

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

OHLÉDNUTÍ ZA ROKEM 2002

Každoročním zamyšlením nad činností ústavu v uplynulém roce začínáme poslední rok již sedmého tuctu let existence „vodařských“ institucí v Praze-Podbabě a desátý rok fungování VÚV T.G.M. v režimu příspěvkové organizace. Ostravské pobožce VÚV bylo loni 60 let.

Za tu dobu uteklo ve Vltavě hodně vody. Avšak to, s čím jsme se setkali při povodni v srpnu 2002, nepamatuje nikdo. Nyní již můžeme s určitou nadsázkou říci, že pokud se po dobu, kdy byl areál ústavu pod vodou, duch „otců zakladatelů“ vznášel nad vodami, mohl být spokojen. Navzdory velkým ztrátám na zařízení i vybavení, základní stavby, které tvoří srdce ústavu, při povodni obstály. Povodeň se projevila v areálu převážně klidnou zátopou a dynamické účinky vody se projevily pouze v dílčích případech, a to spíše při překotném odtoku vody z areálu během opadnutí povodňové vlny.

V posledním čtvrtletí 2002 odvedl VÚV velký kus práce při obnově svého zázemí. I když mezi otlučenými zdmi a neladnými haldami zničených hodnot a stavebních materiálů to tak na první pohled nevypadalo, po celou dobu i ve ztížených podmínkách probíhala výzkumná a odborná činnost – především v Praze, ale i v Brně a Ostravě.

Odborný život ve VÚV T.G.M. se tedy nezastavil. V roce 2002 bylo řešeno více než 220 úkolů (i s dílčími úkoly jich bylo více než 350), včetně závěrečných etap projektů Labe, Morava a Odry. Je na místě připomenout, že žádný z úkolů nebyl, navzdory vynucenému přerušení práce, zrušen. Rok 2002 se tak, navzdory povodni, řadí k úspěšným roků v historii VÚV. Za osobitě uznání pozice ústavu v oblasti hydrologie a oborové informatiky lze také pokládat usnesení vlády 977/2002, které VÚV T.G.M. určilo koordinátorem projektu zabývajícího se vyhodnocením povodně v roce 2002.

V rámci omezených zdrojů a navzdory organizačním komplikacím se ve VÚV rozběhla i činnost Centra pro hospodaření odpady. Není pochyb, že s plnou kapacitou – jak personální, tak finanční – by bylo možno dosáhnout lepších výsledků. Na druhé straně si lze těžko před-

stavit splnění prací na plánech odpadového hospodářství a dalších úkolech MŽP bez existence tohoto centra.

Nové a praktické úkoly, vyplývající z praxe zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, i dalších oborových norem a přípravy na osvojení Rámcové směrnice ES o vodní politice, zákonitě směřují k přirozené spolupráci resortů MŽP a MZe, VÚV a podniků Povodí atp. I to je možné označit za specifický rys roku 2002, zejména v jeho druhé polovině.

Síla, kterou ukázala voda v srpnu 2002 na třetině území ČR, zasáhla přímo či nepřímo většinu lidí této země. Také však, jak doufám, alespoň zčásti vykořenila jednoduchou představu, že o něčem tak obyčejném, jako je voda, „není co bádát“ a zacházení s ní zvládne každý. Chci věřit, že obavy z vody, které se staly součástí každodenních úvah tisíců lidí, vyvolaly palčivou potřebu dozvědět se o ní více, vedly k respektu výzkumu v oblasti vod i širšímu ocenění těch, kteří s ní umí profesionálně hospodařit.

Přál bych si, aby v roce 2003, kdy se formují nové víceleté výzkumné záměry, kdy se VÚV v rámci obnovy znovu vybavuje, kdy budou finišovat přípravy na vstup ČR do Evropské unie, se „zájem o vodu“, opět probuzený tak dramatickým způsobem koncem léta 2002, stal trvalou součástí veřejných zájmů na všech úrovních státní správy, samosprávy a všech segmentů naší společnosti.

Nejenom dychtivost vědců poznat víc, ale také výzva přírody ukazují, kam až je možné a asi i nutné posunout hranice našeho poznání o řekách a vodě v životním prostředí. Poznatky o vzniku a chování tzv. „stoleté“ vody, na kterou byla koncipována většina technických ochranných opatření, se ukazují jako nedostatečné na pozadí jevů provázejících „dvěstě“ či „pětisetletou“ vodu. Ukazuje se, že vodní hospodářství nemůže spoléhat jen na potenciál technických prostředků, ale musí hledat užitečné a trvalé spojení i v oblasti hospodaření v přírodě a péče o krajinu.

Nesmíme však zapomenout, že současný potenciál VÚV T.G.M je založen především na lidech. Na výzkumných, odborných i provozních pracovnících ve VÚV i partnerských institucích bude záležet, jaký bude rok 2003. Přeji všem, aby byl úspěšný.

Lubomír Petružela

POVODEŇ V SRPNU 2002 V ČESKÉ REPUBLICE

Petr Šercl, Petr Lett, Eva Soukalová, Ladislav Kašpárek

Klíčová slova

povodňová vlna, extrémní srážky, povodeň, historická povodeň, kulminační průtok

Souhrn

V první polovině srpna 2002 se vyskytly převážně na území povodí Labe mimořádné srážky, které vyvolaly na mnoha tocích největší kulminační průtoky za celé dosavadní období pozorování. Povodeň proběhla ve dvou vlnách. První vlna srážek ve dnech 6.–7. srpna zasáhla hlavně jižní Čechy. Druhá vlna srážek byla 11.–13. srpna, přičemž 12. srpna již byly zasaženy celé Čechy a 13. srpna pak východní Čechy a část severní Moravy. Vysoké srážky zasáhly plošně velké území, prakticky celé povodí řeky Vltavy, včetně Berounky a Sázavy a povodí několika dalších řek.

Na území jihočeského regionu způsobila již první vlna srážek silné rozvodnění některých toků, zejména pravostranných přítoků Vltavy i horního toku Vltavy.

Druhá vlna srážek zasáhla nejenom již dříve postižená povodí horní Vltavy, ale také povodí Otavy, Lužnice, Berounky a Sázavy. Silně rozvodněny byly takřka všechny toky v jihočeském, západočeském a středočeském regionu, na mnohých z nich kulminační průtoky přesáhly dobu opakování 100 let, např. na Vltavě v Praze

šlo o průtok zhruba 500letý. Pro postup vlny od Prahy dolů po proudu byly charakteristické široké rozlivy na Vltavě a Labi. Povodeň v srpnu 2002 byla výjimečná, a to jak objemem spadlých srážek a velikostí zasažené plochy, tak i velikostí kulminačních průtoků a objemů povodňových vln. Na mnoha místech byly zaznamenány doposud nejvyšší pozorované vodní stavy a průtoky, např. na Vltavě v Praze byly překonány všechny vyhodnocené povodně od roku 1827 a hladina vystoupala i nad značky starších historických povodní.

Úvod

V první polovině srpna 2002 se vyskytly v povodí Labe a také v povodí Dyje mimořádné srážky, které způsobily povodeň, při které se na mnoha tocích vyskytly největší kulminační průtoky za celé období pozorování. Vyhodnocení velikosti kulminačních průtoků ani jejich statistické zařazení nejsou v době, kdy je tento text připravován, dokončeny. Přesto předkládáme veřejnosti údaje, které svědčí o tom, že srpnová povodeň byla mimořádný jev. Všechny číselné údaje o průtocích jsou však předběžné a je pravděpodobné, že při definitivním zhodnocení povodně některé údaje budou zpřesněny.

