zejména odborníci v oblasti odpadů – se staly hosty na MŽP a ČEÚ. Další se sestěhovaly a pokračovaly v práci ve skutečně bojových podmínkách. Konečně několik desítek pracovníků našlo útočiště v pronajatých obytných buňkách na volných plochách. Postup obnovy v roce 2002 lze ilustrovat několika daty: 18. 8. zabezpečen provizorní rozvod elektřiny, 28. 8. obnova dodávka elektřiny do výkonu 60 kW, 31. 10. úplná výměna technologie

a zprovoznění plynové kotelny (s manuální regulací), telefonní ústředna 24. 11., adaptace vrátnice byla ukončena v polovině prosince 2002. Následovala obnova poškozených prostor v budovách A a B, dostavba budovy F, rekonstrukce a výstavba objektu E apod. Celkový rozsah prací po povodni (včetně odvozu materiálu, demolice atd.) v loňském roce dosáhl objemu téměř 30 mil. Kč. Kromě 1 mil. Kč z povodňové dotace MF táhl VÚV náklady z vlastních zdrojů, vytvořených především z pojistného plnění.

Hlavními prioritami – kromě obnovy a zprovoznění základních energetických a komunikačních systémů – je co nejrychlejší obnova provozních laboratoří a vytvoření nových prostor na místo zcela zničených. Postupně, jak byly prostory dokončovány, byly prakticky okamžitě zabýdleny pracovníky. Počátkem března byla zprovozněna vrátnice, v polovině března začaly pracovat v rekonstruovaných prostorách biologické a mikrobiologické laboratoře a koncem 1. čtvrtletí 2003 byly vytvořeny podmínky pro návrat pracovníků Centra pro hospodaření s odpady z MŽP a ČEÚ. Rekonstrukce prostor pokračuje dále a situace v obnově jednotlivých pracovišť se mění každým týdnem.

K aktuálním prioritám patří i daleko složitější problémy, tj. obnova knihovny, obnova stravování v areálu a zejména dva zásadní investiční záměry: výstavba nové budovy pro laboratorní zázemí VÚV v oblasti odpadů a vody a celková rekonstrukce tárovacího žlabu České kalibrační stanice vodoměrných vrtulí, která patří již od 20. let ke specifickým a unikátním součástem ústavu. Například v tomto pro ústav tak klíčovém prostoru probíhala velmi náročná likvidace naplavenin téměř do konce loňského roku, v průběhu letošního roku se pak ústav zaměřil na stavební práce a zajištění nové technologie.

Zkušenost z povodní v roce 2002 je přirozeně reflektována i v opatřeních obnovy. Citlivé technologie (telefonní ústředna, počítačové servery) se stěhují do bezpečné výšky, některé technologie (kupř. čerpací stanice) se obnovují v provedení, které může vzdorovat vodě, nebo se počítá s přemístěním v případě povodně.

Plán obnovy a rozvoje VÚV počítá s dosažením funkčnosti základních provozů a technologií v roce 2003. Některá opatření však jsou plánována až do roku 2005.

Situace v ústavu se tedy průběžně lepší a v průběhu letošního roku by většina zaměstnanců již měla pracovat v odpovídajících podmínkách. Jako projev díky za náročnou práci při likvidaci přímých následků povodní i za odbornou práci v nouzových podmínkách si to už opravdu zaslouží.



Autorkou fotografií zachycujících rekonstrukci ústavu je L. Ramešová



Poděkování patří i řadě dobrovolníků a organizací podílejících se na úklidových pracích bezprostředně po povodni a také organizacím, které pomohly ústavu v těžké situaci finančními a věcnými dary.

Na obnově budov a zařízení se podílely: Českomoravský cement, a. s., Taipei Economic and Cultural Office a Velvyslanectví USA. Četné organizace pomohly při obnově fondu knihovny VÚV T.G.M.: Karlova univerzita, Univerzita Pardubice, VŠCHT, ČVUT, MŽP, ČHMÚ, Česká geologická služba, Česká geologická služba – Geofond, VÚ Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Povodí Vltavy, s. p., Povodí Labe, s. p., Povodí Odry, s. p., Ústav biologie obratlovců AV ČR, Ústav pro hydrodynamiku



AV ČR, VÚ rybářský a hydrobiologický, International Association of Hydraulic Engineering and Research, International Association of Hydrological Sciences, International Water Association, Asociace čistírenských expertů ČR, Česká společnost chemická, Správa KRNAP, CEMC – České ekologické manažerské centrum, redakce časopisu Odpady, Český úřad zeměměřický a katastrální – nakladatelství Vesmír, s. r. o., SOVAK, Elsevier Science, John Wiley and Sons, Water Environmental Federation. Knihovna též převzala dar z pozůstalosti prof. L. Votruby.

Ing. Lubomír Petružela, CSc.

## Úvod do teorie chaosu a synergetiky

Teorie chaosu a synergetika vznikaly (v podstatě nezávisle na sobě) ve 2. polovině 20. století v oblasti přírodních věd. Celkem záhy však našly odezvu a uplatnění i v některých dalších oborech vědy a techniky. Jde tedy o mladé vědní obory, ovšem už s poměrně pevným začleněním do struktury věd.

Chaos, jako fascinující fenomén konce 20. a počátku 21. století, prostupuje někdy zcela zřetelně a prokazatelně (explicitně), jindy zatím jen jakoby nesměle a skrytě (implicitně) řadu vědních oborů, disciplín a reálnou skutečnost soudobé vědy a techniky.

V současném, překotně a chaoticky se vyvíjejícím světě se chaos stává jakousi modernou, „módním boomem“ vnímání složitých problémů reality. Intenzivně se o něj zajímají odborníci a vědecktí pracovníci různých, zatím hlavně přírodních a částečně už i společenských oborů ve vědeckých a akademických institucích celého světa. Začíná se o něj zajímat rovněž zvědavá laická veřejnost, a to nejen kvůli atraktivnosti počítačovou grafikou vyjadřovaných podivuhodných až fantastických útvarů fraktální geometrie, hraničících s oblastí moderní science fiction, resp. tzv. „fraktálovými komiksy“.

Podstatou **chaosu** je nelineární povaha reálných dynamických systémů, vykazujících nepravidelné, nepředvídatelné, zdánlivě náhodné, opakující se chování. **Teorie (věda o) chaosu** dokládá, že zjevný zmatek (neuspořádanost) v reálných mikro- a makrosystémech je jistým skrytým typem řádu, založeným na tzv. fraktální geometrii v přírodě. Je jakýmsi „uspořádaným nepořádkem“ znamenajícím, že chaos a řád spolupůsobí vedle sebe. Významným přínosem teorie chaosu je zjištění, že v přírodě skutečně skrytý řád existuje.

Poznání „chaosu“ si vyžádalo zvláštní způsob využívání počítačů, zvláštní zobrazení, za jejichž složitost se skrývají fantasticky jemné struktury fraktálních (zlomkových) dimenzí. Teorie chaosu se zabývá problémy, které vzdorují tradičním pohledům klasické vědy. Využívá svěbytný jazyk hemžící se fraktály, bifurkacemi, atraktory, turbulencemi, fázovými přechody atd. Předkládá odvážná tvrzení týkající se univerzálních vlastností složitosti. Nejprésvědčenejší zastánci rodící se vědy o chaosu říkají, že 20. století charakterizují tři dominantní objevy – relativita, kvantová mechanika a (v posledním čtvrtstoletí) též chaos. Věř, že chaos se na přelomu 20. a 21. století stává třetí velkou revolucí v přírodních vědách.

Autor zpracoval k uvedenému problematice studii formou výzkumné zprávy „**Úvod do teorie chaosu a synergetiky**“. Snaha o průnik do teorie (vědy o) chaosu je možná jedním z prvních, ne-li vůbec prvním pokusem o její ucelenější zpracování v tuzemských podmínkách. Výsledek mapování, studia a syntézy podstatných vybraných argumentů z autorovi dostupných monografií některých hlavních autorit a protagonistů teorie chaosu (B. Mandelbrota, I. Prigogina, Ch. Scholze, E. Lorenze, M. Barnsleye aj.) uvádí I. část citované zprávy „**Úvod do teorie (vědy o) chaosu**“.

**II. část „Teorie chaosu a synergetika v inženýrské informatice“** navazuje v základní argumentaci na autorovu studii „Možnosti aplikace synergetiky v ekonomii a ekonomice“. **Synergetika** se zabývá kooperativními jevy v reálných systémech z různých vědních oborů (fyziky, chemie, biologie, farmakologie, medicíny, sociologie, ekologie, ekonomie aj.). Těžiště II. části – formalizovaný výklad synergetického efektu v hospodářských aliancích ně-

kolika málo mateřských společností a množiny (i desítek) dceřiných společností (podniků) – představuje původní příspěvek autora k aplikaci synergetiky v ekonomice.

Tvůrčí přístup k uplatňování nových, inspirativních poznatků synergetiky a teorie chaosu napomáhají k systémovému chápání a synergetickému řešení některých problémů inženýrské informatiky. Nezůstávají tedy pouhou provokující myšlenkovou výzvou.

Inženýrská informatika je příkladem *synergetické symbiózy* a vzájemného *pozitivního ovlivňování inženýrství* (jako množiny inženýrských disciplín převážně technických oborů) a *informatiky* (jako racionální aplikace počítačového hardware a software a bouřlivě se rozvíjejících informačních a telekomunikačních technologií – IS/IT) v různých, nejen informačních systémech naší ekonomiky.

Teorie (věda o) chaosu a synergetika jsou rovněž pozitivně provokující výzvou pro koncepční řízení interní i externí informatiky a pro zvládnutí systému řízení jakosti ve všech činnostech (nejen v oblasti aplikace ISO norem jakosti v IS/IT) ve VÚV T.G.M. jako celku.

Na autorovu zprávu „Úvod do teorie chaosu a synergetiky“ z dubna 2003, a to konkrétně na podkapitolu I.8 „K terminologii teorie (vědy o) chaosu“, bezprostředně navazuje zpráva „**Výkladový přehled pojmů teorie chaosu**“.

Z dalších relevantních literárních zdrojů k teorii (vědě o) chaosu mohl autor rozšířit první návrh výkladového slovníku (původně jen cca 60 pojmů) o dalších 115 často používaných termínů. Nyní tedy navazující zpráva zahrnuje výběr a pracovní výklad skoro trojnásobku pojmů, celkem více než 175 termínů. Ten je navíc nově setříděn, doplněn o další pojmy a strukturován do pěti částí (více či méně) souvisejících pojmů – „Chaos a jeho různá pojetí“ (8 pojmů), „Vybrané termíny teorie chaosu“ (25 pojmů), „Vybrané pojmy fraktálové geometrie“ (15 pojmů), „Další pojmy související s teorií chaosu“ (80 pojmů) a „Vybrané počítačové termíny k teorii chaosu“ (49 pojmů). Pro snadnější vyhledávání jednotlivých pojmů je slovník opatřen abecedním rejstříkem všech pojmů s číslem strany, na níž je pojem citován.

Tento výkladový přehled cca 175 frekventovaných, účelově vybraných pojmů teorie chaosu je původním příspěvkem autora. Představuje pokus o vytvoření relativně ucelené množiny hojně, ale roztržštěně se vyskytujících termínů teorie chaosu. Náš příspěvek zřejmě patří v tuzemsku k počátečním pokusům o její systematictější zvládnutí.

Používaný odborný jazyk teorie (vědy o) chaosu je dosud diverzifikován do různých monografií, prací a publikací. Ucelená autoritativní soustava pojmů teorie (vědy o) chaosu zatím – aspoň podle našich současných poznatků – neexistuje. Výkladový přehled proto předkládá *účelový výběr a pracovní vyizení nejpoužívanějších termínů*.

Další snahou zřejmě bude vytvoření *relativně ucelené, účelově homogenní a konzistentní terminologické soustavy pojmů teorie (vědy o) chaosu*, doplněné popřípadě i o vizuálně přitažlivé ukázky podivuhodných fraktálových útvarů Mandelbroty fraktální geometrie.

Ing. Jaroslav Veselý, CSc.  
VÚV T.G.M. Praha  
tel. 220 197 357

# POVODEŇ NA DUBSKÉ BYSTŘICI V SRPNU 2002

Martina Krátká

## Klíčová slova

povodeň, extrémní srážky, kulminační průtok, přehrážky, bystřina

## Souhrn

**Během srpnové povodně v roce 2002, která postihla převážnou část území ČR, proběhla v oblasti Cínovce v Krušných horách na horském toku Bystřice lokální katastrofální povodeň s ničivými následky na město Dubí u Teplic. Na stanici Cínovec byl naměřen rekordní dvoudenní úhrn srážek 380 mm.**

Ač nebyla povodeň na Dubské Bystřici v Krušných horách svým plošným rozsahem zdaleka tak významná jako na Vltavě a jejích přítocích, má jiné primáty, zejména ve velikosti příčné srážky a značném erozním působení vysokých průtoků.

Celková povětrnostní situace v České republice byla v první polovině srpna 2002 určována přechodem dvou tlakových níží krátce po sobě. První tlaková níže s frontálním systémem začala ovlivňovat počasí u nás 6. 8., kdy postupila ze Středomoří nad východní Alpy. Vydatný trvalý déšť a místy i přívalové srážky zasahovaly během 6. a 7. srpna jižní Čechy (zejména Novohradské hory a Českokrumlovsko). Další tlaková níže postupovala 9. 8. přes britské ostrovy k jihovýchodu, 10. 8. regenerovala nad Itálií a začala postupovat se svým frontálním systémem k severu. Během 11. 8. postoupila nad území ČR a v průběhu 12. 8. zvolna postupovala nad Polsko. Vydatné trvalé srážky zasáhly postupně od jihu celé naše území. Vzhledem k orografickému zesílení srážek byly největší intenzity srážek zaznamenány zejména v oblasti Šumavy, Krušných hor, Brd, Českomoravské vrchoviny, postupně i v Krkonoších, Orlických horách, Jeseníkách a v následujících dnech i v Beskydech. V úterý 13. srpna začala srážková činnost nad naším územím zvolna od jihozápadu slábnout a během 14. srpna ustala.

V porovnání s jižními Čechami, kde došlo v krátkém období za sebou k přechodu dvou frontálních systémů s vydatnými srážkovými pásmy (6.–7. 8. a 11.–13. 8.), byla oblast Krušných hor zasažena pouze druhým srážkovým pásmem ve dnech 11.–13. 8. Na stanici Cínovec, která leží při hranici povodí Bystřice, byly naměřeny nejvyšší jednodenní, dvoudenní a třídní úhrny srážek v ČR od roku 1997 (viz tabulku 1). Dvoudenní úhrn byl dokonce nejvyšší za celou dobu, kdy se srážky pozorují, jednodenní úhrn byl druhý nejvyšší. Výrazné srážkové pole ovlivňující severní Čechy se rozkládalo převážně SZ od hranic s Německem, přičemž nejintenzivnější srážková činnost probíhala na navětrné straně hlavního hřebene Krušných hor v oblasti Cínovce

(12. 8. 2002, 312 mm), směrem do vnitrozemí srážky rychle klesaly (Dubí 12. 8. 2002, 132 mm). Na podstatné části hřebene hor přesáhly srážky úhrn 200 mm.

Toky stékající z hřebene Krušných hor na našem území způsobily s výjimkou Bystřice povodně střední velikosti, rozvodněny byly zejména na horní toky levostranných přítoků Ohře a Břiliny, kde byly dosaženy 20–50leté hodnoty průtoků.

Odhad průtoků byl proveden pro povodí Bystřice po soutok s Bystřickým (Nerudovým) potokem, tj. po horní okraj obce Dubí. Mapa na obr. 1 znázorňuje lokalizaci a charakter území. Povodí se nachází v nadmořské výšce 396 až 880 m, absolutní spád povodí tedy činí 484 m. Sklon svahů se pohybuje mezi 5 a 65 %, střední sklon svahů v povodí je 19 %. Údolnice má délku 7,6 km a průměrný sklon 6,4 %. Lesní půda tvoří 95 % rozlohy povodí, přičemž více než polovinu lesní půdy zaujímá mladý porost po imisních holinách.

Geologicky je povodí tvořeno křemenným porfyrem, který je poblíž Cínovce prorážen žilami žulového porfyru a cínonosným granitem. Tyto horniny se řadí mezi špatně propustné. Povrch kryjí nezpevněné kvartérní sedimenty, mezi kterými převažují sutě a svahoviny.