Příčinné srážky

Z hydrometeorologického hlediska probíhala povodeň ve dvou vlnách. První vlna srážek ve dnech 6.–7. srpna zasáhla zejména jižní Čechy, dále západní Čechy, střední Čechy a jižní Moravu. Nejvyšší srážkové úhrny za tyto dva dny byly naměřeny v Novohradských horách 130–200 mm, ve stanici Staré Hutě dosáhly 254 mm, ve stanici Pohorská Ves dokonce 277 mm. Druhá vlna srážek proběhla v jižních Če-

Tabulka 1. Hodnoty kulminačních stavů a průtoků první vlny (předběžné údaje)

Tok	Stanice	Stav [cm]	Průtok [m³.s⁻¹]	Den	Hodina	Doba opakování [roky]
Vltava	Březí	265	260	8. 8.	5	10
Černá	Ličov	382	159	8. 8.	5	200
Malše	Pořešín	489	434	8. 8.	3	500
Malše	Řimov	396	392	8. 8.	5	500
Malše	Roudné	446	449	8. 8.	8	200
Vltava	České Budějovice	548	755	8. 8.	9	100
Lužnice	Bechyně	406	286	8. 8.	8	10
Otava	Katovice	258	204	8. 8.	8	5–10
Volyňka	Němětice	284	99	8. 8.	5	10–20
Blanice	Heřmaň	272	138	8. 8.	23	20
Otava	Písek	527	558	8. 8.	23	20

Tabulka 2. Hodnoty kulminačních stavů a průtoků druhé vlny (předběžné údaje)

Tok	Stanice	Stav [cm]	Průtok [m³.s⁻¹]	Den	Hodina	Doba opakování [roky]
Jizera	Železný Brod	457	431	13. 8.	22	10–20
Vltava	Březí	410	620	13. 8.	12	500
Černá	Ličov	309	95	13. 8.	7	20–50
Malše	Pořešín	467	399	13. 8.	9	500
Malše	Řimov	413	426	13. 8.	8	500
Malše	Roudné	465	527	13. 8.	10	500
Vltava	České Budějovice	652	1 108	13. 8.	14	1 000
Lužnice	Klenovice	530	580	15. 8.	18	1 000
Lužnice	Bechyně	640	620	16. 8.	9	500
Otava	Katovice	380		13. 8.	9	
Volyňka	Němětice	321	124	12. 8.	16	20–50
Blanice	Heřmaň	427	443	13. 8.	1	1 000
Otava	Písek	880	900	13. 8.	11	200
Lomnice	D. Ostrovec	361	162	13. 8.	10	500
Skalice	Varvažov	405	175	13. 8.	10	500–1 000
Sázava	Zruč n. S.	426	232	14. 8.	17	10–20
Sázava	Nespeky	467	328	15. 8.	9	5
Mže	Stříbro	290	230	13. 8.	18	50
Radbuza	Lhota	432	93	13. 8.	12	5
Úhlava	Štěnovice	525	211	13. 8.	12	50–100
Berounka	Bílá Hora	799		13. 8.	16	
Úslava	Koterov	371	265	13. 8.	8	100–200
Klabava	Nová Huť	294		13. 8.	6–7	
Berounka	Liblín	702		13. 8.	8–9	
Litavka	Čenkov	224	63	13. 8.	5–6	20
Berounka	Beroun	796		13.–14. 8.	23–0	
Vltava	Praha-Chuchle	782	5 160	14. 8.	12–13	500
Labe	Mělník	1 035		15. 8.	13–16	
Rolava	Stará Role	261	73	13. 8.	4–5	20
Ohře	Karlovy Vary	256	278	13. 8.	7	2
Bílina	Trmice	298	59	13. 8.	23	20–50
Labe	Ústí n. L.	1 185	5 100	16. 8.	14–17	200–500
Labe	Děčín	1 230		16. 8.	19–24	
Lužická Nisa	Hrádek	320	115	14. 8.	10	5–10
Smědá	Frýdlant	275	246	14. 8.	10	20–50
Dyje	Podhradí	476	343	14. 8.	0	100–200
Dyje	Vranov	378	364	14. 8.	9	100–200
Dyje	Znojmo	462	375	14. 8.	14–15	100–200
Dyje	Trávní Dvůr	516	168*	14. 8.	9	10
Jihlava	Dvorce	242	44	14. 8.	2	20

* průtok silně ovlivněn rozlivy nad stanicí

chách 11.–12. srpna, přičemž 12. srpna již byly zasaženy celé Čechy. Následující den, tj. 13. srpna, byly zaznamenány velké srážky ve východních Čechách a v části severní Moravy. Nejvyšší srážkové úhrny za tyto tři dny byly v Krušných horách (maximum na Cínovci 400 mm) a na hřebenech Jizerských hor. V jižních Čechách spadlo převážně 130 až 190 mm, místy přes 200 mm (Prachatice, Slavkov), ale také srážky na jiných místech Čech významně přesahovaly 100 mm (Orlické hory, Českomoravská vrchovina). Vysoké srážky zasáhly celé povodí řeky Vltavy, včetně povodí Berounky a Sázavy a povodí několika dalších řek.

Časový průběh povodně a velikost kulminačních průtoků

Povodí Vltavy s přítoky Berounkou a Sázavou

Před povodní nebyly, až na lokální bouřkové situace, zaznamenány v povodí Vltavy žádné velké srážky. Nasycení povodí bylo podprůměrné, lokálně i průměrné.

První vlna povodně byla nejvýraznější v povodí Malše, horní Lužnice, střední Otavy s přítoky Volyňkou a Blanicí (tabulka 1). Doba opakování kulminačních průtoků byla největší na Malši – 500 let, Vltava pod Malší měla kulminační průtok na úrovni Q₁₀₀. Na horní Lužnici byl maximální průtok zhruba na 50letých hodnotách. Střední a dolní Otava s přítoky kulminovaly zpravidla na hodnotách průtoků 20letých. Kulminace na ostatních tocích byly na úrovni průtoků jednoletých až 10letých.

Významné srážkové úhrny se vyskytly už během první vlny srážek i v povodí Berounky, a to zejména v horní části povodí (Úhlava, Úslava), ale i v povodí pravostranných přítoků na středním a dolním toku (Klabava, Litavka). Tato první vlna způsobila vzestup průtoků, ale podstatné bylo zejména nasycení povodí srážkami.

V povodí Sázavy první vlna srážek zasáhla pouze povodí Želivky. Soustava nádrží v povodí průtoky zachytila, přítok do Sázavy byl jen mírně zvýšený.

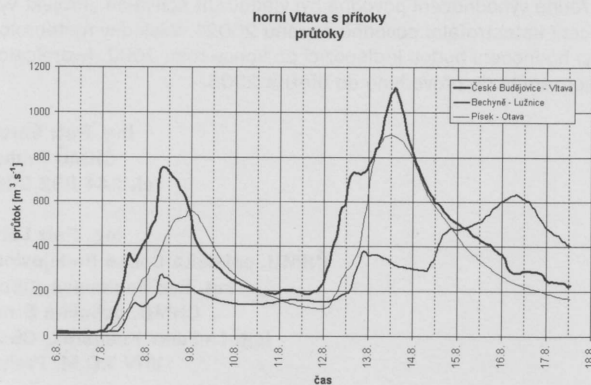
Druhá hlavní vlna začala s nástupem druhé srážkové epizody v poledních hodinách dne 11. 8. 2002. Srážky trvaly souvisle až do odpoledne 13. 8. a jejich velikost a plošný rozsah v souběhu s vysokým nasycením všech povodí po první vlně způsobily vývoj průtoků, které na většině pozorovaných toků dosud za posledních 100–130 let nebyly dosaženy. Kulminace nastaly nejčastěji během dne 13. 8. 2002. Na Vydře, horní Blanici, Volyňce, střední Otavě a Vltavě nad VD Lipno byly kulminace 12. 8., na střední a dolní Lužnici 15.–16. 8. Z hlediska doby opakování byly průtoky nejvýznamnější na Vltavě v úseku od Českého Krumlova, zejména však pod ústím Malše v Českých Budějovicích, kde je doba opakování maximálního průtoků odhadována na 1 000 let. V říční síti Malše byly velmi významné průtoky celoplošně, doby opakování dosahovaly až 500 let.