Vzhledem k dlouhé době přívalového deště (2 dny), a tedy i dlouhému trvání povodně, probíhaly na Bystřici výrazné erozní procesy. Koryta, které je v některých úsecích dlážděná, bylo v kritických místech poškozeno a díky dlouhodobému působení vysokých průtoků se každé narušení upraveného koryta mohlo silně rozvinout. Vývory nacházející se pod stupni ve dně byly narušeny a poničeny. Vznikaly rozsáhlé nátrže, jak je patrné z obr. 2. Převážná část opevnění koryta však vydržela. Velké množství splavenin bylo transportováno na dlouhé vzdálenosti, včetně balvanů o průměru až 50 cm (obr. 3). Při vyběření toku v úsecích se širší nivou bylo inundační území zanášeno sedimenty v poměrně mocných vrstvách (obr. 4).

Část splavenin byla zachycena ve třech přehrážkách, které se nacházejí na toku mezi Cínovcem a Dubím. Všechny byly během povodně zcela zaplněny. Díky šterkovým přehrážkám byla obec Dubí podstatně uchráněna ničivého účinku hrubých splavenin. Síla průtokové vlny byla však při průtoku Dubím znásobena po ucpání mostků, kdy se tok pře-



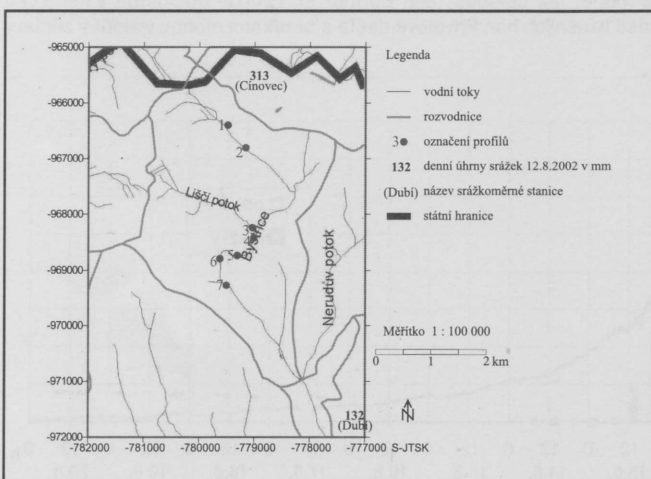
Obr. 2. Nátrž pod upraveným úsekem



Obr. 3. Materiál z koryta Bystřice v Dubí po povodni

Tabulka 1. Extrémní srážkové úhrny naměřené na Cínovci

Cínovec	Období	Srážky (mm)
jednodenní úhrn	12. 8. 2002	312
dvoudenní úhrn	11.–12. 8. 2002	380
třídní úhrn	11.–3. 8. 2002	406



Obr. 1. Sledované území s lokalizací vyhodnocovaných profilů v měřítku 1 : 100 000

místil převážně mimo koryto. Značná část vody pak tekla ulicí Tovární, která vede souběžně s Bystřicí, do vlastního koryta se tok vrátil až po několika kilometrech za obcí.

Kulminační průtoky Bystřice byly vyhodnoceny v sedmi profilech v úseku od pramene k obci Dubí, jejichž lokalizace je patrná z obr. 1. Profily mají různorodý charakter, ve dvou případech jde o přirozené koryto, v dalších dvou o stupně ve dně a po jednom případě o dlážděné koryto, propustek a přehrážku. Ze zaměřených maximálních hladin a příčných profilů byly vypočítány přibližné hodnoty kulminačních průtoků, které jsou v souhrnu uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2.** Přehled průtoků v jednotlivých profilech

Číslo profilu	Název profilu	Kulminační průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )
1	Bystřice-mostek u zatáčky pod Cínovcem	5,65–5,85
2	Bystřice-neupravené koryto pod mostkem	10–13
3	Liščí potok-stupeň nad ústím do Bystřice	5,25–5,75
4	Bystřice-stupeň pod ústím Liščího p. do Bystřice	16,5–18,5
5	Bystřice-přírodní koryto nad přehrázkou	19–25
6	Bystřice-přehrážka	23–28
7	Bystřice-dlážděné koryto pod přehrázkou	29–36,5

Při stanovení průtoků použitím Chézyho rovnice byly vypočítány zejména v profilu č. 7 extrémně vysoké hodnoty rychlosti ( $7,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), což je dáno velkým sklonem (5 %). Proudění mělo tedy výrazně bystřinný charakter. Vodní proud byl silně provzdušněn a zvlněn, proto nelze považovat proudění za rovnoměrné. Pro výpočet průtoků byla hodnota rychlosti odhadnuta na max.  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Havlík, 2002).



**Obr. 4.** Nánosy štěrku v lese po povodni

**Tabulka 3.** Šestihodinové úhrny srážek v povodí Bystřice pod soutokem s Nerudovým potokem přepočítané na průměrný šestihodinový průtok podle plochy povodí ( $17,3 \text{ km}^2$ )

Den, hodina	mm	Den, hodina	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
11. 8. 13.00	0,0	11. 8. 10.00	0,0
11. 8. 19.00	4,5	11. 8. 16.00	3,6
12. 8. 01.00	8,9	11. 8. 22.00	7,1
12. 8. 07.00	89,1	12. 8. 04.00	71,3
12. 8. 13.00	67,2	12. 8. 10.00	53,8
12. 8. 19.00	52,3	12. 8. 16.00	41,9
13. 8. 01.00	44,8	12. 8. 22.00	35,9
13. 8. 07.00	29,9	13. 8. 04.00	23,9
13. 8. 13.00	11,0	13. 8. 10.00	8,8
13. 8. 19.00	1,1	13. 8. 16.00	0,9
14. 8. 01.00	0,5	13. 8. 22.00	0,4
14. 8. 07.00	0,5	14. 8. 04.00	0,4
14. 8. 13.00	0,7	14. 8. 10.00	0,5
14. 8. 19.00	0,7	14. 8. 16.00	0,5
15. 8. 01.00	0,0	14. 8. 22.00	0,0

Na horním okraji obce Dubí, před soutokem s Bystřickým (Nerudovým) potokem, kde má povodí Bystřice rozlohu přibližně  $11,5 \text{ km}^2$ , dosahoval kulminační průtok dne 13. 8. 2002, jak uvádí též Klíma (2002), zhruba  $33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . V této části toku má průtok stoleté vody hodnotu  $25,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pod soutokem Bystřice a Nerudova potoka průtoky nebyly stanovovány hydraulickými výpočty vzhledem k velké nejistotě odhadu tvaru průtočného průřezu.

Odhad časového průběhu průtoků pod soutokem Bystřice s Nerudovým potokem byl odvozen podle pozorování vodoměrné stanice VÚV T.G.M. na Bouřlivici v Lahošti. V hydrogramu na obr. 5 je průtok v závěrovém profilu porovnán s šestihodinovými úhrny srážek v dotčeném povodí přepočítanými na objem podle plochy povodí a na čas v sekundách, tj. na  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (viz tabulku 3).

Zásadní vliv na velikost a průběh povodně na Bystřici měla extrémní srážková událost, v našich podmínkách zcela ojedinělá. Negativně přispěl k extremitě povodně také montánní charakter povodí (vysoké sklony svahů, relativně nepropustné horniny). Stupně ve dně měly při povodni této velikosti spíše zanedbatelný efekt. Poměrně silné plošné zastoupení lesních porostů v povodí mělo mírně zpomalující účinek. Pozitivně přispěly ke zmírnění účinků povodně štěrkové přehrážky (obr. 6). Přesto byly škody v urbanizovaném území značné.

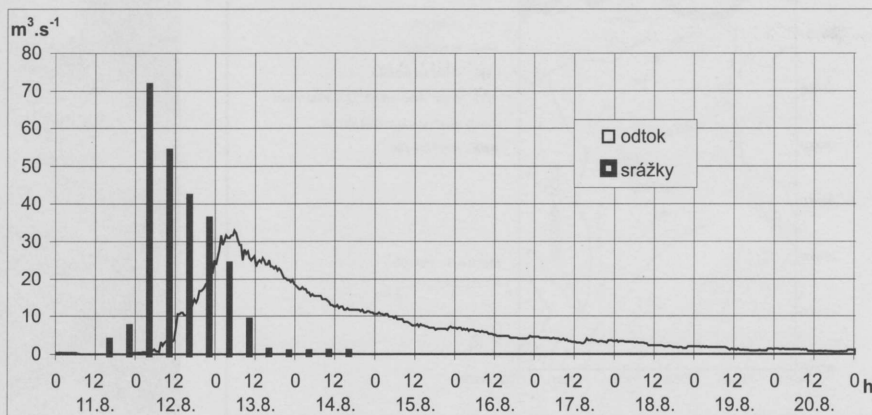
K povodni podobného rozsahu došlo na Dubské Bystřici také v roce 1897, kdy vydatné srážky zasáhly v průběhu pěti dnů (27. 7.–31. 7.) celé Čechy. Nejvyšší úhrny zaznamenaly stanice v oblasti Krkonoš, dne 29. 7. tu byly srážky nejintenzivnější a na stanici Riesenhein (poblíž Pece p. Sněžkou) bylo naměřeno 266 mm. V Jizerských horách stanice Neuwiese (Nová Louka) zaznamenala 29. 7. dokonce 345 mm. Také ve Žďárských vrších, Krušných horách a na Šumavě byly deště silné. Rozvodněny byly zejména řeky Úpa, Labe, Jizera, Lužnice, Otava, Vltava, Úslava a Berounka.

Podle srovnání map izohyet z jednotlivých dnů výrazného srážkového období na konci července 1897 příválové deště postupovaly přes Čechy od východu k západu. V Krušných horách byly maximální srážkové úhrny dosaženy až 30. 7. Nejničivější následky se projeví v oblasti Krušných hor v lázeňském městě Dubí u Teplic, kde byly zdevastovány domy i silnice, voda sem přinesla velké množství balvanů a štěrku. Údaje o srážkových úhrnech na Cínovci nejsou známy, v Dubí byl naměřen maximální jednodenní úhrn 119 mm, celkový pětidenní úhrn dosáhl 186 mm.

Také v povodí řek Gottleuba a Müglitz v Německu, které pramení v ČR pod názvy Rybný potok a Mohelnice zhruba 10 km východně od Bystřice, byla zaznamenána katastrofální povodeň. V noci z 8. na 9. 8. 1927 spadly dva příválové deště v intervalu 3,5 hodiny po sobě. Denní úhrn srážek se v oblasti horních toků těchto řek pohyboval okolo 200 mm.

Podle očitých svědků byla již povodeň způsobená prvním deštěm vyšší než povodeň v roce 1897. Druhá vlna pak byla ještě větší než vlna první. Zatímco první povodňová vlna nezpůsobila větší škody, druhá vlna způsobila rozsáhlé škody na infrastruktuře celé zasažené oblasti. O život přišlo 152 lidí, z toho 88 z města Berggiesshübel s 1 400 obyvateli (Fickert, 1934).

Krušné hory jsou oblastí, kde se nepravidelně objevují extrémně intenzivní krátkodobé lokální srážky, které mají za následek izolované povodně, jak dokládá také Büttner aj. (2001) událostmi v německé části Krušných hor. Příválové deště s bouřkami mohou vyústit v záplavy



**Obr. 5.** Porovnání průtoků v závěrovém profilu povodí Bystřice pod soutokem s Nerudovým potokem se srážkami přepočítanými na průtok



Obr. 6. Prostor přehrážky, který byl při povodni zaplněn

s katastrofálními následky v povodích s velikostí do 200 km<sup>2</sup>. Ničivé následky na lidská sídla jsou dány tradiční vysokou hustotou osídlení v údolích.

#### Literatura

Büttner, U., Fügner, D. und Winkler, U. Das Hochwasser am 5./6. Juli 1999 im Raum Marienberg im Erzgebirge. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 2001, 45: 102–112.

## Mezinárodní povodňová konference v Rotterdamu 2003

Šárka Blažková

Konference byla organizována v závěrečné fázi projektu EU European Flood Forecasting (Early Warning) System (EFFS).

Joint Research Centre EU spolu se svými partnery vyvíjí a testuje systém simulace povodní ve velkých evropských mezinárodních povodích. V rámci EFFS proběhla také studie srovnávací výsledky těchto simulací se simulačními systémy na národní úrovni [3].

Cílem EFFS není nahradit existující národní předpovědní aktivity, ale poskytnout další informace, tj. předpověď s delším předstihem a odhadem neurčitosti (nejistoty) nebo pravděpodobnosti.

Tato předpověď s delším předstihem může být poskytnuta místním správám a záchranným službám, což jim umožní:

- vydat výstrahu a zorganizovat zaměstnance (zrušit dovolené, služební cesty, víkend);
- zkontrolovat jejich vlastní předpovědní systémy, záchranné systémy, terénní a přístrojové vybavení, záchranné plány;
- zvýšit např. frekvenci předpovídání průtoků z četnosti 1krát za den na 2–4krát za den.

Předstih je prodloužen využitím předpovědí ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) a předpovědí některých národních služeb. Projekt využívá ansámblové předpovědi srážek (50 realizací z různých počátečních podmínek) na 10 dní dopředu. Tyto různé scénáře jsou vstupem do různých hydrologických parametrizací, které byly uznány za vyhovující na řadách historických dat. Aby se snížily nároky na výpočetní techniku, jsou tyto parametrizace klasifikovány na základě funkčního chování a pro každou třídu je zvolena jedna sada parametrů. Kombinace každé ansámblové realizace a hydrologické predikce s vyhovující sadou parametrů za každou třídu je potom vstupem do hydraulického modelu předpovídajícího rozsah zátop. Ten je také předmětem odhadu neurčitosti, co se týče kalibrovaných koeficientů drsnosti. Důležitou komponentou systému je, že z těchto jednotlivých scénářů je sestaveno kumulativní rozdělení předpovídáných proměnných získané s využitím vah vypočtených na základě toho, jak dobře výsledky jednotlivé scénáře dávaly na historických datech [1].

Z uvedených dvou příspěvků i mnohých dalších (konference se účastnili např. i hydrologové z USA) je zřejmé, že odhad neurčitosti (nejistoty) přichází do „módy“, odborně řečeno neobejde se bez něj předpovědní praxe (o výzkumu ani nemluvě). Zajímavé je, že právě meteorologové, jejichž modely jsou výpočetně náročnější než hydrologické modely, už běžně používají více realizací (ansámblové předpovědi, srov. též [5]). Realizace se obvykle liší jen různými počátečními podmínkami. I v hydrologii je známo, že pokud pracujeme s jednotlivými srážko-odtokovými epizodami, největší vliv na přiléhavost simulací (kromě vstupů – srážek) má volba parametru popisujícího předchozí nasycenost povो-

Havlík, A. Odhad kulminačních průtoků při povodni ze srpna 2002 na tocích Krušných hor. Zpráva pro VÚV T.G.M. 2002, 27s.

Fickert, R. Katastrofální povodeň v Osterzgebirge v červenci 1927. Saský hydrologický úřad, Drážďany, 1934.

Klíma, Z. Bystřice v Dubí – část b) Hydrotechnické posouzení povodňového průtoku ze srpna 2002 a stanovení průběhu stoletého průtoku  $Q_{100}$ . Povodí Ohře, s. p., Chomutov, odbor HEPS Terežín, 2002, 15 s.

Kubát, J., Šercl, P., Coufal, L. aj. Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci při povodni v srpnu 2002, 3. verze. ČHMÚ 2002, 13 s.

Příspěvky ku hydrografii Rakouska, II. sešit: Povodeň roku 1897 v Rakousku, IV. Povodí Labe, vydáno c. k. ústřední kanceláří hydrografickou, Vídeň, 1898.

Ing. Martina Krátká  
VÚV T.G.M. Praha  
tel. 220 197 334

#### Key words

flood, extreme precipitation, maximum crest discharge, torrent

*Flood on the Bystřice torrent in August 2002 (Krátká, M.)*

**The flood in August 2002 affected most of the Czech Republic area. Local catastrophic flood occurred in the Ore Mountains in north-west of CR on the Bystřice torrent near Cínovec (Zinnwald). A part of the Dubí town was damaged. A record 2-day precipitation of value 380 mm was measured in Cínovec.**

dí, což je počáteční podmínka. Přiléhavé výsledky hydrologického modelu však mohou být na určitém úseku vstupních dat produkovány velmi různými sadami (sestavami) parametrů modelu. Na jiném úseku dat se mohou výsledky těchto sad parametrů výrazně lišit.