Průběh druhé povodňové vlny na Lužnici byl ovlivněn několika výjimečnými událostmi. V důsledku protržení hráze podél Lužnice do pískovny u Majdaleny se voda přesunula zcela mimo koryto Lužnice (mimo úsek, kde je vodoměrná stanice Pílař). Následkem dalšího protržení (Novořecké hráze) nastal nekontrolovatelný odtok téměř veškeré vody horní Lužnice z Nové řeky do Staré řeky, a tedy i do rybníka Rožmberk. Zde postupně nastala další kalamitní situace – tato nádrž s omezenou možností odtoku vody přelivem byla přeplněna. Odtok z nádrže byl zvětšován různými opatřeními souběžně se zabezpečením podmáčené a přetížené hráze. Kulminace průtoků druhé vlny na střední a dolní Lužnici silně přesáhly svou dobou opakování 200letou hodnotu.

Na Otavě byla povodeň výjimečná od Sušice dále po proudu, s rostoucí dobou opakování směrem po toku až k ústí do Vltavy. I mnohé přítoky Otavy značně překročily hodnoty 100letých kulminačních průtoků (Ostružná, Lomnice a Skalice). Doba opakování kulminačního průtoků na dolní Blanici dokonce odhadujeme na 1 000 let.

Druhá, intenzivnější vlna srážek zapříčinila katastrofální rozvodnění Berounky od Plzně až po soutok s Vltavou. Intenzita srážek během druhé vlny byla nejvyšší v okolí Plzně, v povodí Úslavy a dalších pravostranných přítoků Berounky (návětrná strana Brd). Vodní toky v horní části povodí Berounky (Mže, Radbuza, Úhlava, Úslava) a její pravostranné přítoky kulminovaly dne 13. 8. převážně v ranních a dopoledních hodinách, Berounka v Berouně kulminovala až kolem půlnoci téhož dne.

Průtokové vyhodnocení povodně v tomto povodí zatím nebylo dokončeno, hodnoty kulminačních průtoků uvedené v tabulce 2 byly vyčísleny jen na základě odhadu extrapolace měrných křivek. Je však jasné, že průtoky pravostranných přítoků Berounky pod Plzní významně přesáhly hodnoty průtoků s dobou opakování 100 let. Totéž platí o vlastních průtocích Berounky od Plzně až do Prahy. Podle porovnání výšek hladiny dolní Berounky s výškou hladin historické povodně 1872 (v Srbsku jen o 55 cm níže)



Obr. 1. Průběh průtoků na tocích v povodí horní Vltavy

Ize odhadnout, že průtok dolní Berounky o několik set $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ přesáhl 2 000 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, přitom stoletý průtok v Berouně je 1 440 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Druhá vlna srážek zasáhla prakticky celé povodí Sázavy. Významná srážková činnost na rozdíl od většiny ostatního území zde setrvala až do 14. 8. I když úhrny srážek nebyly zdaleka tak mimořádné jako na většině území jihočeského regionu, způsobily významné rozvodnění vlastní Sázavy i většiny jejích přítoků.

Kulminace Sázavy ve Zruči nastala 14. 8. odpoledne (232 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ odpovídá 10 až 20letému průtoku), v Nespekách až 15. 8. v dopoledních hodinách (328 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ je úroveň 5letého průtoku) a nedošlo tedy ke střetu s kulminačním přítokem z Vltavy a Berounky.

Hydrogram průtoků ve stanicích České Budějovice na Vltavě, Písek na Otavě a Bechyně na Lužnici je uveden na obr. 1. Hydrogram vodních stavů ve stanicích Nespeky na Sázavě, Beroun na Berounce a pro porovnání i v Praze-Chuchli na Vltavě je uveden na obr. 2.

Je třeba uvést, že na území mezi Českým Krumlovem a Českými Budějovicemi se v noci na 1. 9. 2002 vyskytla další mimořádná srážková událost. Povodeň měla již charakter lokální události, ovšem díky vysokému nasycení příslušných povodí z předchozích dvou vln zde došlo i k dosažení či překročení kulminačních hodnot z první či druhé vlny, zejména na menších tocích (Polečnice, Křemžský potok, Dobrovodský potok, Litvínovický potok a jiné).

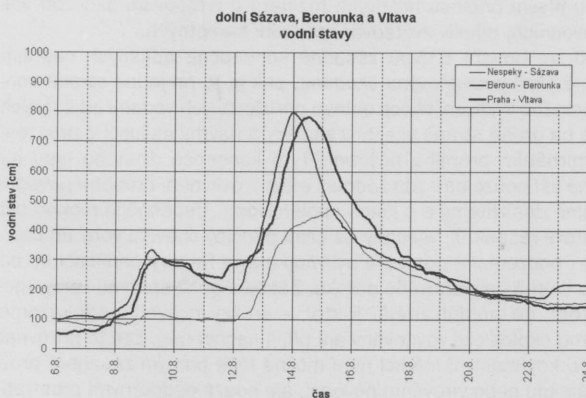
Povodí dolní Vltavy a dolního Labe

Průtoky ve Vltavě na jejím středním a dolním toku byly do určité míry ovlivněny Vltavskou kaskádou. Jej vliv bude podrobně zkoumán v rámci projektu vyhodnocení povodně.

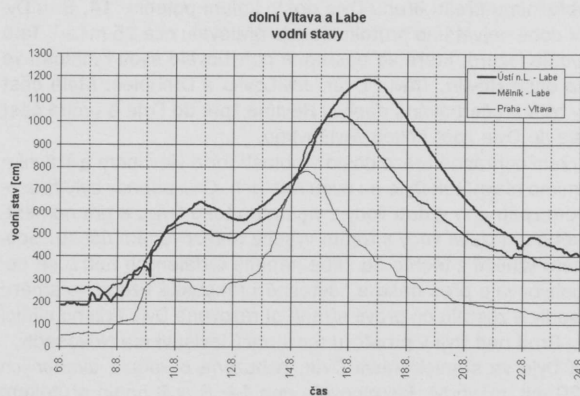
Průtoky ve Vltavě v Praze na jejím dolním toku byly výsledkem střetu povodňových vln z Berounky, Sázavy a odtoku z Vltavské kaskády, průtoky v Labi byly dány z rozhodující části přítokem z Vltavy.

Vltava v Praze kulminovala dne 14. 8. ve 12 hodin na hodnotě vodního stavu 782 cm (vodočet Praha-Chuchle) a průtoku 5 160 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídá době opakování 500 let. Jde vůbec o nejvyšší vyhodnocený průtok na Vltavě v Praze v historii standardních pozorování. Ke spolehlivosti stanovení průtoků v Praze podstatně přispělo několik měření povrchových rychlostí pomocí plováků, z nichž jedno bylo provedeno dne 14. 8. jen 10 cm pod kulminačním stavem.

Pro další postup vlny byly charakteristické rozlivy, např. na Vltavě nad Mělníkem, zpětné vzdutí Labe od Mělníka způsobené vysokým vodním stavem Vltavy a zejména široký rozliv na Labi u Litoměřic. Labe



Obr. 2. Průběh vodních stavů na dolní Sázavě, Berounce a Vltavě



Obr. 3. Průběh vodních stavů na dolní Vltavě a Labi

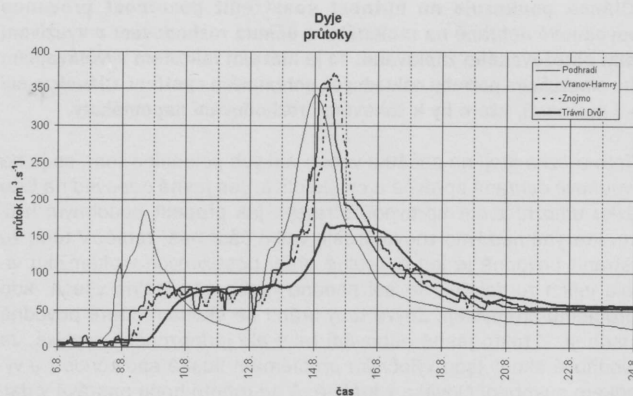
v Mělníku kulminovalo dne 15. 8. ve 13–16 hodin, v Ústí n. L. 16. 8. ve 14–17 hodin a v Děčíně také 16. 8. v 19–24 hodin. Hydrogram vodních stavů ve stanicích Praha-Chuchle na Vltavě, Mělník a Ústí nad Labem na Labi je uveden na obr. 3.