Parametry modelů (hydrologických, hydraulických nebo obecně z oblasti životního prostředí) jsou spíše efektivními parametry než skutečnými fyzikálními reprezentacemi, zvláště pokud jsou průměrovány přes velkou plochu nebo dlouhý úsek toku [4]. To jsou úvahy, které vedou k výpočtu a vyhodnocování více (mnoha) realizací modelu (s různými sadami parametrů). Ve světě se k tomu stále častěji používá metoda GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), u nás např. [2].

Rovněž současné použití výsledků více modelů je zřejmé v meteorologii [5] běžnější než v hydrologii a v dalších oblastech životního prostředí. Podle trendů současné evropské a světové hydrologie však lze očekávat, že se použití více parametrizací (více modelů s mnoha sadami parametrů) stane brzy běžným jak při vyhodnocování režimových informací, tak při předpovědích (kde samozřejmě do hry vstupuje updating).

#### Literatura

- [1] Beven, K., Bates, P., de Roo, A., Pappenberger, F., Hunter, N., Gouweleeuw, B., and Thielen, J. A Strategy for cascading Ensemble rainfall forecasts through runoff generation and flood inundation models (with uncertainty). In Reggiani P. and van Kappel, B. (eds.) *International Conference on Advances in Flood Forecasting in Europe*. Book of Abstracts, WL Rapport No: R 3395, Delft, p. 42.
- [2] Blažková, S., Beven, K.J., and Kulasova, A. On constraining TOPMODEL hydrograph simulations using partial saturated area information. *Hydrological Processes*, 16, 2002, 441–458.
- [3] De Roo, A., Thielen J., Gouweleeuw, B., Franchello, G., and Schmuck G. European Scale Flood Forecasting using the LISFLOOD model: Towards a European Flood Early Warning System. In Reggiani P. and van Kappel, B. (eds.) *International Conference on Advances in Flood Forecasting in Europe*. Book of Abstracts, WL Rapport No: R 3395, Delft, p. 28.
- [4] Pappenberger, F., Beven, K., de Roo, A., and Thielen, J. Conditioning of the Rainfall runoff model LISFLOOD on historical data within a Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE). In Reggiani P. and van Kappel, B. (eds.) *International Conference on Advances in Flood Forecasting in Europe*. Book of Abstracts, WL Rapport No: R 3395, Delft, p. 49.
- [5] Strachota, J. aj. Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek. 1. etapa. Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. ČHMÚ, 2002.

Ing. Šárka Blažková, DrSc.  
VÚV T.G.M. Praha  
tel. 220 197 222

# HODNOCENÍ MOŽNOSTÍ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD ZE ZDROJŮ DO 2 000 EO

Miroslava Písařová, Marta Mrázková

## Klíčová slova

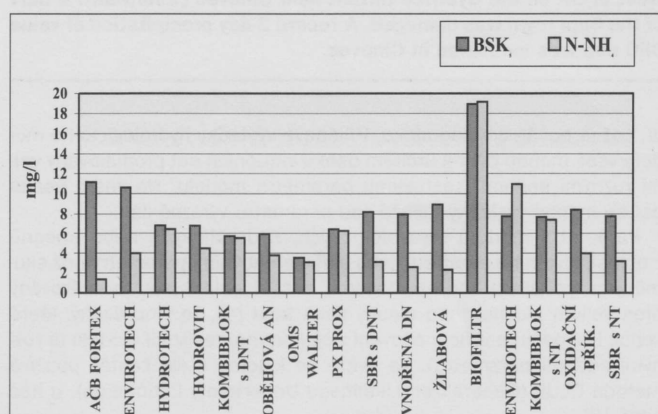
čištění odpadních vod, ekvivalentní obyvatel, látkové zatížení, účinnost čištění, investiční náklady

## Souhrn

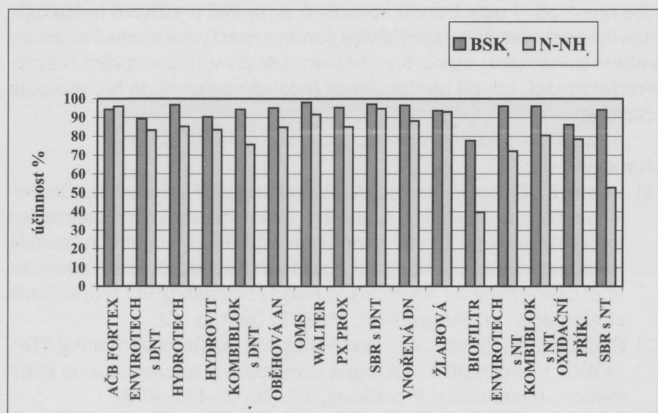
Článek stručně hodnotí výsledky dosažené při řešení stejnojmenného úkolu. Bylo hodnoceno 13 typů ČOV a ověřována závislost mezi látkovým zatížením a kvalitou odtoku a účinností čištění, a to i v souvislosti s výší investičních nákladů.

Pro čištění komunálních odpadních vod se ukázaly jako vhodné všechny hodnocené typy ČOV, pro příměsí průmyslových odpadních vod je nutno doplnit přídavná zařízení. Příklady porovnání jednotlivých hodnocených ČOV jsou patrné z obr. 1 a 2.

Úkol „Hodnocení možností čištění odpadních vod ze zdrojů do 2 000 EO“ pro RVV byl ve VÚV T.G.M. Praha řešen v letech 2000 až 2002. Cílem tohoto úkolu bylo v závislosti na velikosti a charakteru zdroje



Obr. 1. Průměrná kvalita odtoku



Obr. 2. Průměrná účinnost čištění

odpadních vod doporučit vhodná technologická schémata a jim odpovídající typy čistíren odpadních vod (ČOV), které zajistí čištění odpadních vod na úroveň hodnot přípustného znečištění uvedených v platném nařízení vlády a porovnání dosahovaných hodnot s jeho připravovanou novelou a s limity uvedenými v platné komunitární legislativě EU.

V rámci řešení úkolu byla provedena rešerše používaných technologií (typů ČOV) pro čištění odpadních vod a jejich výrobců (dodavatelů) v závislosti na velikosti komunálního zdroje. Bylo kontaktováno více než 400 obecních a městských úřadů. Do hodnocení a sledování bylo z původně vybraných 128 ČOV zařazeno celkem 94, a to ve velikostním rozsahu 200 až 2 000 EO. Výběr byl

prováděn s cílem sledovat srovnatelný počet ČOV od každého hodnoceného typu. Z hodnocení bylo nutno vyřadit ČOV, u kterých nebylo možné získat potřebné množství důvěryhodných informací. Na 47 lokalitách bylo provedeno vlastní kontrolní sledování a odběry vzorků.

Hodnoceno bylo celkem 13 typů ČOV (viz obr. 1 a 2), rozdělených do dvou skupin (podle technologických možností) na typy pro oblasti s běžnými nároky na kvalitu odtoku (technologie bez denitrifikace) a na typy pro oblasti se zvýšenými nároky na kvalitu odtoku (technologie s řízeným odstraňováním dusíku). Podklady byly získávány jednak vlastními provozními sledováními, jednak byly převzaty od provozovatelů ČOV: projektové hodnoty ČOV (tzn. projektovaná kapacita – EO, přivedené znečištění – kg BSK<sub>5</sub>/d, projektovaný průtok – Q<sub>24</sub>), kvalita odpadní vody na přítoku a odtoku (výsledky odběrů vzorků, skutečné průtoky k jednotlivým odběrům vzorků, suma vody za rok), investiční náklady, provozní náklady (provozní náklady za jeden rok v Kč, spotřeba elektrické energie v kWh).

Získané výsledky byly zpracovány v technologické databázi (bilanční výpočty, průměrné a extrémní hodnoty apod.) a v ekonomické databázi (náklady na jednoho projektovaného EO, měrné spotřeby energie, výpočty regresí aj.).

Jako příklad výsledků uvádíme na obr. 1 a 2 srovnání kvality odtoku a efektu čištění pro jednotlivé typy ČOV.

Pomocí matematické regrese byla ověřována závislost mezi zatížením (látkovým a hydraulickým) a kvalitou odtoku a účinností čištění (neprokázána významná závislost), dále závislost mezi velikostí ČOV a výší investičních nákladů a také závislost mezi zatížením ČOV a výší provozních nákladů (měrné spotřeby energie) na vyčištění 1 m<sup>3</sup> odpadní vody a na odstranění 1 kg BSK<sub>5</sub>. Z možných v rámci řešení úkolu zpracovaných vztahů uvádíme celkovou roční spotřebu energie v závislosti na velikosti ČOV, kterou znázorňuje obr. 3.

Vlastní hodnocení typů technologií bylo provedeno pomocí multikriteriální analýzy, kdy bylo vzato v úvahu celkem sedm kritérií:

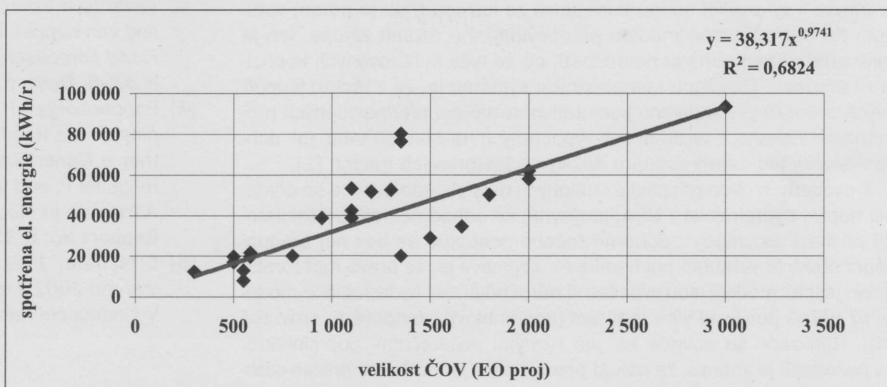
- koncentrace znečištění na odtoku – N-NH<sub>4</sub>,
- koncentrace znečištění na odtoku – BSK<sub>5</sub>,
- účinnost čištění podle BSK<sub>5</sub>,
- účinnost čištění podle BSK<sub>5</sub> a N-NH<sub>4</sub>,
- specifická spotřeba el. energie na kg BSK<sub>5</sub>,
- měrné investiční náklady,
- specifická spotřeba el. energie na m<sup>3</sup>.

Pořadí jejich důležitosti (tak, jak jsou uvedena za sebou) bylo určeno na základě zpracování trojúhelníku páru 15 odborníky (ovšem pro ČOV bez potřeby eliminace nutrientů je důležitější koncentrace BSK<sub>5</sub> než N-NH<sub>4</sub> na odtoku z ČOV).

Orientační porovnání jednotlivých technologií pomocí multikriteriální analýzy neprokázalo v celkovém výsledku (až na biologické filtry) výraznou odlišnost typů technologií zařazených do hodnocení (viz např. obr. 2).

## Závěry získané z řešení projektu

- Všechny hodnocené typy technologií zastoupené konkrétními ČOV jsou vhodné pro čištění odpadních vod ze zdrojů splaškových odpadních vod i ze zdrojů se směsí splaškových a průmyslových (potravinářských) odpadních vod.
- Při použití pro čištění vod s příměsí průmyslových vod je nutno v závislosti na kvalitě přítoku doplnit technologickou linku o přídavná zařízení (neutralizace, srážení, vyrovnávací jímka, terciární stupeň).
- Typy čistíren je třeba volit s ohledem na místní podmínky, požadovanou kvalitu odtoku a vodnatost recipientu.
- Pro oblasti se zvýšenými požadavky na kvalitu odtoku je možno použít všechny hodnocené typy s denitrifikací.
- Samotné vybavení ČOV denitrifikačním stupněm ještě nezaručuje dostatečné odstraňování celkového dusíku.



Obr. 3. Spotřeba elektrické energie

- Při stanovení ukazatelů  $N_c$  je nutno zajistit operativní řízení procesu nitrifikace-denitrifikace na základě aktuálních výsledků rozborů.

Jako pomůcka pro úřady státní správy a samosprávy byl vypracován jako samostatná část „Návrh postupu při volbě a schvalování způsobu řešení zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 EO“, obsahující popis jednotlivých typů ČOV a schematické znázornění technologické linky, výsledek posuzování jednotlivých typů ČOV a reálné hodnoty kvality vypouštěných odpadních vod. Tento materiál má sloužit jako vodítko pro orgány samosprávy při volbě vhodného typu ČOV pro obec, dále jako podklad pro orgány státní správy při schvalování výstavby ČOV a pomáhat jim při stanovení reálných hodnot v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Dále pak jde o podklad pro SFŽP ČR při rozhodování o udělování státních dotací.

Ing. Miroslava Písařová,  
Marta Mrázková  
VÚV T.G.M. Praha,  
e-mail: miroslava\_pisarova@vuv.cz

## HODNOCENÍ MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE POVRCHOVÝCH VOD

Dana Baudišová, Vladimír Hejtmánek

### Klíčová slova

statistické hodnocení, mikrobiální kontaminace, povrchové vody

### Souhrn

Předmětem tohoto příspěvku je demonstrace různého statistického hodnocení dat rutinních mikrobiologických analýz. Jsou zpracovány výsledky termotolerantních (fekálních) koliformních bakterií v letech 1994–2000 ve vybraných profilech (mezinárodní profily Labe a dále profily Sázava-Pikovice, Berounka-Srbsko a Lužnice-Tábor). Je prokázáno, že data vykazují lognormální rozdělení, a proto nejsou k jejich

### Key words

wastewater treatment, equivalent inhabitant, substance load, treatment efficiency, investments

Assessment of the Possibilities of Treating Waste Waters from Sources up to 2,000 Equivalent Inhabitants (Písařová, M., Mrázková, M.)

The article brings a concise assessment of results obtained from solving a task of the same name as the title of this summary. Thirteen types of wastewater treatment plants have been assessed and verification performed on the dependence between the substance load, the quality of effluent and the treatment efficiency, in connection with the sum of investments.

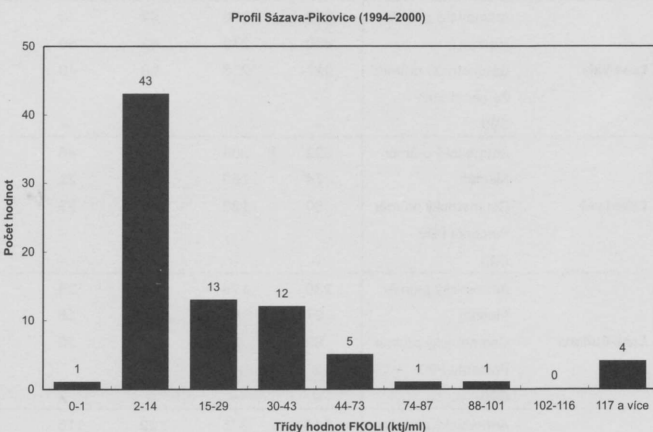
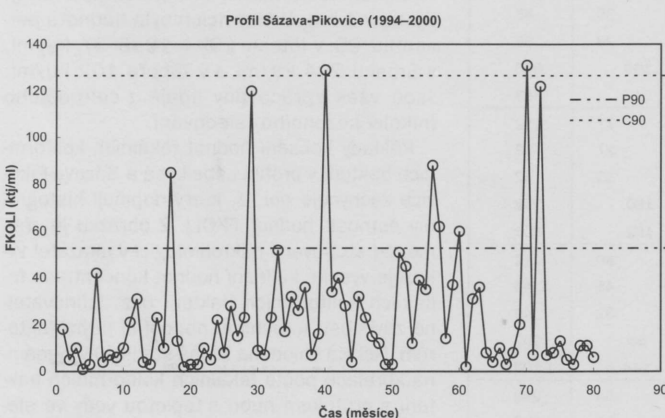
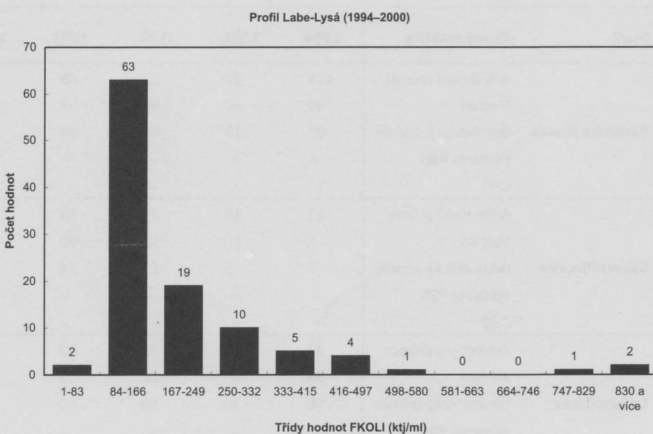
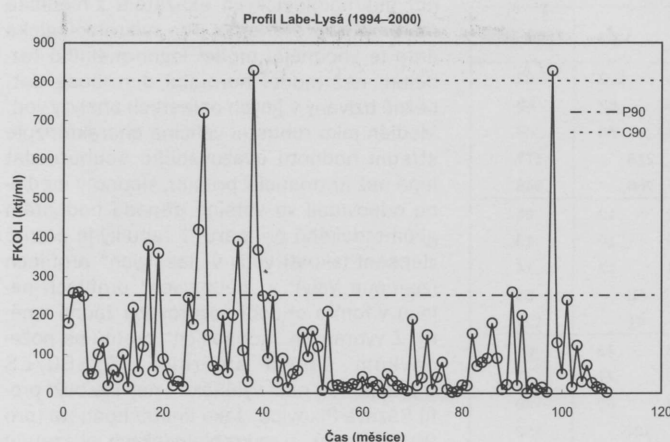
All the assessed types of wastewater treatment plants have proved to be suitable for the treatment of communal waste waters; for ingredients of industrial waste waters it is, however, necessary to install attachments. Examples of comparing particular wastewater treatment plants are evident from Fig. 1 and 2.

hodnocení vhodné statistické hodnoty aritmetický průměr a charakteristická hodnota C90 (podle ČSN 75 7221). Vhodnější jsou robustnější hodnoty, jako je medián (střední hodnota) a pro oblast nepříznivých hodnot  $x\%$  percentil (např. P90).