V povodí Labe byly největší srážky naměřeny v Krušných horách na Cínovci, úhrn 312 mm ze dne 12. 8. je druhý nejvyšší zaznamenaný 24hodinový srážkový úhrn na území ČR ze všech pozorování za celou dobu, kdy se srážky pozorují. Těto hodnoty se významně blíží i srážkový úhrn 278 mm, změřený dne 13. 8. na stanici Knajpa v Jizerských horách. Srážky v Krušných horách zasáhly území ČR v poměrně úzkém pruhu, směrem od hřebene hor do vnitrozemí rychle klesaly. Na tocích, které odtékají z hřebene Krušných hor, nastaly povodně střední velikosti, na Dubské Bystřici proběhla povodeň, která se řadí velikostí kulminačních průtoků a mimořádnými erozními jevy k nejextrémnějším hydrologickým událostem. Lokálně omezená srážka v Jizerských horách způsobila rozvodnění horní Jizery a jejích přítoků a rozvodnění říčky Smědý do úrovně zhruba Q_{20} .

Povodí Dyje

První vlna srážek ve dnech 6.–7. 8. způsobila v horní části povodí Dyje na jihozápadní Moravě 5–10leté průtoky, které byly zachyceny Vranovskou přehradou. Ve dnech 11.–13. 8. následovala druhá výrazná vlna srážek, s jádrem nad povodím Rakouské Dyje a jižními Čechami, která navíc zasáhla i větší území.

Řeka Dyje je v horní části svého toku rozdělena na Rakouskou a Moravskou Dyji. Oba tyto toky se ještě v Rakousku spojí a jako jedna řeka vstupují nad Vranovskou přehradou na naše území. V povodí Moravské Dyje, kde byly srážky menší, nastala kulminace ve vodoměrné stanici Janov dne 14. 8. těsně po půlnoci za průtokem 46,8 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídá 5–10letému průtoku. Z rakouské strany jsou k dispozici informace pouze pro stanici Raabs, která leží pod soutokem Rakouské a Moravské Dyje. Zde údajně protékalo při kulminaci dne 13. 8. mezi 16.–17. hodinou 350 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. V Podhradí, což je první vodoměrná stanice Dyje na našem území nad Vranovskou přehradou, byl nejvyšší průtok 13. 8. o půlnoci 343 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což je na úrovni $Q_{100-200}$. Do Vranovské přehrady ústí také říčka Želetavka, která kulminovala ve stanici Vysočany dne 13. 8. v 1 hodinu průtokem 51 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídá 50letému průtoku. Pod Vranovskou přehradou ve stanici Vranov-Hamry byla kulminace dne 14. 8. v 9 hodin za průtokem 364 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, což odpovídá rovněž hodnotě $Q_{100-200}$.



Obr. 4. Průběh průtoků na Dyji

K levobřežnímu přelítí břehu Dyje došlo kolem poledne 14. 8. u Dyjákovíc. V době největšího průtoku se zde přelévalo cca 25 m³.s⁻¹. Tato voda vytvořila jezero, které se postupně pohybovalo svou rychlostí ve směru na obce Hevlín, Trávní Dvůr, Jevišovku a Drnholec. Malá část této vody byla přečerpávána např. u Hevlína zpět do Dyje a určitá část se dostala do Dyje zpět říčkou Jevišovkou.

K protržení ochranné hráze došlo v oblasti mezi Hevlínem a Trávním Dvorem mimo hlavní tok Dyje na dvou místech. Oba případy byly způsobeny vlivem zpětného vzduť vody z vlastního toku Dyje, a tím naměstnání velkého množství vody v tomto vysoce ohrázaném úseku. Společné jezero vzniklé z těchto od sebe nepříliš vzdálených nátrží se postupně pohybovalo přes naše a částečně i rakouské území ve směru na Novosedly a zůstalo po pravé straně ohrázané Dyje drženo silnicí Drnholec–Brod nad Dyjí v prostoru mezi obcí Jevišovka a Novosedly.

Vlastní Dyje ve stanici Trávní Dvůr, ochuzena o vodu z uvedených rozlivů (20 mil. m³ vody), kulminovala dne 14. 8. v 9 hodin průtokem 168 m³.s⁻¹, což odpovídalo 10letému průtoku. Tento (výše uvedenými rozlivy) ovlivněný průtok přibližně ve stejné velikosti natékal do horní nádrže Nové Mlýny téměř dva dny. Do střední nádrže přitéká Jihlava, která kulminovala na průtoku Q₁₋₂ ve své závěrové stanici Ivančice za průtoku 124 m³.s⁻¹ dne 14. 8. ve 14 hodin a řeka Svratka s méně než půlletým průtokem v Židlochovicích dne 14. 8. ve 13 hodin za kulminačního průtoku 81 m³.s⁻¹. Dyje pod novomlýnskými nádržemi kulminovala ve vodoměrné stanici Břeclav-Ladná dne 15. 8. v 15 hodin průtokem 318 m³.s⁻¹, což je na úrovni 5–10letého průtoku.

Většími průtoky bylo zasaženo i povodí řeky Jihlavy. Nejvýše položená stanice na této řece Batelov měla kulminační průtok dne 13. 8. ve 20 hodin o hodnotě 14,7 m³.s⁻¹, což odpovídá úrovni 20letého průtoku.

Hydrogram průtoků ve stanicích Podhradí, Vranov-Hamry, Znojmo a Trávní Dvůr na Dyji je uveden na obr. 4.

Závěr

Základní charakteristikou srpnové povodně z roku 2002 je, že se obdobně jako u některých jiných extrémních povodní (povodí Vltavy a Labe 1890, povodí Moravy a Odry 1997) vyskytla poměrně rychle za sebou dvě období vydatných dešťů. Výjimečnost v povodí Vltavy jako celku spočívá ve velmi velkém plošném rozsahu vysokých srážek, které vedlo k rozvodnění Vltavy a jejích přítoků nad nádrží Orlíka, západočeských řek a toků, které se v Plzni spojují v Berouнку, ale i k extrémnímu rozvodnění přítoků střední Vltavy a pravostranných přítoků Berounky pod Plzní. Tato skutečnost je zřejmě jednou z hlavních příčin toho, že na Vltavě pod soutokem s Berouнку výška hladiny přesáhla nejen úroveň povodně z roku 1890 (na horní Vltavě a jejích přítocích se od letošních podstatně neliší), ale i povodňové značky nejvyšších zaznamenaných historických povodní. Na Vltavě v Praze šlo o doposud největší zjištěný průtok za období pozorování (od roku 1827), což se týká i mnoha dalších profilů, zejména v povodí horní Vltavy v jihočeském regionu.

BRÁNIT SE POVODNÍM NEBO POVODŇOVÝM ŠKODÁM?

Evžen Polenka

Klíčová slova

povodně, povodňová škoda, ochranná opatření

Souhrn

Článek poukazuje na nutnost soustředit pozornost prevence v povodňové ochraně na racionální a účinné rozhodování o využívání území ohrožovaného záplavami. To je hlavním faktorem vyvolávajícím nebo omezujícím potřebu nákladných ochranných opatření. Článek uvádí také možnosti, které by k takovému rozhodování napomáhaly.

Tato otázka stojí na počátku všech velkých polemik o tom, co je na povodňové ochraně správné a co škodlivé. Jen jasná odpověď na tuto otázku umožní zvolit správnou strategii jak předejít podobným hrázám, kterými nedávno znovu prošla velká část naší země. V tom, že odstranit povodně je jen nereálné přání postižených v okamžiku vrcholu jejich zoufalství, se asi shodne naprostá většina všech, kdo o problému přemýšlejí. Zbývá tedy bránit se škodám, které povodně způsobují. Z takto jasné odpovědi také ale jednoznačně vyplývá, že povodňové škody jsou výlučným problémem lidské společnosti a výsledkem působení člověka v krajině. A od tohoto bodu nastává v dalších úvahách často zmatený pojmů doprovázené také prosazováním skupinových zájmů.

Pro řádné vyhodnocení povodně byl vládou ČR schválen „Projekt vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“. Výsledky meteorologického hodnocení budou k dispozici do konce roku 2002, hydrologické posouzení bude provedeno do března 2003.