### 1. Úvod

V poslední době se v souvislosti s přípravou vstupu České republiky do Evropské unie zvyšují nároky na kvalitu povrchových vod. Mikrobiální znečištění by mělo být v popředí zájmu zejména proto, že hodnoty mikrobiologických ukazatelů často snižují jakost vody a omezují její využitelnost.

Mikrobiologické ukazatele mají při užívání vody podle Světové zdravotnické organizace primární hygienický význam (WHO, 1993). Jejich cílové limity jsou uvedeny ve směrnících určujících požadovanou jakost využívané vody, které platí pro členy Evropské unie (např. směrnice Rady 75/440/EHS z 16. června 1975, o požadované jakosti povrchových vod určených k odběru pitné vody v členských státech, a směrnice Rady 76/160/EHS z 8. prosince 1975, o jakosti vody ke koupání, změny podle 91/692 EHS). Zdrojem bakteriálního znečištění jsou bo-



Obr. 1. Kolísání počtů fekálních koliformních bakterií (ktj/ml); znázornění charakteristické hodnoty C90 a percentilu P90 ve vztahu k hodnotám počtu fekálních koliformních bakterií v letech 1994–2000 ve vybraných profilech Labe-Lysá a Sázava-Pikovice – histogramy četností jednotlivých hodnot, data vykazují lognormální rozdělení

dové, rozptýlené (difuzní) i plošné zdroje, podíl bodových zdrojů je v současné době rozhodující. Po jejich postupné eliminaci výstavbou a intenzifikací čistíren odpadních vod (včetně dezinfekcí) postupně převládne především znečištění pocházející ze zdrojů difuzních.

Za nejdůležitější mikrobiologické ukazatele jsou v současné době považovány indikátory fekálního znečištění. Jsou to koliformní bakterie, fekální (termotolerantní) koliformní bakterie a fekální streptokoky (enterokoky). Předpokládá se, že jejich zvýšené počty v toku mohou ukazovat na nebezpečí možné přítomnosti patogenních mikroorganismů. Tyto ukazatele a dále primární patogeny – salmonely jsou předmětem výměny informací o jakosti povrchových sladkých vod v Evropském společenství – dnes Evropské unii (podle rozhodnutí Rady 77/795/EHS z 12. prosince 1977, ustavující společný postup pro výměnu informací o jakosti povrchových sladkých vod ve Společenství).

Hlavními problémovými okruhy při získávání informací o mikrobiální kontaminaci povrchových vod jsou:

- výběr mikrobiologických ukazatelů a určení vhodných standardních metod pro jejich stanovení,
- zajištění kvalitních výsledků, dosažených odpovídajícími metodami a s dostatečnou přesností,
- vyhodnocení dat mikrobiologických analýz vhodnými statistickými postupy a odborné zhodnocení výsledků.

Tento příspěvek se zabývá především způsoby vyhodnocování mikrobiologických dat.

## 2. Mikrobiální znečištění v České republice (porovnání mikrobiálního znečištění ve dvouletích 1994–1995 a 1998–1999 v profilech státní monitorovací sítě)

Od roku 1962 existuje v České republice státní monitorovací síť, kde je pravidelně v měsíčních intervalech sledována jakost vody ve vybraných profilech. Provozuje ji Český hydrometeorologický ústav, který též výsledky zpracovává, vyhodnocuje a každoročně vydává zprávu (první ročenka o jakosti povrchových vod vyšla v roce 1963). Z mikrobiologických ukazatelů byl do roku 1990 sledován jediný – koliformní bakterie, od této doby pak také ukazatel fekální (termotolerantní) koliformní bakterie.

**Tabulka 1.** Statistické zhodnocení dat koncentrace fekálních koliformních bakterií (FKOLI, ktj/ml) získané ze státní monitorovací sítě ve vybraných profilech v letech 1994–1999

Profil	Charakteristika	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1994–1999
Berounka-Srbsko	Aritmetický průměr	121	30	93	73	55	123	83
	Medián	90	20	88	57	55	62	58
	Geometrický průměr	91	17	69	58	37	55	48
	Percentil P90	–	–	–	–	–	213	177
	C90	–	–	–	–	–	256	346
Sázava-Pikovice	Aritmetický průměr	11	18	27	33	32	19	25
	Medián	6	10	18	30	29	10	13
	Geometrický průměr	7	9	17	24	21	12	14
	Percentil P90	–	–	–	–	–	58	53
	C90	–	–	–	–	–	61	127
Lužnice-Tábor	Aritmetický průměr	47	68	31	89	86	73	66
	Medián	33	50	18	59	46	71	42
	Geometrický průměr	26	39	18	69	57	62	40
	Percentil P90	–	–	–	–	–	137	152
	C90	–	–	–	–	–	153	229
Labe-Valy	Aritmetický průměr	386	376	92	73	112	46	212
	Medián	330	270	62	60	50	35	88
	Geometrický průměr	217	258	60	49	53	29	86
	Percentil P90	–	–	–	–	–	160	600
	C90	–	–	–	–	–	216	883
Labe-Lysá	Aritmetický průměr	122	204	54	46	46	77	112
	Medián	74	150	22	21	20	27	52
	Geometrický průměr	80	130	32	23	22	35	52
	Percentil P90	–	–	–	–	–	180	252
	C90	–	–	–	–	–	182	804
Labe-Obříství	Aritmetický průměr	230	126	61	35	25	60	112
	Medián	97	80	30	16	20	45	46
	Geometrický průměr	89	80	33	26	25	32	46
	Percentil P90	–	–	–	–	–	85	252
	C90	–	–	–	–	–	144	1 103
Labe-Děčín	Aritmetický průměr	544	375	122	115	219	84	282
	Medián	175	210	80	104	155	80	130
	Geometrický průměr	198	235	94	91	134	54	132
	Percentil P90	–	–	–	–	–	270	604
	C90	–	–	–	–	–	271	2 138

Vzhledem k tomu, že mikrobiologické ukazatele tvoří pouze malou část tohoto sledování, jsou způsoby hodnocení vybrané tak, aby vyhovovaly zejména chemickým parametrům. Pro hodnocení jakosti vody v tocích se užívá aritmetický průměr (roční nebo dvouletý) a pro oblast nepříznivých hodnot pak charakteristická hodnota (C90, počítaná podle ČSN 75 7221). Pro mikrobiologické ukazatele je tento způsob hodnocení naprosto nevhodný (vzhledem k velkému výkyvu jejich hodnot během roku bez tzv. „sezonního“ kolísání i ke skutečnému statistickému rozdělení těchto dat). Standardně užívané parametry (aritmetický průměr, C90) tak zkreslují výsledky mikrobiologických analýz, což zbytečně degraduje informace získávané monitorováním (viz kap. 3).

Podle těchto údajů charakteristické hodnoty uváděných v ročenkách jakosti povrchové vody (ČHMÚ) ve dvouletí 1994–1995 ze 283 sledovaných profilů vyhovovalo 65 (tj. 23 %) požadavkům nařízení vlády č. 82/1999 Sb. ze dne 22. března 1999, kterým se stanoví přípustné znečištění vod – tzn. 90% pravděpodobnost nepřekročení hodnoty 4 000 fekálních koliformních bakterií ve 100 ml vody (pro nevodárenské toky). Ve dvouletí 1998–1999 to bylo 17 % a v roce 2000 pak 18 % profilů.

## 3. Způsoby hodnocení mikrobiálního znečištění

Ke studiu způsobu hodnocení mikrobiologických ukazatelů byly vybrány experimentální údaje získané měřením koncentrace fekálních koliformních bakterií (FKOLI) v mezinárodních profilech Labe na území ČR (Valy, Lysá, Obříství, Děčín) a na třech profilech státní monitorovací sítě (Sázava-Pikovice, Berounka-Srbsko a Lužnice-Tábor), které jsou zároveň v seznamu koupacích míst Ministerstva zdravotnictví a jsou tedy sledovány i z hlediska jakosti vody ke koupání. Analyzována byla data z období let 1994–1999, která byla získána ze státní monitorovací sítě. Datové soubory obsahovaly dostatečný počet hodnot (72 až 110) potřebných ke statistické analýze.

Parametry statisticky zpracovaných údajů jsou zaznamenány v tabulce 1 a jsou členěny podle výše uvedených profilů pro jednotlivé roky a sumárně pro léta 1994–1999. Jsou zde uvedeny tři typy středních hodnot FKOLI (aritmetický průměr, geometrický průměr, medián) a pro dvouletí 1998–1999 jsou uvedeny dva typy kritických hodnot (tzv. nepříznivých hodnot) – charakteristická hodnota C90 a 90% percentil (P90). Z tabulky je patrný někdy až 100% rozdíl mezi mediánem a aritmetickým průměrem. To je obecně dáno odlišným charakterem experimentálních hodnot mikrobiologických ukazatelů z hlediska matematické statistiky. Pro mikrobiologická data je vhodnější model lognormálního rozdělení než model normálního distribuce dat, běžně užívaný v jiných oblastech analýzy vod. Medián jako robustní veličina charakterizuje střední hodnotu uvažovaného souboru dat lépe než aritmetický průměr. Hodnoty mediánu odpovídají ve většině případů hodnotám geometrického průměru. Z tabulky je patrné zlepšení jakosti vody v „labských“ profilech (zejména Valy); v „koupacích“ profilech nejsou v tomto období pozorovány žádné změny. Z vybraných „koupacích“ profilů se požadavkům daným směnicí 76/160/ES a příslušnou naší vyhláškou nejvíce blíží profil Sázava-Pikovice. Jako limitní hodnota (pro 90 % vzorků, u mikrobiologických ukazatelů se připouští 80 % vzorků) je uvedeno 2 000 fekálních koliformních bakterií ve 100 ml (tj. 20 ktj v 1 ml). V Pikovicích byla hodnota percentilu 90 v letech 1994–1999 37 ktj/ml, v Srbsku 294 ktj/ml a v Táboře 102 ktj/ml. Jsou však zpracovány údaje z celoročního (nikoliv sezonního) sledování.

Příklady kolísání hodnot fekálních koliformních bakterií v profilu Labe-Lysá a Sázava-Pikovice zachycuje obr. 1, který doplňuje histogramy četností hodnot FKOLI. Z obrázku je zřejmé, že studovaný mikrobiologický ukazatel vykazuje vysoké kolísání hodnot koncentrace fekálních koliformních bakterií bez definovatelné závislosti k ročnímu období či jiným faktorům. Nebyla shledána žádná statisticky významná korelace počtu fekálních koliformních bakterií s průtokem nebo s teplotou vody ve sledovaném období v žádném ze sedmi studovaných profilů. Byla provedena regresní analýza a regresní koeficienty mezi hodnotami fekálních koliformních bakterií a teploty vody (resp. průto-



ků) nebyly statisticky významné. Dále bylo zjištěno, že extrémní (vysoké) hodnoty fekálních koliformních bakterií nejsou spjaty ani s minimálními, ani s maximálními hodnotami teploty vody a průtoků.

Také metody průzkumové analýzy dat EDA (histogramy, kvantilové, krabicové a kvantil-kvantilové grafy, diagram rozptýlení atd.) jednoznačně prokázaly lognormální rozdělení počtů fekálních koliformních bakterií (nikoliv normální, typické pro většinu chemických ukazatelů). Pro hodnocení mikrobiologických ukazatelů není tedy vhodné použít aritmetický průměr, odpovídající maximálně věrohodnému odhadu střední hodnoty normálně rozdělených dat. Medián je vhodnějším odhadem střední hodnoty dat pocházejících z lognormálního rozdělení a navíc je robustní. Robustnost je velmi výhodná vlastnost mediánu, která spočívá v jeho „odolnosti“ vůči odlehlým hodnotám (přítomnost odlehlých hodnot v souboru dat nezpůsobí výraznou změnu v hodnotě mediánu). Aritmetický průměr je naopak k přítomnosti odlehlých hodnot v souboru velmi citlivý (viz tabulku 1).

Grafické znázornění koncentrace fekálních koliformních bakterií ve vybraných profilech v letech 1994–2000 (opět Labe-Lysá a Sázava-Pikovice) pomocí krabicových grafů (tzv. boxplotů) je uvedeno na obr. 2. K jejich tvorbě bylo použito statistického souboru programů SPSS, verze 9.0. Krabicové grafy současně demonstrují medián, rozmezí výsledků v souboru a odlehlé a extrémní hodnoty. Černou čarou je vyznačen medián hodnot v souboru dat, dolní hrana šedého obdélníku vyznačuje 25 % kvantilu hodnot, horní hrana 75 % kvantilu hodnot. Úsečka vyznačuje všechny ostatní hodnoty v souboru, kromě odlehlých a extrémních hodnot. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny kroužkem, extrémní hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. Asymetrie boxplotů je způsobena tím, že data nevykazují normální, ale lognormální rozdělení. Z boxplotů je jasně patrné vysoké kolísání jednotlivých hodnot všech mikrobiologických ukazatelů. Výjimkou nejsou ani odlehlé a extrémní hodnoty.

Pokud se týká oblasti nepříznivých hodnot koncentrace fekálních koliformních bakterií, není zde opět vhodná charakteristická hodnota (podle ČSN 75 7221), neboť bývá počítána z nejvyšších hodnot (a v případě mikrobiologických ukazatelů často odlehlých či extrémních) – viz tabulku nebo obr. 1. Pro mikrobiologické ukazatele se zdá být nejvhodnější klasický percentil (x% kvantil) neboli kvantil, pod kterým se nalézá x % hodnot koncentrace z uvažovaného souboru experimentálních dat (podle potřeby x = 90 %, tj. P90, popř. P80), který je podobně jako medián robustní. Jednorázové extrémní hodnoty jsou krátkodobé, závislé na okamžité situaci v toku (např. po dlouhotrvajících deštích), a jakost vody v profilu nemusejí ovlivnit výrazným způsobem.

#### 4. Závěr

Tato studie ověřila a prokázala na reálných datech koncentrace fekálních koliformních bakterií (FKOLI) získaných monitorováním na vybraných profilech českých řek v dostatečně dlouhém časovém úseku, že jednoduché hodnocení mikrobiologických ukazatelů jakosti vody bez hlubší znalosti matematické statistiky (pouze na základě analogie aritmetického průměru a charakteristické hodnoty podle ČSN 75 7221) může být zavádějící a informace z mikrobiologických stanovení tak bývají znehodnocovány. Naměřené mikrobiologické údaje je potřeba důkladně analyzovat dostupnými statistickými metodami, např. průzkumovou analýzou dat – EDA, a teprve podle těchto údajů pak stanovit příslušné výběrové charakteristiky. Pro hodnocení mikrobiální kontaminace povrchových vod jsou vhodnější robustní charakteristiky střední hodnoty (medián) a nepříznivých (kritických) hodnot (příslušný x% percentil, např. P90) namísto standardně užívaných charakteristik (aritmetický průměr, kritická hodnota C90).

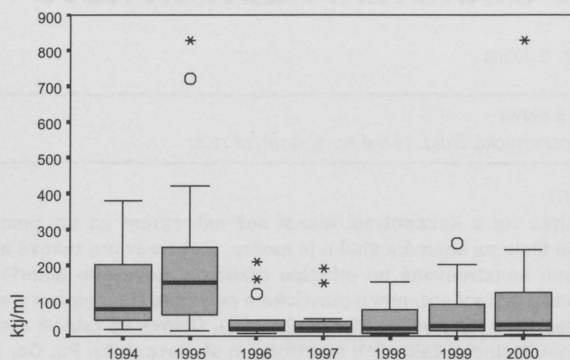
#### Literatura

- Baudišová, D. Mikrobiální kontaminace vodních toků. Výroční zpráva úkolu MŽP 1038/224, VÚV T.G.M., 2001, s. 1–35.  
 ČSN 75 7221 Jakost vody – Klasifikace jakosti povrchových vod. 1998.  
 Rieder, M. aj. Jakost vody v tocích 1999. ČHMÚ, 2000.  
 WHO: Guidelines for drinking water quality. 2<sup>nd</sup> edit., Vol. 1 Recommendation, Geneva, 1993, s. 1–188.  
 Meloun, M. a Miličková, J. Statistické zpracování experimentálních dat. Plus Praha, 1994.

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.  
 VÚV T.G.M. Praha  
 tel.: 220 197 219  
 Ing. Vladimír Hejtmánek, CSc.  
 Ústav chemických procesů AV ČR

#### Labe - Lysá

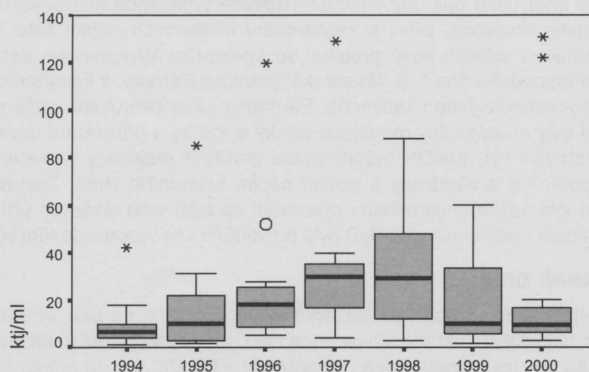
##### Fekální koliformní bakterie



rok

#### Sázava - Pikovice

##### Fekální koliformní bakterie



rok

Obr. 2. Hodnoty fekálních koliformních bakterií (FKOLI – ktj/ml) v labském profilu Lysá a v koupacím profilu Sázava-Pikovice v letech 1994 až 2000 znázorněné pomocí krabicových grafů

#### Key words

statistic evaluation, microbial contamination, surface water

The evaluation of microbial contamination of surface water (Baudišová, D., Hejtmánek, V.)

The aim of this study is the demonstration of different statistic evaluation of routine microbiological data. The results of thermotolerant (faecal) coliforms during the years of 1994–2000 in chosen river profiles (the Czech international Elbe profiles, and the profiles as Sázava-Pikovice, Berounka-Srbsko and Lužnice-Tábor) were processed. It is shown, that the microbiological data have lognormal distribution and that statistical values normally used (as mean and characteristic value C90 according to Czech standard 75 7221) are not suitable. Much more suitable are values as median (average value) and x%percentil e.g. P90 (for the area of maximal values), which are more robust.

**DUIS**

DUIS s.r.o. se specializuje na problematiku kanalizačních sítí a čištění odpadních vod včetně řešení složitých hydrotechnických a technologických výpočtů pomocí tuzemského i zahraničního software.

- Ochrana čistoty vod
- Odkanalizování a čištění odpadních vod
- Projektové dokumentace všech stupňů
- Optimalizace provozu ČOV

DUIS s.r.o., Srbská 1546/21, 612 00 Brno, tel.: 541 244 197-8  
 fax: 541 248 192, e-mail: duis@inbox.vol.cz, www.duis.cz

# LEVNÁ ELEKTROCHEMICKÁ ČIDLA PRO STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ

Eugen Sikora

## Klíčová slova

elektrochemická čidla, těžké kovy, analýza rtuti

## Souhrn

**Analýza Hg v koncentraci menší než mikrogram na litr pomocí zlatého filmu na skelném uhlíku je možná. Elektrody pro takové analýzy jsou konstruované na principu zakotvení kovového amorfního koloidního zlata v organicko-plastickém polymeru (propyleno relativní molekulové váhy od 12 000 do 28 000). Článek se zabývá zkouškami použitelnosti takových elektrod pro stanovení Cu, Pb, Cd, Zn, Hg, As v přírodních matricích i v odpadních vodách.**

## Úvod

V rámci výzkumných úkolů projektu EUREKA, který se zabýval vývojem levných elektrochemických čidel jako jednoúčelových senzorů pro stanovení těžkých kovů a jiných toxických částic, byly odzkoušeny některé analytické postupy s miniaturizovaně vybavenou instrumentální stripping analýzou. Vývoj a sestavování indikačních náplní čidel pro identifikaci těžkých kovů probíhal ve spolupráci Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, pobočka Ostrava, s Fakultou chemicko-technologickou Univerzity Pardubice. Pro ověřování vyvíjených čidel byly analyzovány modelové vzorky a vzorky s přirozenou matricí. K testování byly použity modifikované grafitové elektrody na keramické podložce a elektrody s aktivní náplní koloidního zlata. Testování čidel vyvinutých univerzitními pracovišti na bázi vytvrzovaných uhlíkových past modifikovaných HgO bylo prováděno i se vzorky odpadní vody.

## Rozsah prací

Byla zkoušena použitelnost nově vyvíjených čidel na bázi vytvrzovaných uhlíkatých past modifikovaných HgO. Analyty v matrici modelových vzorků byly jak jednotlivé kovy ze souboru – Cu, Pb, Cd, Zn (elektroanalýza 6 µg Cd/l C-pastovou elektrodou modifikovanou 15 % HgO), tak i směs všech sledovaných analytů (elektroanalýza směsí sledovaných analytů Cu, Pb, Cd, Zn – na vytvrzené uhlíkaté pastové elektrodě modifikované 10 % HgO). Bylo provedeno stanovení analytů v přírodních matricích vzorků pomocí nově vyvinutých čidel (elektroanalýzy odpadní vody – na vytvrzené uhlíkaté pastové elektrodě modifikované 10 % HgO).

- Z pokusu vyplynulo, že použitelnost vytvrzených uhlíkatých pastových elektrod modifikovaných HgO v závislosti na provedeném počtu analýz je charakteristická pro každou jednotlivou elektrodu samostatně, bez ohledu na množství použitého modifikátoru – % obsahu HgO v uhlíkaté pastě (i v sérii stejného druhu elektrod se stejným množstvím modifikátoru HgO je použitelnost elektrody individuální).
- Při sledování počtu prováděných analýz na stejné elektrodě (vytvrzené uhlíkaté pastové elektrodě modifikované HgO) bylo zjištěno, že jedna elektroda je použitelná pro deset až patnáct elektroanalýz za předpokladu čištění povrchu elektrody po každé analýze. Čištění povrchu elektrody bylo prováděno pomocí opakované elektroanalýzy v prostředí ultračisté vody s přídatkem základního elektrolytu (0,015 mg/l NaCl).

Souběžně probíhala aplikace jednoduchých elektrochemických čidel vyvinutých pracovištěm VÚV T.G.M., pobočka Ostrava. V rámci vývoje jednoduchých elektrochemických čidel a analytických procedur:

- byla zkoumána doba použitelnosti – životnosti aktivní náplně, přičemž čas od prvotní přípravy zlatého koloidu je delší než jeden rok (koloidně zlatý polypropylenový gel byl připraven v říjnu 1997 a ještě v červenci 2000 byl zkušebně způsobilý);
- byl studován charakter a chování aktivního povrchu náplně (koloidního zlata) za účelem stanovení funkčně použitelného pracovního okna (počet uskutečněných elektrochemických analýz na stejném povrchu) – v závislosti na koncentraci analytu a složitosti analyzované matrice bylo prováděno dvacet pět až třicet elektroanalýz bez obměňování povrchu a ze získaných zkušeností byl odvozen optimálně použitelný počet 20 elektroanalýz na stejném povrchu;
- byla zhotovena pastová koloidně zlatá elektroda PCGPE (Polymeric Colloidal Gold Paste Electrodes) – polyetylenové pouzdro s výtlačným pístem bylo plněno gelem zlatého koloidu a na modelovém vzorku trojice kovů (As, Pb a Cu) byla touto elektrodou provedena elektroanalýza metodou DPASV;
- z koloidního zlata byla sestrojena proužková koloidně zlatá elektroda (BCGE – bar colloidal golden electrodes), která testovala As voltamogramy pro opakované stanovení 50 µg As/l BCGE metodou DPASV;

- byla navržena, sestavena a vyzkoušena terčíková koloidně zlatá elektroda (TCGE – target colloidal golden electrodes), jejíž zkoušky proběhly při elektroanalýze modelových vzorků a vzorků s přirozenou matricí analytů (elektroanalýza 6 µg Cd/l s akumulací 40 minut na koloidním Au metodou DPV stripping\_A; elektroanalýza Cu ve vzorku č. 128 terčíkovou koloidně zlatou elektrodou metodou DPV stripping\_A).

## Materiálové a přístrojové vybavení

### Elektrochemická čidla

#### Proužková elektroda (BCGE)

Vhodným snížením viskozity zlatého gelu byl připraven inkoust zlatého koloidu, který lze nanášet na pevné povrchy ve formě proužků zlatého koloidu, např. na mikroskopické sklíčko, skleněné tyčinky nebo keramické destičky.

#### Terčíková koloidně zlatá elektroda (TCGE)

Gel zlatého koloidu lze použít pro pokrytí plošky – terčíku na elektrickém vodiči, který vystupuje na povrch z kompaktního bloku nevodivého materiálu (např. Cu vodič, který je zalitý v bloku pryskyřice – akrylát, polyethylen, teflon apod.), jehož jeden konec je připojen k přístroji a druhý konec je zabroušen do roviny s kompaktním blokem. Na takto upravenou plošku kompaktního bloku se nanese tenká vrstvička zlatého gelu v podobě terčíku. Lze použít i vyřazené těleso pevné měrné – např. grafitové, selektivní monokrystalové či jiné elektrody (pomocná Pt elektroda, která má ulomený Pt hrot a konec tělesa se zabrousí do roviny, nebo z vyřazené monokrystalové selektivní elektrody, kde byl odstraněn monokrystal). Bez úpravy lze použít plně funkční grafitovou elektrodu (elektrodu ze skelného uhlíku, nebo zlatou či jinou kovovou elektrodu), na jejíž spodní konec (dno) se nanese zlatý koloidní gel ve tvaru terčíku. Terčík se odstraní opláchnutím v diethyletheru a následnou elektrolyzou v základním elektrolytu (0,5M kyselina chloristá; 0,2M NaCl) se elektroda vyčistí.

Referenční elektroda argent-chloridová dvoumístková fy Elektrochemické detektory, spol. s r. o., Trutnov

Pomocná elektroda Pt fy Elektrochemické detektory, spol. s r. o., Trutnov

Terčíkovou koloidně zlatou elektrodou (TCGE) byla stanovena měď ve vzorku s přirozenou matricí a výsledek (11,4 µg Cu/l) poskytoval dobrou shodu s analýzou prováděnou souběžně AAS na spektrometru Varian 30 (10 µg Cu/l).

### Analýzátor

EKOTRIBO Polarograf – PC fy Polaro-Sensors, spol. s r. o., Praha

### Zařízení k přípravě vody nejvýše dostupné čistoty

K přípravě ultračisté vody bylo použito zařízení „AquaDem“ typ O3 s keramickým filtrem „U.S. FILTER FCCPP11S2 Capsule filter 0,2 µm“ a germicidním zářičem „Ultravioleta water sterilizer STERLING“.

Před skladováním je prováděna finální úprava vody v inertní atmosféře dusíku dvoustupňovým redestilačním křemenným zařízením „HERAEUS“. Skladování je prováděno v hermeticky uzavřeném PE tan-ku o obsahu 50 litrů pod přetlakem N<sub>2</sub> čistoty 5.0 ECD.

### Ostatní materiál

Laboratorní sklo

Standardy fy Merck

### Studie interferencí analytů

Byl prováděn také výzkum interferenčních vlivů a způsobu eliminace se zaměřením na použitelnost v reálných podmínkách stanovení v odpadních vodách, kde je matrice analytů nejsložitější a koncentrace povrchově aktivních látek někdy značná.

V průběhu zkoušek uhlíkatých vytvrzených pastových elektrod modifikovaných HgO a testování koloidního zlata bylo zjištěno, že dochází k překrývání píků Pb píky Cd při poměru Cd k Pb od 0,5 : 1 (rovnocenná koncentrace Cd s Pb již znemožňuje přesné stanovení obou analytů ve vzorku). Zvýšením koncentrace Pb pomocí přídatku standardního roztoku Pb na dvojnásobek koncentrace Cd se dá negativní jev eliminovat a elektroanalýza je vyhodnotitelná. Interferenci Cu při stanovení Pb lze odstranit maskováním Cu (např. v diamokomplexu). Nebyl ale zjištěn negativní vliv přirozených povrchově aktivních látek (elektroanalýzy odpadní vody ČOV – na vytvrzené uhlíkaté pastové elektrodě modifikované 10 % HgO). Pro kontrolu byly provedeny též analýzy novým čidlem a souběžná stanovení atomovou absorpční spektrometrií.

Byly zkoušeny matricové efekty a interference, některé negativní vlivy lze eliminovat maskováním podle běžné rutinní praxe. U většiny analyzovaných reálných vzorků nebyl pozorován negativní vliv přirozených povrchově aktivních látek. Byla sestrojena plněná elektroda na bázi zlatého koloidního gelu – PCGPE, navržena a vyrobena terčíková elektroda na bázi koloidního zlata – TCGE, dále byla sestrojena a odzkoušena koloidně zlatá proužková elektroda – BCGE.

## Závěr

Elektrody konstruované z koloidního zlata jsou vhodné pro stanovení Hg, Cu a As v oboru koncentrací hodnoceného analytu v jednom litru vzorku – desítek nanogramů pro Hg a jednotek mikrogramů pro As, Cu.

Elektrody vyrobené z vytvrzované uhlíkaté pasty modifikované HgO byly zkoušeny pro stanovení kvarteta kovů – Cu, Pb, Cd, Zn v oboru koncentrací od jednotek mikrogramů až do první desítky miligramů v jednom litru vzorku. Pouze elektroda z vytvrzované uhlíkaté pasty modifikované 15 % HgO vykazovala dostatečnou citlivost pro Cd i v oboru koncentrací pod 6 mikrogramů Cd na jeden litr vzorku (elektroanalýza 6  $\mu\text{g}$  Cd/l C-pastovou elektrodou modifikovanou 15 % HgO). Ostatní kovy – Cu, Pb, Zn, které byly analyzovány elektrodou modifikovanou 10 % HgO, byly vyhodnotitelné až od desítek (Cu 80) a stovek (Pb 100 a Zn 500) mikrogramů na jeden litr vzorku. Elektrody modifikované 1 % a 5 % HgO poskytovaly vyhodnotitelné píky pro Cd až při koncentracích větších než 0,5 miligramu na jeden litr vzorku. Elektrody vyrobené z vytvrzované uhlíkaté pasty modifikované HgO jsou vhodné pro elektrochemická stanovení reálných vzorů znečištěných vod a silně znečištěných vod (odpadních vod). Experimenty s těmito nově vyvinutými čidly umožnily použití pro elektrochemické stanovení těžkých kovů v běžné analýze vod.

## Literatura

- Kalvoda, R. Elektroanalytická chemie životního prostředí. Praha: SNTL, 1985.
- Kalvoda, R. Adsorpční rozpouštěcí voltametrie. In Zyka (ed) *Nové směry v analytické chemii*, svazek IV, Praha: SNTL, 1988, s. 90–117.
- Švancara, I. a Schachl, K. Testing of unmodified carbon paste electrodes. *Chemické listy*, 93, 1999, s. 490–499.
- Novotný, L. a Yosypchuk, B. Pevné stříbrné amalgamové elektrody. *Chemické listy*, 94, 2000, s. 1118–1120.
- Sikora, E. Vývoj zlaté koloidní elektrody a její analytická aplikace při elektrochemických stanoveních kovů ve vodách. Sborník přednášek semináře *Analýza organických látek v životním prostředí*, K. Lhotka, říjen 2000.