Ing. Petr Šercl
ČHMÚ Praha
tel. 244 032 330

Ing. Petr Lett
ČHMÚ, pobočka České Budějovice
Ing. Eva Soukalová, CSc.
ČHMÚ, pobočka Brno
Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.
VÚV T.G.M. Praha

Key words

flood wave, extreme rainfall, flood, historical flood, peak flow rate

The August 2002 Flood in the Czech Republic (Šercl, P., Lett, P., Soukalová, E., Kašpárek, L.)

In the first half of August 2002 an extraordinary rainfall occurred mostly in the catchment area of the River Elbe, causing, on many water bodies, the highest flow rates during the whole period of monitoring. The flood came in two waves. The first rainfall wave, from 6 to 7 August, hit mainly South Bohemia. The second rainfall wave lasted from 11 to 13 August, and by 12 August all Bohemia had been afflicted, with East Bohemia and a part of North Moravia following on 13 August. An extreme rainfall hit a large territory, in fact the whole catchment area of the River Vltava, including the Rivers Berounka and Sázava, and some other rivers.

In the South Bohemian territory the first rainfall wave caused an extensive overflow of some water bodies, mostly of the right-side tributaries to the Vltava, as well as of the upper section of the Vltava.

The second wave hit not only the catchment area of the upper Vltava, afflicted already by the first wave, but also the catchment areas of the Rivers Otava, Lužnice Berounka and Sázava. Extensively overflowing were nearly all the water bodies in the regions of South Bohemia, West Bohemia and Central Bohemia. On many of them the peak flow rates exceeded a repetition time of 100 years, and in Prague the flow rate reached approximately a 500-year occurrence. For the course of the flood wave downstream of Prague, extensive overflows on the Rivers Vltava and Elbe were characteristic. The flood in August 2002 was exceptional, both by the extent of culmination flow rates and by the volumes of flood waves. In many places the hitherto highest recorded water levels and flow rates were monitored. For example, on the River Vltava in Prague all floods estimated since 1827 were exceeded, and the water level climbed even above the marks of earlier historical floods.

Pokud říkám, že povodňové škody jsou výsledkem působení člověka v krajině, mám na mysli především všechny lidské aktivity v místech, kudy při povodních odtéká nadbytek srážkové vody, který nezdrží přirozená retenční schopnost území. Polemiky, o kolik by mohla být retenční kapacita území větší při jiném využití krajiny, jsou v této souvislosti zavádějící, protože při velkých povodních je jakákoliv retenční schopnost krajiny výrazně překročena. Hlavní a naprosto zásadní příčinou vzniku povodňových škod je fakt, že lidské aktivity od zemědělství v úrodných údolních nivách počínaje, přes dopravní trasy, lidská obydlí a střediska výroby a obchodu se v krajině dostávají do střetu s přirozenými cestami vody. A právě soustavný nárůst všech těchto lidských aktivit je hlavní příčinou hrozivých rozměrů a zvětšování škod při velkých povodních, nikoliv zvětšování povodní samotných.

Pokud lze hovořit o dvou zásadně koncepčně odlišných cestách v ochraně před povodňovými škodami, pak je to na jedné straně koncepce úplného vyklizení všech oblastí ohrožovaných vodami od lidských aktivit a na druhé straně všechny záměry a návrhy usilující o omezení škod zmírněním průběhu povodní. Tyto koncepce druhého typu se vzájemně liší pouze tím, zda žádoucí efekt – ovlivnění průběhu povodní – je reálně dosažitelný a s jakou spolehlivostí. Úspěšnější mohou být jen ty, které respektují všechny fyzikální principy chování vody při povrchovém i podzemním odtoku a ovlivňují hlavní faktory podílející se na vzniku a tvorbě povodňového odtoku. Zásadní potíž správné volby spočívá v tom, že nejdůležitější faktor – srážky ovlivnit nedokážeme (a v zájmu ekologické rovnováhy ani příliš nechceme). Lze to přirovnat k situaci, kdy masivní infekci není možné léčit přímým zásahem proti bakteriálnímu nebo virovému původci, ale pouze podpůrnými prostředky zlepšujícími imunitní odezvu organismu. Zde je teprve jádro svárů mezi různými návrhy na opatření označovaná jako technická a tzv. eko-

logická. Rozdíl mezi nimi však spočívá pouze v tom, řečeno již uvedenou paralelou, jestli oslabíme působení bakterií a zlepšíme imunitu očkováním, přísunem vitamínů, enzymů nebo jinou chemoterapií.

Možnost ovlivnění většiny dalších faktorů tvorby povodňového odtoku je bohužel také velmi obtížná a je nutné se soustředit na přerozdělení průběhu odtoku v čase (retencí) a na omezení rozlivů. Technické koncepce zadržování vody využívají uměle vytvořené nebo přizpůsobené akumulací prostory, jejichž naplňování a vyprazdňování je možné nějak ovládat. Podle stupně splnění obou těchto předpokladů je zaručena jejich účinnost a spolehlivost i pro různé typy povodní. Netechnické koncepce se v racionálně podložených případech snaží poukazovat na některé rezervy v retenční kapacitě krajiny. Velmi často však přitom přehlížejí skutečnost, že v podmínkách naší země jsou problémem škody, které vznikají téměř výlučně až při povodních s vyšší extremitou. V takových případech je jakkoliv vysoká přirozená retenční krajiny překročena z fyzikálních důvodů, protože nelze dosáhnout vyšší rychlosti vsakování při srážkových přívalcích, nebo je příčinou povodně úplné nasycení podloží i rostlinného krytu území předcházejícími srážkami. Doporučení na úpravu druhové skladby lesů, menší zornění půd, obnovení meandrůjících úseků toků a mokřadů, rušení odvodnění a zvěšování zatápní úrodných niv jako návod na omezování účinku takto extrémních povodní (kdy byla např. niva Moravy postupně zalita od Zábřehu až po Hodonín nebo na Labi od Neratovic až do Litoměřic) nelze pak přijímat jinak než jako bezohledné zviditelňování skupinových zájmů, které bohužel současně vykonává medvědí službu skutečné ekologii.

Cestou pro efektivní omezování škod z povodní není volba mezi technickými nebo netechnickými koncepcemi ochrany, ale především optimalizace mezi výhodami z využívání úrodných niv pro lidské aktivity a nevýhodami z rostoucího potenciálu povodňových škod a nákladů na jejich předcházení. Efektivní prevence musí proto zavést takové společenské mechanismy, které budou vytvářet tlak na omezování aktivit v úrodných nivách jen na odůvodněné případy, tj. optimální z celospolečenského hlediska. Kromě zákazu staveb v aktivní zóně záplavových území v novém vodním zákoně takové další mechanismy chybí. Naplňování principů vlády přijaté Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky tak v tomto směru stagnuje a za dva a půl roku od přijetí tohoto materiálu významněji nepokročilo. Domnívám se, že dalšími vhodnými nástroji by byla např. zvýšená daň z nemovitostí (staveb) umístěných v záplavovém území, u kterých hrozí nebezpečí vzniku škod, a vedle toho zavedení přímých příspěvků od uživatelů služeb povodňové ochrany. Zvýšená daň z ohrožených nemovitostí by na druhé straně mohla být i zdrojem pro financování ochranných opatření a příspěvkem na systém záchrany. Pravidla pro poskytování státní podpory subjektům postiženým povodňovými škodami by měla být stanovena jako stále principy působící spíše restriktivně a neměla by být upravována ad hoc podle okamžitého emocionálního působení konkrétní přírodní pohromy. Zbývající prostor potřebné pomoci by měl být ponechán jako působiště nestátní občanské solidarity a individuální zodpovědnosti, projevující se např. pojišťováním majetku. Je mimo veškerou pochybnost, že cenová politika pojišťovacích společností, jako komerčních subjektů, bude působit jednoznačně restriktivně a v silně rizikových územích nebude pojištění vůbec cenově dostupné nebo dosažitelné. Tím závažnější je potřeba jednoznačného chování státních institucí tak, aby nevytvářely očekávání, že riskujícím subjektům budou škody na ohrožených majetcích ze značné části nahrazeny z veřejných prostředků.

Vedle toho je nutné změnit systém přípravy preventivních ochranných opatření tak, aby posiloval individuální zodpovědnost za ochranu před škodlivým působením povodní a rozhodování jednoznačně svěřil samosprávným orgánům. Ochranná opatření přitom musí být důsledně

PROBLEMATIKA REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ V PODDOLOVANÉM ÚZEMÍ

Jiří Šajer

Klíčová slova

revitalizační opatření, poddolované území, vlivy důlní činnosti

Souhrn

V článku je naznačeno, s jakými specifickými problémy je nutno počítat při návrhu revitalizace toků nalézajících se v poddolovaném území. Revitalizační opatření je nutno chápat jako souhrn všech možných opatření vedoucích k navození přírodě blízkého stavu, jimiž

řešena v rámci hydrologických celků přirozených povodí s řádným zvážením souvislostí s dalšími otázkami ochrany vod a veškerého užívání vody. V těchto souvislostech se při návrhu opatření musí angažovat složky státu a úřady.

Na cestě k vytvoření dobře fungujícího systému přípravy preventivních ochranných opatření je nutné ještě překonat mnohá vžitá schémata chování a myšlenkový zmatek z nerozlišování hranic mezi zodpovědností občana a státu. K zásadám a principům, které je žádoucí prosadit a důsledně uplatňovat, podle mého názoru patří:

- Uznání a uplatňování principu, že o rozsahu a způsobu ochrany musí s konečnou platností rozhodovat ohrožený občan, popř. jím volení zástupci v úrovni obcí a krajů, protože jen ti mohou zvážit všechny veřejné zájmy, které si při takovém rozhodnutí vzájemně konkurují.
- Prvotní úlohou odborníků je především srozumitelně informovat o rozsahu rizika, kterému jsou jednotlivé části ohroženého území vystaveny.
- Při hledání jakýchkoliv řešení v povodňové ochraně není úlohou odborníků určitá řešení prosazovat, ale především jasně informovat o mezích jejich použitelnosti a vyvolávaných souvislostech.
- Odborníci na povodňovou ochranu tak musí přispět především k vymezení prostoru nebo rámce pro rozhodování občana či jeho zástupců o tom, jaké riziko ohrožení z povodní přijme a jaké chce odstranit.
- Se svrchovaným právem rozhodovat musí být bezprostředně spojená povinnost vybraná opatření financovat. Tím by bylo významně omezeno kladení vysokých požadavků na ochranu a výběr opatření usměrňován k efektivitě.
- Státu by mělo příslušet právo, nikoliv povinnost, podpořit taková řešení, která budou přinášet další veřejně prospěšné a žádoucí účinky.

Jak je z uvedených zásad a předchozího textu zřejmé, je rozhodování o ochraně před povodňovými škodami z podstatné části rozhodováním politickým a rozhodováním o prioritách mezi rozmanitými veřejnými zájmy. Orgány politického rozhodování proto nemohou tuto svou úlohu předat jakékoliv úrovni státní správy nebo jakkoliv fundovaným odborným organizacím. Pokud někdy budou naznačené zásady uplatňovány, změní se i způsob hodnocení některých současných dějů. Budeme zřejmě považovat za zcela přirozené, že občané Havlíčkovy kolonie v Českých Budějovicích, ohrožovaní záplavami z Malše, se po seznámení s návrhy podniku Povodí Vltavy na jejich ochranu rozhodnou nezvěšovat současnou úroveň ochrany, protože považují za důležitější zachování parku na břehu řeky a riziko záplav pro svůj majetek pokládají za přijatelné. Na druhé straně budeme považovat za vrcholně nepřijatelnou snahu zastupitelů Moravskoslezského kraje o to, aby rozhodnutí o vybudování ochranné nádrže Nové Heřminovy za ně udělalo Ministerstvo zemědělství. Dnes to ještě bohužel všem úplně absurdní nepřipadá.

Ing. Evžen Polenka
VÚV T.G.M., pobočka Brno
tel. 549 250 247

Key words

floods, flood damage, protective measures

A Defence against Floods or Flood Damages? (Polenka, E.)

In the article, it is pointed out to the necessity of aiming the prevention in the sphere of flood protection at a rational and effective decision-making on the use of territories endangered by floods. This is the chief factor bringing about or limiting the necessity of expensive protective measures. The article also enumerates the possibilities that would be instrumental in such a decision-making.

by nebyl snížen stupeň protipovodňové ochrany území kolem toku a nebyly ohroženy objekty na toku (mosty, lávky atd.). Při návrhu spádových objektů je vhodné dávat přednost přírodě blízkým řešením, jakými jsou například balvanité skluzy. Z hlediska revitalizačního efektu je velmi důležitý návrh doprovodné vegetace na bermách a svazích, dále přiměřená stabilita dna a břehů a v neposlední řadě pokud možno i řada dalších aspektů, jako je uchování životních podmínek pro flóru a faunu v tocích a jejich okolí, jejich začlenění do krajiny, rekreační využití atd.

Úvod

Při návrhu revitalizačních opatření v podmínkách hornické krajiny je nutno přihlížet ke specifickým vlivům, typickým pro takovou krajinu. Cílem revitalizačních opatření je obvykle obnovení původního přírodního stavu. To však v hornické krajině vzhledem k některým nevratným procesům vyskytujícím se v důsledku poddolování není zcela možné, a proto je nutno alespoň hledat cesty k navození přírodě blízkého stavu.

Vlivy důlní činnosti na vodní toky a opatření související s jejich revitalizací

Pro zpracování návrhu revitalizace toků všeobecně platí metodický pokyn OEK MŽP [1]. Podle něj mají návrhy opatření zajistit revitalizaci vodních toků a jejich údolních niv, nádrží a také optimální zadržování vody v krajině. Při návrhu revitalizace se vychází ze současného vlivu toku na okolní ekosystémy, na ekosystémy samotného toku a na ekologickou stabilitu krajiny při zohlednění vodohospodářských, ekonomických a sociálních aspektů. Při každém zásahu do vodního toku je třeba předložit analýzu geomorfologického typu vodního toku a údolní nivy (původní stav, současný stav a vývojový trend), na základě které se určí optimální varianta řešení.

Šindlar [2] uvádí, že v první fázi přípravy revitalizačních opatření je nezbytné zpracování zonace vodopisné sítě, která jednotným způsobem určí úseky, kde je nezbytné zachovat technický přístup k úpravám toků při návrhu projekčních parametrů úprav blízkých náhradního geomorfologickému typu toku (dnes zastavěné oblasti) a naopak, kde je potřebné usilovat o obnovu přirozených charakteristik toku a nivy v plném rozsahu (dnes nezastavěná území). Tímto přístupem je možné plně zajistit soulad ekologických i vodohospodářských funkcí toků i údolních niv. Je potřebné zpracovat objektivní zhodnocení současného stavu odklonu vodních toků a jejich poříčních zón od potenciálu daného geomorfologickým typem ve srovnatelných hodnotících měřítkách. Datové vstupy musí být jednotné, s minimálním zatížením subjektivního pohledu, snadno získatelné a kontrolovatelné. Analýzy a hodnotící stupnice stavu narušení toku a nivy je třeba zpracovat opět bez vstupu subjektivního pohledu hodnotitele a teprve při závěrečné kategorizaci území, shrnující i ostatní faktory, se podrobněji zabývat specifickými jevy, které souvisí s poddolovaným územím.

V důsledku důlní činnosti dochází k deformaci podélného a příčného profilu vodního koryta toku. Podle Patočky aj. [3] mají horizontální pohyby význam zejména u objektů na toku, popř. v oblasti karbonských oken. Hlavní význam pro odtokové poměry však mají vertikální pohyby – poklesy. Poklesy způsobují deformace podélného profilu, jejichž důsledkem jsou zásadní změny odtokového režimu v zasažených úsecích toku. Na jedné straně dochází ke zvýšení erozivní činnosti, na druhé straně ke ztrátám sklonu, které jsou provázány záplavami přilehlého území.

Vlivem poddolování vznikají na toku dva charakteristické úseky – sklonově pasivní a sklonově aktivní úsek.