Kalvoda, R., Barek, J. a Dřevínek, M. Adsorpční rozpouštěcí metody v elektroanalýze – databáze aplikací. *Chemické listy*, 95, 2001, s. 82–85.

Ing. Eugen Sikora  
VÚV T.G.M., pobočka Ostrava  
tel. 596 134 181, linka 20

## Key words

electrochemical sensors, heavy metals, analysis of mercury

*Cheap Electrochemical Sensors for determination Heavy Metals (Sikora, E.)*

The indication of low concentrations of mercury in the samples by golden film on the surface of glass carbon is possible by using new findings in analytical electrochemistry. The analysis of mercury (II) in concentrations of less than one microgram per litre in a sample of water is now possible. The electrodes are constructed on the principle of metallic golden colloid inputted to polypropylene (relative molecular mass from 12 thousand to 28 thousand) and using these compounds as the active paste sensor after mixing. The PCGPE (Polymeric Colloidal Gold Paste Electrodes) must be activated by electrical shocks of voltage from minus six hundred millivolts to plus sixteen hundred millivolts (-600mV to +1600mV), increasing by approximately 10 V per second after a 24-hour maturation. A straightforward analysis of mercury in natural pure water (surface water and drinking water) is possible through electro analysis with PCGPE. The renovation of the surface of the golden film on solid carbon electrodes and carbon paste electrodes is technically difficult and the process takes a long time. When metal golden colloid is used in cartridge electrodes with the correct electrolyte, the active surface of these electrodes (PCGPE) needs no renovation. The application of electrochemical analysis using electrodes with a golden surface is easy. The study of the character of golden jelly is very necessary for detecting low concentrations of metals on water. It was testing golden colloidal electrodes. Also was testing carbon paste electrodes modifying by mercury oxide. Their mutual juxtaposition was must for next analytical application. This publication treats of test both kind electrodes.

# ACIDITA ANORGANICKÝCH KOAGULANTŮ A ÚPRAVA VODY

Josef Vostrčil

## Klíčová slova

koagulanty, efektivní acidita, dávkování koagulantu, aplikace

## Souhrn

**Článek poukazuje na možnost využití acidity kovových koagulantů k předpovědi dávky koagulantu, finálního pH i ke zlepšení kontroly koagulačního procesu. Uvádí aplikaci tohoto postupu na příkladech.**

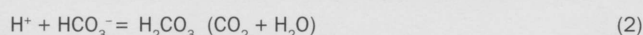
Koagulanty se při úpravě vody používají k různým účelům; při čiření vody hlavně k destabilizaci a odstraňování suspendovaných a koloidních částic. Velkou skupinu koagulantů tvoří koagulanty na bázi hydrolyzovatelných kovů, hlavně Fe a Al, které lze členit na koagulanty jednoduchých solí (např. síran hlinitý), koagulanty předem zhydrolyzovaných solí kovů (např. polyaluminiumchloridy – PACL) a směsné koagulanty. Stupeň, na který jsou H<sup>+</sup> ionty produkované hydrolyzou předem neutralizovány, se nazývá bazicita koagulantu; ta je dána následující rovnicí uvedenou v [1]

$$\text{bazicita (\%)} = \frac{100}{3} \cdot \frac{(\text{OH})}{(\text{M})} = \frac{r}{3} \quad (1)$$

kde  $r = \frac{(\text{OH})}{(\text{M})}$  je molární poměr hydroxidu vázaného ku kovovému iontu (M) pro všechny produkty hydrolyzy kovu v nezředěném roztoku koagulantu.

Někteří výrobci připravují roztoky koagulantů, které obsahují vedle soli kovů i jisté množství silné kyseliny, nejčastěji kyseliny sírové. Typicky, kyselinou doplněný produkt síranu hlinitého (nazývaný též oksy-selený síran Al, popř. kyselý síran Al) obsahuje 5 až 20 % hmot. kyseliny sírové (93% hmot.). Jsou též vyráběny roztoky solí železa (např. síran železitý) s obsahem volné kyseliny sírové. Jsou-li koagulanty na bázi Al, popř. Fe, s obsahem volné silné kyseliny přidány do vody, rea-

gují s větším množstvím alkality (KNK-4,5) vody a snižují tak pH vody v daleko větší míře než koagulynty bez podpůrné volné kyseliny

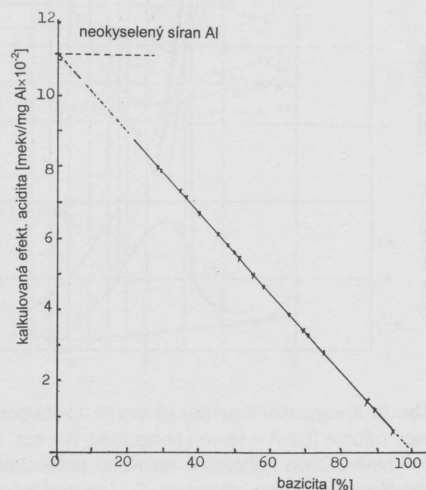


Acidita roztoků komerčního koagulantu závisí na bazicitě předem zhydrolyzovaných produktů a na obsahu kyseliny v oksy-selených produktech. Letterman aj. [2] ukázali, že efektivní acidita (Acef) může být zjištěna za použití následujícího vzorce:

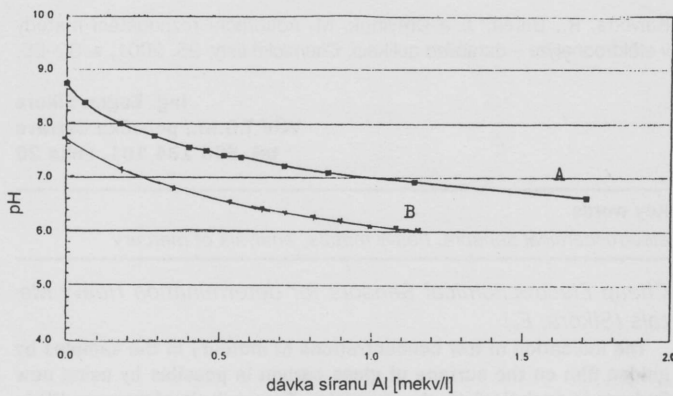
$$\text{Acef}(\text{mekv/mg kovu}) = \frac{300 - 3B}{100(\text{AH})} + \frac{A}{52,7(\text{KK})} \quad (3)$$

kde B je bazicita předem zhydrolyzovaných produktů (%),  
A – hmotové procento kyseliny sírové (93 % hmot.) v produktu s obsahem kyseliny,  
AH – atomová hmotnost kovu (Al = 27, Fe = 55,9),  
KK – koncentrace kovu v roztoku produktu (% hmot.).

Efektivní acidita koagulantů je měrou množství kyseliny v koagulantu. Závisí na částicích kovu v čistém koagulantu a na částicích vytvářených během hydrolyzy. Tato uvolněná kyselina redukuje pH a ovlivňuje tak potřebu koagulantu. Velikost snížení pH závisí na alkalitě surové vody. Rovnice (3) je založena na předpokladu, že převažující produkt hydrolyzy po přidání koagulantu do vody je sraženina hydroxidu kovu, Al(OH)<sub>3</sub> nebo Fe(OH)<sub>3</sub>, s molárním pomě-



Obr. 1. Závislost efektivní acidity na bazicitě polyaluminiumchloridů



**Obr. 2.** Titrační křivka vody s KNK-4,5 a pH: A – 3,7 mekv/l, pH = 8,75 [1]; B – 1,9 mekv/l, pH = 7,7 (titrace síranem hlinitým)

rem OH/kov = 3. Protože je velmi nepravděpodobné, že by výrobce přidal podpůrnou kyselinu sírovou do roztoku předem zhydrolyzovaného produktu, může se předpokládat, že v případě  $B > 0$  je  $A = 0$ , naopak v případě, že  $A > 0$  je  $B = 0$ . Příklady hodnot efektivních acidit některých komerčních koagulantů na bázi hydrolyzujících kovů jsou v tabulce 1, popř. obr. 1. Malá změna v bazicitě má velký vliv na efektivní aciditu pro odstraňování celkového organického uhlíku – TOC [2].

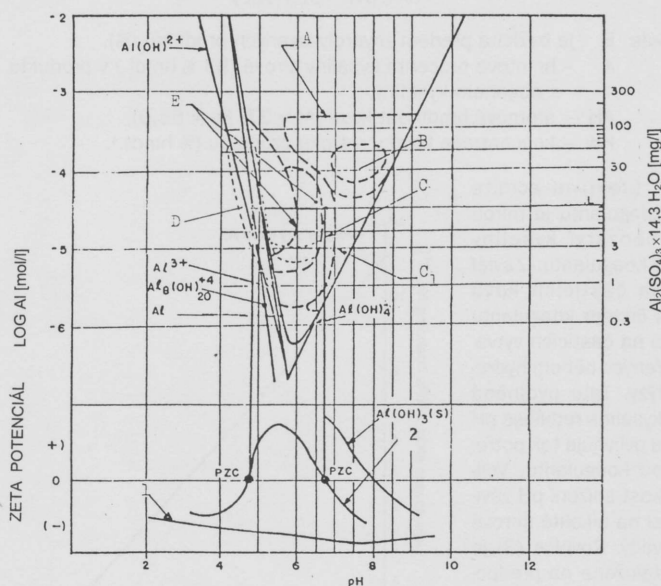
Efektivní acidita koagulantu se může použít ke stanovení vztahu mezi dávkou koagulantu a pH vody po flokulaci a separaci vloček. Několik příkladů využití efektivní acidity:

Abychom získali uvedený vztah, titruje se upravovaná voda roztokem koagulantu známé efektivní acidity při současném měření pH. Výsledek titrace se znázorní jako závislost pH vody na dávce koagulantu vyjádřené jako mekv/l, přičemž dávka koagulantu v mekv/l je dána jako dávka koagulantu v mg/l kovu (Al nebo Fe) násobena efektivní aciditou koagulantu v mekv/mg kovu. V případě, že se dávka koagulantu odečítá jako objem roztoku koagulantu na objem vody, pak její konverze na koncentraci hmotových jednotek je dána [1, 2]:

$$\text{dávka koagulantu (mg/l kovu)} = \text{objemová dávka (}\mu\text{l/l)} \cdot \text{SG} \cdot \rho_v \cdot \text{KK}/100 \quad (4)$$

kde SG je hustota roztoku koagulantu ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  
 $\rho_v$  – hustota vody ( $1 \text{ mg}/\mu\text{l}$ ).

Hustota roztoku koagulantu a koncentrace kovu jsou obvykle uváděny na štítku daného koagulantu. Vztah mezi množstvím přidávaného koagulantu a pH upravované vody může kolísat s dobou povolenou pro reakci. Vztah může být ovlivněn transportem  $\text{CO}_2$  mezi roztokem a atmosférou, proto vztah odvozený z laboratorního měření nemusí vždy přesně souhlasit s průběhem na technologické lince.



**Obr. 3.** Koagulační diagram síranu Al – zeta-potenciál – oblasti neutralizace náboje [5]: A – sweep koagulace, B – opt. oblast sweep koagulace, C – neutralizace náboje do nulového potenciálu pomocí  $\text{Al}(\text{OH})_3^{(s)}$ ,  $C_1$  – kombinace sweep + adsorpce, D – neutralizace náboje do nulového potenciálu pomocí  $\text{Al}_x(\text{OH})_x^{+4}$  /  $\text{Al}(\text{OH})_3^{(s)}$ , E – zona restabilizace; 1 – koloid neupravený, 2 – koloid pokrytý  $[\text{Al}(\text{OH})_3]^{(s)2+}$ ; PZC – izoelektrický bod

**Tabulka 1.** Efektivní acidita některých komerčních koagulantů na bázi hydrolyzovatelných kovů

Koagulant	Bazicita %	Obsah kys. sírové (93 %) % hmot.	Koncentrace kovu v roztoku produktu % hmot.	Kalkulovaná efektivní acidita mekv/mg Me
síran hlinitý neokyselený	0	0	4,3	0,111
síran hlinitý okyselený		10	2,95	0,175
Sachtoclar	50–60	0	5,4–6,6	0,056–0,044
Gilufloc 40H	35 min	0	5,3–5,8	0,072
HYPERION 1050	70–75	0	4,2–4,5	0,033–0,028
Stern PAC	50 ± 5	0	5,4 ± 0,16	0,056–0,05
Aqualenc	58	0	4,3	0,047
Ekoflock	29	0	5,3	0,079
WAC Atochem	55	0	5,3	0,05
PAX-14	33–37	0	8,2 ± 0,2	0,074–0,07
PAX-19	63	0	3,7	0,041
PAX 11S	57	0	5,2	0,48
UPAX-5	33	0	1,3	0,074
PAX-XL 1	68	0	4,3	0,036
PAX-XL60	40	0	13,4	0,067
UPAS-1220	30	0	7,6	0,077
PAC 2	77	0	11,5	0,026
síran železitý neokyselený	7	0	12	0,051 <sup>1)</sup>

Me – kov Al nebo Fe

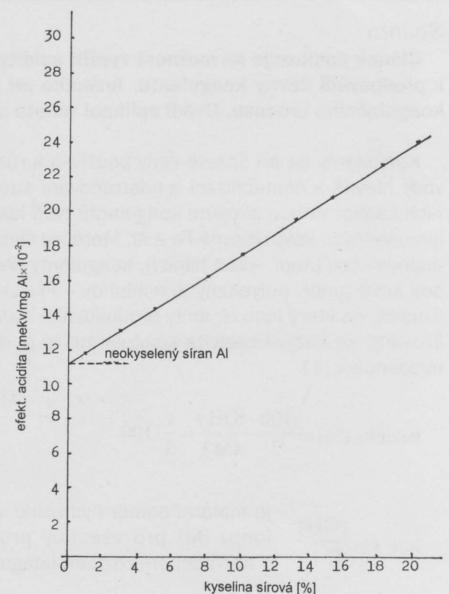
<sup>1)</sup> – lit. [1]

Příklad titrační křivky surové vody (alkalita 3,7 mekv/l, pH = 8,75) titrované roztokem síranu hlinitého (efektivní acidita 0,111 mekv/mg Al) je uveden na obr. 2. Cílem využití této titrační křivky je např. stanovení výsledného pH upravené vody, použijeme-li jako koagulant polyaluminiumchlorid o bazicitě 75 % a efektivní aciditě 0,028 mekv/mg Al a je-li dávka koagulantu 8 mg/l Al (tj. 47,5  $\mu\text{l}$  komerčního roztoku PACI na litr suspenze). Za použití efektivní acidity uvedeného produktu PACI a dávky koagulantu se množství přidané kyseliny do vody dávkováním roztoku stanoví

$$8 \text{ mg/l} \cdot 0,028 \text{ mekv/mg Al} = 0,22 \text{ mekv/l}$$

Podle obr. 2 bude při dávce koagulantu 0,22 mekv/l výsledné pH = 7,8. Výsledné pH při koagulaci může být kalkulováno též za použití rovnovážných stavů, které popisují systém anorganického uhlíku [1, 3]. Vztahy anorganického uhlíku se mohou použít pouze tehdy, když jiné zásady než uhlíčitany a hydroxidy jsou v nevýznamném množství ve srovnání s celkovou alkalitou systému. Jsou-li přítomny např. křemičitany a organické kyseliny v patrném množství, pak nemusí dále diskutované vztahy v tomto případě dávat přesné výsledky:

- Počáteční koncentrace celkového anorganického uhlíku  $C_T$  se kalkuluje za použití počátečního pH a počáteční alkality, např. pH = 8,75, alkalita 3,70 mekv/l. Za předpokladu teploty vody 25 °C a iontové síly  $4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$  je v tomto případě  $C_T = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ .
- Finální alkalita se stanoví za použití původní alkality vody, tj. 3,7 mekv/l, efektivní acidity a dávky roztoku koagulantu PACI, tj. efektivní acidita PACI = 0,028 mekv/mg Al, dávka PACI = 8 mg/l Al. Finální acidita se rovná



**Obr. 4.** Vliv okyselení síranu hlinitého s obsahem 2,95 % Al na jeho efektivní aciditu (kys. sírová 93% hmot.)

$$3,7 \text{ mekv/l} - (8 \text{ mg/l Al} \cdot 0,028 \text{ mekv/mg Al} = 0,224) = 3,48 \text{ mekv/l}$$

- Finální pH vody se určí kalkulací rovnovážných vztahů za použití finální alkality, tj. 3,48 mekv/l, počáteční hodnoty  $C_T$ , tj.  $3,6 \cdot 10^{-3}$  mol/l, teploty a iontové síly. Finální pH = 7,75. Při použití počátečního  $C_T$  ke kalkulaci finálního pH se předpokládá, že systém během flokulace a separace vloček nevymění významné množství  $CO_2$  s atmosférou; závažný předpoklad pro typický provoz úpravy [4].