Sklonově pasivní je úsek, kde dochází ke ztrátám sklonu. Se změnou sklonu dna proběhne změna původního sklonu hladiny, která se však projeví v delších úsecích toku tím, že sklon hladiny je v pasivním úseku po poklesu menší než před poklesem. Hladina vody v takovém úseku se relativně zvyšuje v poměru k okolnímu terénu, rozšiřuje se průtočný profil, snižuje se rychlost vody a usazují se splaveniny. Odpady zaústějící do toku ztrácejí sklon, hladina podzemní vody v přilehlém území se zvyšuje a dochází k zamokření a zatápění okolního terénu. Komunikační objekty zapadají pod hladinu vody, spádové objekty na toku přestávají ovlivňovat průběh hladiny. Současně probíhající zaklesávání břehů a hrází způsobuje až trvalé záplavy v rozsahu odpovídající velikosti poklesů.

Sklonově aktivní úsek se nachází nad poklesovou kotlinou, v něm nastává zvyšování sklonu, které je provázáno zvýšenou erozivní činností. Sklon hladiny je v aktivním úseku po poklesu větší než před poklesem. Dno se prohlubuje, objekty ležící na toku a břehová opevnění jsou ohroženy podemláváním. V uvedeném úseku se koncentruje ztracený sklon ze sklonově pasivního úseku.

Mezi úsekem sklonově aktivním a sklonově pasivním se může vytvářet úsek, který má vyrovnané sklonové poměry. Vyskytuje se však zřídka, protože vlivy na vodní tok jsou mnohem složitější. Sklonově aktivní a sklonově pasivní úseky se dotýkají a překrývají. Na tok působí současně vlivy rubání několika slojí nad sebou a současně probíhající poruby různých důlních polí. Poklesová kotlina nebývá obvykle v klidu, ale postupuje různými směry. Celkový vývoj poddolovaného toku je ovlivňován komplexem jevů, které jsou způsobeny poddolováním, specifickými poměry každého toku, jeho průtokovým a splaveninovým režimem. Pouze dokonalá znalost všech těchto jevů a jejich správné rozdělení jsou předpokladem pro účinná sanační a revitalizační opatření.

Dalším možným jevem souvisejícím s důlní činností je vcezování vody do důlních děl. Jde o velmi důležitou otázku vzájemného vztahu mezi důlními prostory a povrchovými vodami v souvislosti s úpravou vodních poměrů na povrchu. Tento problém přichází v úvahu, je-li nadloží uhelných slojí přiměřeně propustné. Na Ostravsku jsou tyto případy (vzhledem k tomu, že karbonské souvrství je převážně zakryto několik desítek až stovek metrů mocným nadložím neogenních nebo flyšových hornin o dostatečné těsnosti) velmi řídké a omezují se pouze na tzv. karbonská okna, v nichž karbon vychází až na povrch, popř. je zakryt pouze propustnými kvartérními sedimenty. Komunikace vody vlastními sedimenty karbonu (břidlice, lupky, pískovce), v nichž jsou vyvinuty

uhelné sloje, probíhá převážně po puklinách, ať již primárních či sekundárních – vzniklých podrubáním. Ve zmíněném nepropustném nadloží plastického charakteru nevznikají pukliny.

Pro ilustraci vlivu poddolování na vodní tok uvádíme konkrétní příklad z poslední doby, týkající se jednoho drobného bezejmenného vodního toku nalézajícího se v povodí Olše. Zmíněný vodní tok se nalézá v lokalitě „Žolnov“, v prostoru, kde byla prováděna v letech 1997 až 1998 geodetická měření „in situ“ v rámci grantového projektu GA ČR č. 105/97/0887 [4]. Postupně vznikající kotlina se vytvářela anomálním způsobem, který nebylo možno predikčním výpočtem (především kvantitativně) postihnout.

Největší zjištěné hodnoty poklesu za sledované období jsou uvedeny v tabulce 1.

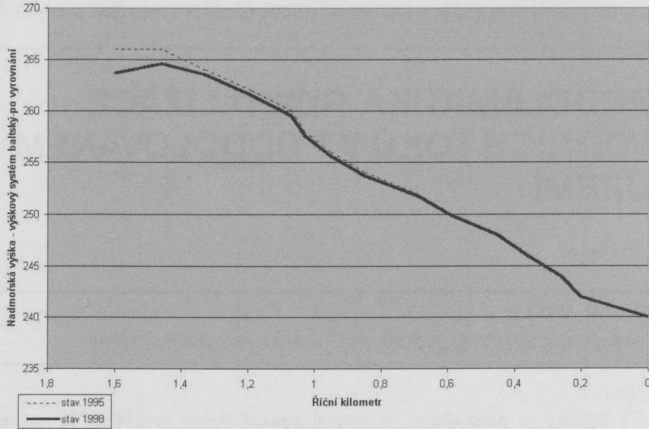
Na základě uvedených hodnot poklesů byl sestaven graf podélného profilu toku; vycházelo se přitom z předpokladu, že stav na počátku roku 1997 odpovídal mapě z roku 1995. Pokud se týče podélného profilu dna koryta vodního toku, k největším poklesům, jak je patrné z obr. 1, došlo v pramenné oblasti. Začala tam vznikat bezodtoková nádrž a následující část původního koryta se ocitla v protispádu až po v současné době nejvýše položenou část koryta, kde tok úplně zanikl. Spád zbývajících úseků až po Stonávku se vlivem poklesů zmírnil – jde o úsek sklonově pasivní. V úrovni sloupů S 35 až S 36 se v poslední době začala vytvářet protékající nádrž.

Z uvedených skutečností vyplývá, že při revitalizaci vodních toků v poddolovaném území je nezbytné uplatnit některá specifická opatření, zejména z hlediska zachování vyhovujících odtokových poměrů (neškodné odvedení velkých vod, možnost odvodnění atd.) a také dodržení některých zásad. Výtčet nejdůležitějších z nich je následující:

- Zejména v oblasti poklesových kotlin, jejichž vývoj ještě není ukončen, je nutné pamatovat na provozní cesty kolem koryta toku, aby byl přístup pro případné další úpravy.

Tabulka 1. Zjištěné poklesy v lokalitě Žolnov

Objekt	Pokles 1997 až 1998
S 19	-2 315
S 20	-2 375
S 21	-2 553
1054	-2 514
T 70	-2 034
817	-413
466	-433
667	-340
T 62	-346
403	-283
T 60	-280
S 32	-396
S 33	-324
T 59	-274
S 34	-250
S 35	-194
S 36	-156
S 38	-110
S 39	-90
S 40	-79
S 41	-69
S 42	-61
S 43	-54
S 44	-51
S 45	-48
S 46	-43
S 47	-39



Obr. 1. Vliv vznikající poklesové kotliny v lokalitě Žolnov na podélný profil drobného vodního toku