Pro danou dávku a potřebu koagulantu závisí množství vytvořené sraženiny kovového hydroxidu na finálním pH vody, jakož i na reakční době, teplotě a jiných faktorech. Jestliže finální pH upravované vody je blízko pH minimální rozpustnosti sraženiny kovového hydroxidu, bude množství sraženiny maximalizováno a množství rozpustného zbytkového kovového iontu ve vodě minimalizováno; pH minimální rozpustnosti  $Al(OH)_3$  je asi 6,0 a pro  $Fe(OH)_3$  asi 8,0.

Finální pH vody je určeno počáteční alkalitou a pH vody a množstvím  $H^+$  iontů přidaných nebo formovaných uvnitř systému roztoku koagulantu. Množství  $H^+$  iontů je kvantifikováno efektivní aciditou roztoku koagulantu – je tedy efektivní acidita klíčovým parametrem při předpovědi vztahu mezi dávkou koagulantu a finálním pH vody. U vody s nízkou alkalitou se pro lepší koagulační účinnost přidávají k původní alkalitě zásady a/nebo se používají koagulanty s nižší efektivní aciditou (např. PACl s vysokou bazicitou).

Zjištění požadované acidity koagulantu za použití koagulačních diagramů: Efektivní aciditu hydrolyzovatelných kovových koagulantů lze využít ve spojení s koagulačními diagramy k výběru vhodného koagulačního produktu a dávky koagulantu pro danou aplikaci. Koagulační diagram má praktickou užitečnost v případě, že data k jeho přípravě byla získána za vhodného chemického složení roztoku a teploty, typu a koncentrace částic, typu koagulantu a za téže metody separace. Obrázek 3 ukazuje koagulační diagram, který je vhodný pro síran hlinitý, popř. pro produkty PACl o nízké bazicitě  $\leq 50\%$ , tj. vyšší efektivní aciditě. Upravuje zředěnou suspenzi částic se zanedbatelnou koncentrací přírodních organických látek; separace vloček je prováděna sedimentací. Účelem koagulace obvykle bývá docílení optimální obalové („sweep“) koagulace [5].

Podle diagramu na obr. 3 je třeba k dosažení uvedené podmínky minimální koncentrace  $Al\ 8 \cdot 10^{-5}$  M (= 2,16 mg/l Al = 24 mg/l  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14,3 H_2O$ ) a pH cca 7,5. Titrční křivka uvedená na obr. 2, která byla použita v dříve uvedených příkladech, je aplikovatelná i v tomto případě. Tato křivka platí pro surovou vodu s alkalitou 3,7 mekv/l. Podle obr. 2 se k dosažení pH 7,5 požaduje dávka koagulantu 0,43 mekv/l. Protože k dosažení optimální sweep koagulace je

třeba 2,16 mg/l, měl by mít volený produkt koagulantu efektivní aciditu 0,43 mekv/l : 2,16 mg/l = 0,2 mekv/mg Al

Poněvadž roztoky komerčního síranu Al mají efektivní aciditu cca 0,111 mekv/mg Al, výsledky ukazují, že by se měl uvažovat síran Al okyselený kyselinou. Podle rovnice (3), popř. obr. 4 síran hlinitý s obsahem 14 % hmot. kyseliny sírové (93% hmot.) by měl mít efektivní aciditu asi 0,2 mekv/mg Al. Nebo alternativně by se před přidáním roztoku koagulantu síranu hlinitého k redukci původní alkality mohla dávkovat silná kyselina, např.  $H_2SO_4$ .

Jednou z metod identifikovaných americkou EPA jako „Best Generally Available“ pro redukci četných nečistot ve vodě je zdokonalené čiření, spočívající ve zlepšené kontrole koagulačního procesu podmíněného správnou volbou vhodného koagulantu a optimalizací jeho dávky.

#### Literatura

- [1] Letterman, RD. Water Quality and Treatment. Handbook of Community Water Supply. 5<sup>th</sup> Edition, New York: McGraw-Hill, Inc., 1999.
- [2] Letterman, RD., Chappell, R., and Mates, B. Effect of pH and Alkalinity on the Removal of NOM with Al and Fe Salt Coagulants. AWWA WQT Conf., Nov 17-21, Boston, MA, 1996 (separat).
- [3] Snoeyink, VL. and Jenkins, D. Water Chemistry. New York: John Wiley, 1980.
- [4] Shankar, S. and Letterman, RD. Modeling pH in water treatment plants the effect of carbon dioxide transport on pH profiles. AWWA Am. Ann. Conf., June 23-27, Toronto, ON, 1996 (separat).
- [5] Amirthajarah, A. Coagulation-rejuvenation for classical process. *Wat. Eng. and Management*, 137, 1990, 12, p. 25.

Ing. Josef Vostrčil, CSc.  
Brno

#### Key words

coagulants, effective acidity, coagulant dosing, application

*Acidity of Inorganic Coagulants and Water Treatment (Vostrčil, J.)*

**In the article, attention is drawn to the possibility of utilizing the acidity of metal coagulants for predicting the coagulant dose and the final pH, as well as for improving the control of the coagulation process. Application of this process is shown by examples.**

## ČINNOST ASLAB V ROCE 2002

Eva Klokočnicková, Alena Nižnanská, Ivan Koruna,  
Lubomír Kábrt

#### Klíčová slova

mezilaboratorní porovnávání zkoušek, posuzování způsobilosti laboratoří, správná laboratorní praxe

#### Souhrn

Článek podává stručný přehled o činnosti Střediska pro posuzování způsobilosti laboratoří v loňském roce. Uvádí přehled o jednotlivých projektech mezilaboratorního porovnávání zkoušek, včetně výčtu nově sledovaných parametrů, dále číselné údaje o počtech účastníků těchto porovnávání a také počtech posouzených laboratoří. Uvádí též aktivity ASLAB v oblasti tvorby nových legislativních předpisů.

ASLAB podle svého statutu a zřizovací listiny Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka organizuje v oblasti své působnosti mezilaboratorní porovnávání zkoušek (MPZ), provádí posuzování správné činnosti laboratoře a plní i další funkce, které jsou popsány v dalším textu.

### 1. Součinnost při tvorbě nových předpisů

ASLAB sestavoval podle pokynu OOV MŽP aktuální seznamy oprávněných laboratoří, které byly uveřejněny ve Věstníku MŽP, částka 7, ročník 2002. Tyto seznamy byly doplněny i o ukazatele, pro jejichž stanovení uvedené oprávněné laboratoře používají analytickou metodu předepsanou podle § 92 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů, a přílohy č. 2 vyhlášky č. 293/2002 Sb. Poskytoval také ministerstvu a dalším spolupracujícím organizacím informace o chování analytických metod, které jsou laboratořemi využívány ke stanovení ukazatelů přípustného stupně znečištění vod.

Spolupracoval i na tvorbě nového vládního nařízení, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného znečištění vod, a nařízení vlády o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů, stejně jako na tvorbě technických norem, včetně ověřování návrhů norem a nových či upravených pracovních postupů v praxi. Dále poskytoval servis pracovníkům státní správy a ČIA v oblasti zabezpečení jakosti zkoušek.

### 2. Metodický rozvoj v oblasti mezilaboratorních porovnávání zkoušek (MPZ)

ASLAB navazuje na nové a připravované legislativní předpisy obsahující zkušební metody nebo odkazy na ně a vypracovává metodiky mezilaboratorních porovnávání zkoušek v těchto nových oblastech s cílem jejich zavádění do svých programů. V roce 2002 se zaměřil na přípravu laboratoří na změny podmínek vyplývajících z nové či upravené legislativy a také na její další ověřování.

### 3. Mezilaboratorní porovnávání zkoušek

ASLAB organizuje podle svého statutu mezilaboratorní porovnávání zkoušek, které slouží k ověření schopnosti laboratoře provádět zkoušky. Mezilaboratorní porovnávání zkoušek tvoří značný podíl činnosti střediska a jsou podle platného statutu základní úrovní vnější kontroly hydroanalytických laboratoří. Účast v MPZ je podmínkou udělení Osvědčení o správné činnosti laboratoře. V roce 2002 měl zájem o MPZ mírně se zvyšující úroveň (tabulka 1). Největší počet analýz byl uskutečněn v oblasti chemického rozboru vod. Kritéria úspěšnosti pro jednotlivé ukazatele byla stanovena z trendů souborů výsledků z minulých let a stanovena jako parametry ideálního statistického

Tabulka 1. Vývoj počtu registrovaných laboratoří

Rok	1990*	1991*	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Evidováno	59	83	287	472	560	622	677	722	763	793	809	828	845
z toho aktivních	59	83	287	472	560	550	583	579	613	591	600	604	613

\* V letech 1990–1991 metodické vedení VÚV T.G.M.

souboru. Celkem se MPZ 2002 účastnilo v oblasti chemie a radiochemie 1 529 laboratoří, v oblasti biologie 279 laboratoří.

### 3.1 Nově zavedené parametry v roce 2002

V oblasti chemických zkoušek ASLAB organizoval mezilaboratorní porovnávání zkoušek s problematikou rozboru kalů poprvé podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

V souladu s vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. a vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 426/2001 Sb. bylo poprvé do dvou projektů MPZ zařazeno stanovení barvy a zákalu.

ASLAB dále organizoval mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti hodnocení odpadů podle zákona č. 185/2001 Sb. a ověřoval tím vhodnost používání doporučených postupů pro tato stanovení. Mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti hodnocení odpadů bylo zaměřeno na analýzu vodného výluhu a na analýzu pevného vzorku. Ve vzorku bylo možno stanovit ve vodném výluhu pH, konduktivitu, fenolový index, amonné ionty, chloridy, dusičnany, dusitaný, fluoridy, kyanidy celkové, sírany, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr<sup>celk.</sup>, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn. V pevném vzorku bylo možno stanovit polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU – acenaften, anthracen, benz[*a*]anthracen, benzo[*b*]fluoranthren, benzo[*k*]fluoranthren, benzo[*a*]pyren, benzo[*g,h,i*]perylene, dibenz[*a,h*]anthracen, fluoranthren, fluoren, chrysen, indeno[1,2,3-*c,d*]pyren, naftalen, pyren), polychlorované bifenyly a nepolární extrahovatelné látky.

Nově byl také zařazen ukazatel nepolární extrahovatelné látky stanovené pomocí GC, a to z důvodů ověření nové normy ČSN EN ISO 9377-2 Stanovení nepolárních extrahovatelných látek metodou plyno-

vé chromatografie po extrakci rozpouštědlem, protože používání trifluorochlorethanu při analýzách NEL se stává nedostupným.

ASLAB organizoval dvakrát mezilaboratorní porovnání zkoušek PCB v minerálních olejích, neboť zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. a vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb. stanovují povinnost evidovat množství PCB v kapalinách provozních zařízení a v odpadech a zároveň vyžadují, aby stanovení PCB v těchto matricích bylo prováděno pouze určenými analytickými metodami v laboratořích, které k tomuto stanovení prokážou způsobilost.

ASLAB organizoval v r. 2002 poprvé MPZ v oblasti ovzduší. Jednotlivé projekty MPZ byly zaměřeny na stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků a těkavých organických látek v ovzduší a také na stanovení těžkých kovů v polétavém prachu.

V oblasti biologických zkoušek byl vzorek pro hydrobiologický rozbor vod poprvé připraven uměle vzhledem k nevhodnému kvalitativnímu složení a množství biosestonu u všech sledovaných lokalit. Byly připraveny vzorky s obsahem biosestonu na koncentrační úrovni surové a upravené pitné vody.

Cílem mezilaboratorního porovnávání zkoušek v oblasti mikrobiologie bylo stanovit počty heterotrofních mikroorganismů a indikátorů fekálního znečištění, včetně nově zavedených ukazatelů (jako například kultivovatelné mikroorganismy, *Escherichia coli* a *Clostridium perfringens*). Mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti stanovení ekotoxicity bylo připraveno podle Metodického pokynu MŽP pro stanovení ekotoxicity vodných výluhů odpadů. Vzhledem k tomuto pokynu bylo MPZ rozšířeno i o testování výluhu pevného odpadu na luminiscenčních bakteriích *Photobacterium phosphoreum* podle DIN 38 412, část

34, k ověření vhodnosti použití této metodiky pro podobné typy zkoušek a zařazení této metodiky do příslušných legislativních dokumentů (např. testování výluhů odpadů).

Mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti biodegradability se zaměřilo nejen na zkoušení způsobilosti zúčastněných laboratoří, ale i na zjištění vhodnosti použití příslušných metodik pro testování biologické rozložitelnosti chemických látek.

### 3.2 Mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti chemie

Celkem organizoval ASLAB v této oblasti 18 mezilaboratorních porovnávání zkoušek. Přehled těchto zkoušek je v tabulce 2.

Příprava vzorků pro MPZ je podrobována auditu. Audit v připravujících laboratořích provádí expert jmenovaný ASLAB, nebo v případě, kdy je MPZ přihlášeno do Národního programu zkoušení způsobilosti, jmenovaný Českým institutem pro akreditaci.

ASLAB zjišťuje za účelem evidence a účinnosti používaných zkušebních metod postupy, kterými laboratoř analyzovala jednotlivé ukazatele. Statistický přehled používaných metod je uváděn ve zprávě o MPZ a je využíván při metodickém řízení a přípravě technických norem.

### 3.3 Mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti biologických metod

V roce 2002 byla Střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří uspořádána čtyři mezilaboratorní porovnávání zkoušek v oblasti mikrobiologie, hydrobiologie a v oblasti ekotoxicity a biodegradability. Přehled těchto mezilaboratorních porovnávání zkoušek je uveden v tabulce 3.

## 4. Posuzování způsobilosti laboratoří

ASLAB podle svého statutu a zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, a vyhlášky MŽP č. 293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, posuzuje způsobilost laboratoří podle kritérií normy ČSN EN ISO/IEC 17 025 Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. Laboratoře s Osvědčením o oprávněné činnosti laboratoře, které uděluje ASLAB, jsou pak autorizovány Ministerstvem životního prostředí k výkonu činnosti oprávněné laboratoře podle citovaného zákona uvedením ve Věstníku MŽP.

Na základě dopisu ředitele odboru ochrany vod MŽP provádí ASLAB také posuzování sys-

**Tabulka 2.** Přehled mezilaboratorních porovnávání zkoušek v oblasti chemie v roce 2002

Název Měsíc distribuce	Náplň	Počet účastníků
OR-CH-1/02 březen	Nepolární extrahovatelné látky v zeminách (metodický pokyn Kritéria znečištění zemín a podzemní vody)	82
OR-CH-2/02 březen	PAU, PCB, OPC v zeminách (metodický pokyn Kritéria znečištění zemín a podzemní vody)	43
OR-CH-3/02 březen	SAA: Pb, Al, Mn, Cu, Zn, Fe, Ba, Be, Cr, Ni, Se, Cd, Ag, V, As, Co (pitná, povrchová a odpadní voda) SOA: NEL, OCP (pitná, povrchová a odpadní voda) triaziny (pitná voda a povrchová voda)	180
OR-CH-4/02 květen	Rozbor kalu podle zákona č. 185/2001 Sb. a vyhlášky č. 382/2001 Sb.	72
OR-CH-5/02	ZCHR: vodivost, KNK-4,5, rozp. látky, chloridy, sírany, dusičnany, vápník, hořčík, sodík, draslík, pH, BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>mn</sub> , CHSK <sub>cr</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , fluoridy, železo, mangan, veškeré kyanidy, hliník, fenoly, absorpance při 254 nm, huminové látky, anionaktivní tenzidy, nerozpuštěné látky, rozpuštěné látky sušené, rozpuštěné látky žíhané, DOC, celkový fosfor, barva, zákal (pitná a povrchová voda)	203
OR-CH-6/02 (Čechy a Morava) květen		125
OR-CH-7/02 září	Vyluhovatelnost odpadů podle zákona č. 185/2001 Sb. a vyhlášky MŽP č. 383/2001 Sb. (50 parametrů)	74
OR-CH-8/02 září	Kovy v zeminách (metodický pokyn Kritéria znečištění zeminy a podzemní vody)	46
OR-CH-9/02	ZCHR: vodivost, chloridy, sírany, dusičnanový dusík, vápník, hořčík, pH, BSK <sub>5</sub> , CHSK <sub>cr</sub> , celkový fosfor, organický dusík, dusitanový dusík, N <sub>amorg</sub> , fluoridy, veškeré kyanidy, fenoly, anionaktivní tenzidy, DOC, nerozp. látky, zbytek po žíhání, rozpuštěné látky sušené a žíhané (odpadní voda)	171
OR-CH-10/02 (Čechy a Morava) říjen		107
OR-CH-11/02 (Čechy a Morava) říjen	Nepolární extrahovatelné látky a extrahovatelné látky, NEL metodou GC (pitná, povrchová a odpadní voda)	142
OR-CH-12/02 listopad	SAA: Hg a některé kovy – B, Tl, Sn, Mo, Sb, Sr, Li (pitná, povrchová a odpadní voda) SOA: PCB, TOL, AOX, PAU (pitná, povrchová a odpadní voda) chlorované fenoly (pitná a povrchová voda) extrahovatelné organické halogeny (zemina)	148
OR-PCB-01/A květen	Stanovení polychlorovaných bifenyly v minerálních olejích	22
OR-PCB-02 listopad	Stanovení polychlorovaných bifenyly v minerálních olejích	25
OR-RA-02 květen	Celková objemová aktivita α a β, <sup>222</sup> Rn, <sup>226</sup> Ra, uran, <sup>210</sup> Pb, <sup>210</sup> Po, <sup>90</sup> Sr, <sup>3</sup> H, gamaspektrometrické stanovení radionuklidů	36
OR-OV-1/02 březen	Stanovení PAU v ovzduší	10
OR-OV-2/02 květen	Stanovení As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn v polétavém prachu	20
OR-OV-3/02 květen	Stanovení TOL v ovzduší	23

tému jakosti odběrů vzorků vod jako součást celého systému jakosti laboratoře. Osvědčení o správné činnosti laboratoře je pak udělováno pro výčet analytických metod uvedených v příloze, včetně odběrů vzorků. Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k zabezpečení jakosti odběru vzorků vod byl uveřejněn ve Věstníku MŽP, částka 6, ročník X, v červnu 2000.

V roce 2002 bylo nově posouzeno 22 laboratořích, z nichž 19 obdrželo Osvědčení o správné činnosti laboratoře, tři laboratoře se na udělení osvědčení připravují odstraňováním zjištěných neshod. U pěti laboratořích proběhlo posouzení z důvodu organizačních změn v laboratoři a bylo jim vydáno aktualizované osvědčení. U 15 laboratořích proběhlo v rámci dozorové návštěvy dodatečné posouzení systému jakosti podle ČSN EN ISO/IEC 17 025. Ve třinácti laboratořích proběhlo posouzení dodatečně přihlášených metod a na základě úspěšného posouzení na místě jim byla vydána rozšířená příloha osvědčení. Návštěva v rámci dozoru se uskutečnila ve 47 laboratořích s osvědčením ASLAB. Údaje o počtu posouzených laboratořích jsou shrnuty v tabulce 4. Koncem roku bylo vydáno celkem 77 Osvědčení o správné činnosti laboratoře, další tři laboratoře byly posouzeny a osvědčení obdrží po odstranění neshod v příštím roce.

**Tabulka 4.** Přehled uskutečněných posouzení laboratořích na místě v roce 2002

Činnost	Počet laboratořích
Nově posouzené laboratoře	22
Udělená Osvědčení o správné činnosti laboratoře	51
Posouzení organizačních změn	5
Posouzení dodatečně přihlášených metod	13
Kontrolní návštěva v rámci dozoru	47
Posouzené vzorkování	22

### Správná laboratorní praxe

Činnost ASLAB ve funkci Národního inspekčního orgánu správné laboratorní praxe je námětem samostatného příspěvku, který bude uveřejněn následně.

### Závěr

O všech činnostech ASLAB jsou vydávány zprávy, které jsou uloženy v archivu ASLAB a jsou veřejně přístupné s výjimkou Zpráv o posouzení odborné způsobilosti laboratoře a Zpráv o kontrole laboratoře, které jsou důvěrného charakteru.

Rok 2002 byl pro Středisko pro posuzování způsobilosti laboratořích jedenáctým rokem činnosti. Během uplynulých deseti let prodělalo podobný vývoj jako ostatní evropské akreditační orgány. Významným mezníkem v činnosti střediska byl v tomto roce přechod na posuzová-

**Tabulka 3.** Přehled mezilaboratorních porovnávání zkoušek v oblasti biologických metod v roce 2002

Název Měsíc distribuce	Náplň	Počet účastníků
OR-TX-02 září	Stanovení ekotoxicity: <i>Daphnia magna</i> , <i>Scenedesmus subspicatus</i> , <i>Poecilia reticulata</i> , <i>Sinapis alba</i> , <i>Phytobacterium phosphoreum</i>	18
OR-MB-02 duben	Mikrobiologický rozbor A) Stanovení heterotrofních mikroorganismů (mezofilních bakterií, psychrofilních bakterií, kultivovatelných mikroorganismů) B) Stanovení indikátorů fekálního znečištění (koliformních bakterií, termotolerantních koliformních bakterií, <i>Escherichia coli</i> a fekálních streptokoků – enterokoků) C) Stanovení <i>Clostridium perfringens</i> a siličitynan redukujících anaerobů (klostridií)	181
OR-HB-02 květen	Hydrobiologický rozbor A) Biologický rozbor vzorku povrchové vody (ČSN 75 7712 a ČSN 75 7716) B) Biologický rozbor vzorku surové a upravené pitné vody (ČSN 75 7711) C) Stanovení chlorofylu-a a feopigmentů ve vzorku povrchové vody (ČSN ISO 10 260)	73
OR-BDG-02 listopad	Stanovení biodegradability	8

ní způsobilosti laboratořích podle normy ČSN EN ISO/IEC 17 025, která je souhrnem požadavků na činnost zkušebních laboratořích. Posuzované laboratoře musí k udělení Osvědčení o správné činnosti laboratoře splnit tuto mezinárodní normu bezvýhradně. Pokud zkušební laboratoře splňují požadavky normy, pak v oblasti svých zkušebních činností provozují systém jakosti, který rovněž splňuje požadavky ISO 9001. Rok 2002 byl posledním rokem platnosti normy ČSN EN 45 001. K 31. 12. 2002 byla úředně ukončena platnost všech osvědčení odkazujících na tuto normu. Laboratoře, které byly držiteli osvědčení podle normy ČSN EN 45 001, musely do tohoto data převést svůj systém jakosti na ČSN EN ISO/IEC 17 025 a nechat si stvrdit úspěšnost přechodu auditem. V opačném případě bude platnost jejich osvědčení pozastavena.

Ing. Eva Klokočnicková, Ing. Alena Nižnanská,  
Ing. Ivan Koruna, CSc., Ing. Lubomír Kábrt, CSc.  
ÚÚV T.G.M. Praha, tel. 220 197 332

### Key words

interlaboratory test comparisons, proficiency testing of laboratories, good laboratory practice

*Activities of the Centre for Assessment of Laboratories (ASLAB) in 2002 (Klokočnicková, E. a kol.)*

The article gives a brief summary of the activities of the Centre for Assessment of Laboratories in 2002. A survey is presented of particular projects of interlaboratory test comparisons, including a specification of newly monitored parameters. The survey also comprises numerical data on the number of those participating in these comparisons, and the number of the assessed laboratories. Furthermore, attention is paid to the ASLAB activities in the area of creating new legislative regulations.

## Přírůstky v knihovně ÚÚV T.G.M.

### Malé vodní elektrárny – projektování a provoz

(Holata, M.)

Po více než deseti letech od předčasného úmrtí doc. Ing. Miroslava Holaty, CSc., dala Česká matice technická podnět k vydání jeho spisu o malých vodních elektrárnách. Spis je vydáván v původním znění pouze s nejnětějšími aktualizacími doplňky.

Malé vodní elektrárny představují jeden z neefektivnějších obnovitelných, ekologicky čistých a bezodpadových zdrojů elektrické energie. Kniha obsahuje ucelený výklad o navrhování, výstavbě a provozu malých vodních elektráren. Jsou v ní shrnuty výsledky mnohaleté vědecké a odborné činnosti autora v tomto oboru, včetně řady jeho původních řešení.

Stěžejní část publikace je věnována navrhování stavební části malých vodních elektráren – vtokovým objektům a jejich konstrukčním prvkům, hydraulickému a konstrukčnímu řešení přivaděčů a odpadů, stavebnímu řešení výrobních objektů a celkovému dispozičnímu uspořádání elektráren. Kniha dále obsahuje soubor informací o technologické části malých vodních elektráren – používané typy vodních turbín a ostatních strojně-hydraulických zařízení. Metodika navrhování malých vodních elektráren je doplněna vybranými příklady realizovaných staveb a zkušenostmi z jejich provozu.

Publikaci vydala Academia, nakladatelství Akademie věd České republiky, a je určena zájemcům o výstavbu a rekonstrukci malých vodních elektráren, projektantům, realizátorům a provozovatelům těchto vodních

děl, pracovníkům správ vodních toků a státní správy i dalším zájemcům o tuto problematiku. Může posloužit i jako vhodná pomůcka pro posluchače stavebních fakult vysokých škol technických i příbuzných oborů.

### Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku (Krška, K., Šamaj, F.)

V roce 2001 vydala Univerzita Karlova v Praze, ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem, publikaci zabývající se historií meteorologie na území bývalého Československa.

Meteorologie má na území českých zemí a na Slovensku dlouhou tradici a dosáhla pozoruhodných výsledků. Předkládaná publikace je první prací, která podává přehled dějin české a slovenské meteorologie od nejstaršího období až do současnosti. Uceleně a systematicky pojednává o sledování a předpovídání počasí a výzkumu podnebí v českých zemích a na Slovensku. Věnuje se též osobám a institucím, které přispěly k rozvoji meteorologické vědy a služby od počátků do současnosti.

Kniha je rozvržena do tří částí, které časově odpovídají významným úsekům našich národních dějin. První část se věnuje období od nejstarších známých záznamů v kronikách až do roku 1918. Druhá část zahrnuje období mezi oběma světovými válkami (1919–1938). Třetí část se týká období mezi lety 1939–1992. Na začátek každé části je zařazen přehled pokroků, kterých meteorologie v daném období dosáhla ve světě, na konci pak je seznam použité nebo citované literatury. Publikace je doplněna 61 černobílými fotografiemi v textu a 53 barevnými fotografiemi v příloze.

A. H.

## Pozvánka na seminář „Čištění odpadních vod z obcí do 2 000 obyvatel“

V poslední době dochází v naší republice k mnoha významným změnám v souvislosti se vstupem do Evropské unie. Celé území České republiky bylo zařazeno mezi citlivé oblasti. Tento krok souvisí s implementací evropské směrnice o čištění městských odpadních vod a bude mít dopady i na nakládání s odpadními vodami z malých obcí.

Z důvodů co nejcitlivějšího sladění požadavků vodoprávních úřadů na kvalitu vypouštěných vod a technických možností zařízení na čištění odpadních vod dodávaných v současné době na trh vypracoval VÚV T.G.M. v rámci zakázky pro MŽP „Postup při volbě a schvalování způsobu zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 EO“.

Pro usnadnění orientace v otázkách současného práva i v otázkách současného stavu na trhu s technologiemi pro čištění odpadních vod uspořádá sekce technologie vody Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka odborný seminář pro širší veřejnost, určený však hlavně pracovníkům státní správy (obecní úřady pověřených obcí s rozšířenou působností) a pracovníkům samosprávy (obce do 2 000 obyvatel).

Předpokládáme uspořádání sady seminářů v září až prosinci 2003. Místo a datum konání bude upřesněno podle počtu předběžných přihlášek z jednotlivých regionů. Pokud máte zájem o uvedenou problematiku, vyplňte předběžnou přihlášku, kterou obratem zašlete na níže uvedenou adresu.

### Předběžný program:

**Ing. Jaroslav Kinkor** – ředitel odboru ochrany vod MŽP – „Vstup do EU a dopad na čištění odpadních vod v naší republice“

**Ing. Miroslava Písařová** – VÚV T.G.M. Praha – „Postup při volbě

a schvalování způsobu zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 EO“ – prezentace publikace vydané VÚV T.G.M. na pomoc státní správě a samosprávě

**RNDr. Jiří Grúz** – MŽP (pracoviště Olomouc) – „Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech“

**Ing. Marie Michalová** – VÚV T.G.M. Praha – „Nakládání s kaly z malých čistíren odpadních vod“ – stav současné legislativy, možnosti likvidace kalů z malých zdrojů

**Ing. Petr Fuchs, CSc.** – VÚV T.G.M. Praha – „Kanalizace“ – typy kanalizací, možnosti odkanalizování

Celková časová náročnost: cca 5 hodin

**Výše vložného: cca 1 000 Kč** (v ceně je zahrnut 1 výtisk publikace „Postup při volbě a schvalování způsobu zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 EO“, CD disk s prezentacemi a texty jednotlivých přednášek).

### Předběžnou přihlášku zašlete obratem na adresu:

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., k rukám M. Mrázkové, Podbabská 30, 160 62 Praha 6

nebo e-mailem: [marta\\_mrzkova@vuv.cz](mailto:marta_mrzkova@vuv.cz)

nebo telefonicky: 220 197 317, 220 197 281, 220 197 275, 220 197 316

### Do přihlášky uveďte:

Název vysílající organizace

Počet přihlašovaných osob

Název kraje

Název vysílající obce (obecní úřad)

Název obce s rozšířenou působností, kam spadá vysílající organizace

Adresu pro zaslání závazných přihlášek

Datum a podpis

## VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

**Redakční rada:** Ing. Jiřina Barchánková, RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., 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, Ph.D., Ing. Věra Očenášková, Ing. Václav Štastný, Ing. Naďa Wannerová, Ing. Václav Zeman

Ročník 45

ISSN 0322 - 8916

Kontakt: Mgr. Josef Smrták – redaktor  
Tel.: 220 197 282, fax: 233 333 804  
e-mail: [smrtak@vuv.cz](mailto:smrtak@vuv.cz)



**Výzkumný ústav  
vodohospodářský  
T. G. Masaryka**

**Podbabská 30  
160 62 Praha 6**



výrobce technologie  
pro předčištění  
odpadních vod

**EK Hodonín, s.r.o. Stavební 3, 695 20 Hodonín**  
Tel.: 518 321 968, Fax: 518 321 040, E-mail: [ek@ekhodonin.cz](mailto:ek@ekhodonin.cz)

- flotační jednotky
- rotační síta
- chemické jednotky
- montáž včetně elektro, servis

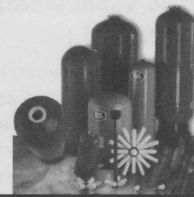


**G-servis Praha spol. s r.o.**  
Táborská 5, 140 00 Praha 4

- ♦ Hydrogeologické průzkumy
- ♦ Projekce a instalace úpraven vody
- ♦ Sanace horninového prostředí a podzemních vod
- ♦ Ekologické analýzy a studie
- ♦ Biopreparáty pro životní prostředí

tel.: +420 261 222 497, [g-servis@g-servis.cz](mailto:g-servis@g-servis.cz),

[www.g-servis.cz](http://www.g-servis.cz)



**SB Hydrotec Praha**  
autorizovaný výrobce aeračních  
turbin HKA pro ČOV

Podolské nábřeží 30  
147 00 Praha 4  
tel.: 604 896154, e-mail: [sbhydrotec@sbhydrotec.cz](mailto:sbhydrotec@sbhydrotec.cz)  
[www.sbhydrotec.cz](http://www.sbhydrotec.cz)



- ♦ čistírny odpadních vod 5-1000 EO
- ♦ technologie aktivačních čistíren
- ♦ plastové nádrže atypických rozměrů
- ♦ odlučovače ropných látek a tuků
- ♦ plastové bazény a kruhové nádrže
- ♦ septiky a jímky k rodinným domům
- ♦ sorbent ropných látek ROP-EX

Naše adresa:

SEPARA s.r.o., Jaselská 25, p.o. box 178, 657 78 Brno  
tel./fax: 541 211 148, 541 218 185, <http://www.separa.cz>