- Je-li možné volit trasu toku, pak pokud možno rovnoběžně s izokatabázami, mimo nejhlubší místa poklesových kotlin, mimo oblast důlní těžby v oblasti s menšími poklesy, a to nejlépe mimo karbon-ská okna, zejména v úsecích očekávaných prohrábek.
- Ve všech případech je nutné zachovat odvodňovací funkci starého koryta!
- Ztracený spád možno získat napřímením trasy, snížením nebo odstraněním spádových objektů, prohrábkou dolních nepokleslých úseků. Při prohrábce je nutné dbát na potřebné minimální krytí inženýrských sítí vedených pode dnem toku! V důsledku snížení sklonu je nutné počítat se změnou splaveninového režimu – se zanášením. V místech, kde se nacházejí karbonská okna, je prohrábka nevhodná! V některých případech jsou poklesy tak velké, že už není možné získat ztracený spád žádným způsobem.
- Ve sklonově pasivních úsecích, kde se v budoucnu počítá s dalšími poklesy, budovat jen provizorní spádové objekty.
- Odvodnění území v okolí pasivních úseků je možné docílit prodloužením odpadů a jejich zaústěním níže po toku, vybudováním přečerpávacích stanic nebo kombinací předchozích dvou možností.
- Pro ochranu před povodněmi okolí sklonově pasivních úseků počítat v budoucnu s jejich ohrázkováním, s dostatečně širokým územním pruhem, s protipovodňovými uzávěry a se zvedáním mostů a inženýrských sítí křížících tok vrchem.
- Nepříznivé jsou malé poloměry oblouků v místech sklonově aktivních úseků, proto se jim pokud možno vyhýbat.
- Zvýšené erozivní činnosti v aktivních úsecích lze čelit pohozem dna odolným materiálem se zrnitostním složením odpovídajícím již zvěšenému nebo očekávanému sklonu. Na šterkonosných tocích nepřichází v úvahu, protože je tam neúčinný!
- Ve spádově aktivních úsecích je nutné zabezpečit potřebné minimální krytí inženýrských sítí nacházejících se pode dnem toku – například stabilizací dna prahem.
- Jak uvádí Gergel aj. [5], hlavní funkcí toku, který se nachází v území s báňskou a důlní činností, na plochách vyhrazených průmyslové výroby nebo skladům (např. uhlí), je rychlé odvedení vody z území. Jeho revitalizace není žádoucí, důležitá je však pravidelná údržba břehové hrany sečením porostů, alespoň 2krát ročně, s následným odklizením posečené hmoty mimo břehy toku. Sečením se také potlačuje keřový a stromový nálet. Vlastní břeh je možné ozelenit autochtonními dřevinami, které odpovídají přirozenému vegetačnímu stupni. Podmínkou je však dodržení snadné přístupnosti pro udržovací práce (odstraňování sedimentu, kosení a odklizení posečené travní hmoty).
- Aby se zabránilo erozi ve sklonově aktivních úsecích, je nutno budovat nové spádové objekty umožňující v budoucnu jejich zvýšení a vkládání nových stupňů. Podle Čermáka [6] jsou jedním z nejvhodnějších stavebních prostředků v poddolovaném území, tedy i pro výstavbu spádových objektů, ocelové štetovnice, zejména pro svou těsnost i přizpůsobivost deformacím. Obecně musí platit zásada, že konstrukce nacházející se v poddolovaném území musí být snadno doplnitelná a opravitelná. Jak uvádí Výbora [7], vyžadují toky v poddolovaném území zvláštní typy spádových stupňů. Poklesy terénu totiž vyvolávají zvýšené prostorové namáhání konstrukcí. Současně je třeba uvážit i možnost rekonstrukce objektu, aby zachovával svou původní funkci před poklesem. Z těchto hledisek jsou řešeny i spádové stupně, u kterých právě snížení jejich koruny vlivem sedání podloží ohrožuje nejen vlastní konstrukci, ale i stabilitu celého toku nad stupněm. Ta může být zachována právě rychlou rekonstrukcí stupně. Takovou konstrukci představuje například spádový stupeň budovaný ze štetových larsenových stěn a těžkého záhozu, spádový stupeň ze štetových stěn a prefabrikátů a stupně vzniklé spojením různých stavebních prvků (těsnicí a stabilizační prvek ocelová štetová stěna, přelivná plocha tělesa a dno vývaru z dřevěných pilot a trámů ...). Popsané konstrukce vyžadují dosti vysoké náklady na realizaci a nároky na řemeslnou sílu. Výhodnější jsou balvanité skluzy, které jsou levnější, lépe odpovídají přírodním podmínkám a nevyžadují odbornou řemeslnou práci. Pro dosažení přirozeného vzhledu je vhodné použít balvany z místních zdrojů. Úseky drobných toků a potoků s balvanitými skluzy jsou v přirozeném stavu, vytvářejí s okolím harmonický celek a nenarušují ráz krajiny. Umístění spádových stupňů a balvanitých skluzů v toku je výhodné v přímé trati, kde již nastalo vyrovnání rychlostního pole, tj. kdy maximální rychlost působí přibližně v ose koryta. Namáhání skluzu bude souměrné k ose skluzu a očekávané deformace dna pod skluzem se utvářejí nejspíše ve střední části dna.
- Při revitalizaci břehových a doprovodných porostů a péči o vegetační doprovod vodních toků je třeba zejména sledovat, jaká je jeho fyzikálně-mechanická účinnost a bioenergetický potenciál, který je u kvalitního vegetačního doprovodu přímo závislý na druhové skladbě porostu včetně bylinného pokryvu. Jednotlivé skupiny typů geobiocenů vyskytující se podél vodního toku plní důležitou funkci „filtru“

se schopností zabránit vniknutí různých reziduí do podloží a dále do toku tím, že je vážou do vlastní biomasy. Kvalita takového „filtru“ je závislá na druhové rozmanitosti vegetace – stromů, keřů i bylin, které koření v různých hloubkách půdního horizontu, a tím pokrývají biologicky aktivní profil pohybu odtoku podzemní vody. Z tohoto hlediska je nutno považovat za nevhodné monokultury. Bioenergetický potenciál je tedy významným faktorem pro snižování zatížení vodního toku hlavními eutrofizujícími látkami – dusíkem, fosforem a ostatními nežádoucími rezidui, má schopnost vázat difúzní zdroje znečištění. Ekologické podmínky pro břehový porost se nacházejí obvykle do výše hladiny jednoleté vody, nad hladinou jednoleté vody jsou podmínky pro doprovodný porost. Je však nutno vzít v úvahu, že kóta hladiny jednoleté vody se v průběhu času bude vlivem poklesů měnit!

Závěr

V článku bylo naznačeno, s jakými specifickými problémy je nutno počítat při návrhu revitalizace toků nalézajících se v poddolovaném území. Neobejde se to bez prognóz poklesů a údajů o vcezení vody do důlních prostor zpracovaných báňskými znalci. Pak je možno odhadnout, ve kterých úsecích toků a zhruba v jakém časovém horizontu dojde ke vzniku sklonově aktivních a sklonově pasivních úseků, popř. ve kterých úsecích bude možno i v budoucnu očekávat vyrovnané sklonové poměry. Revitalizační opatření pak je nutno chápat jako souhrn všech možných opatření vedoucích k navození přírodě blízkého stavu, jimiž by nebyl snížen stupeň protipovodňové ochrany území kolem toku a nebyly ohroženy objekty na toku (mosty, lávky atd.). Při návrhu spádových objektů je vhodné dávat přednost přírodě bližším řešením, jakými jsou například balvanité skluzy. Z hlediska revitalizačního efektu je velmi důležitý návrh doprovodné vegetace na bermách a svazích, dále přiměřená stabilita dna a břehů a v neposlední řadě i další aspekty, jako je uchování životních podmínek pro flóru a faunu v tocích a jejich okolí, jejich začlenění do krajiny, rekreační využití atd. Z toho dosáhne jen při vzájemném pochopení a ochotě ke kompromisu všech zúčastněných stran, tzn. zájmu výkonu správy vodních toků, ochrany přírody, urbanismu, občanských iniciativ apod. Je nutné si uvědomit, že cesta zpět k přirozeným, volně plynoucím tokům je možná jen částečně, neboť jejich okolí se v důsledku činnosti člověka podstatně a mnohdy nenávratně změnilo.

Literatura

- [1] Marhoun, K. aj. Metodický pokyn odboru ekologie krajiny Ministerstva životního prostředí k zadávání, zpracování posuzování a využívání studií Programu revitalizace říčních systémů. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1998.
- [2] Šindlar, M. Strategie péče o vodní toky. www.sindlar.cz, 2000.
- [3] Patočka, C., Macura L. aj. Úpravy toků. Technický průvodce 36, Praha: SNTL, 1989.
- [4] Novák, J. a Schenk, J. Geodynamické jevy v poklesové kotlině na základě geodetických měření in situ a jejich dopad na hornickou krajinu. Ostrava: VŠB-TU, 1999.
- [5] Gergel, J. aj. Revitalizace drobných vodních toků. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1999.
- [6] Čermák, J. O účincích poklesů povrchu v oblasti kamenouhelné na vodní stavby. *Rozpravy svazu horních a hutních inženýrů*, 1, 3, 1945.
- [7] Výbora, P. Úpravy toků. Brno: VUT, 1978.

Ing. Jiří Šajer
VÚV T.G.M., pobočka Ostrava
tel. 596 134 181, linka 50

Key words

revitalization measures, undermined territory, impacts of mining

Problems of Revitalizing Water Bodies in an Undermined Territory (Šajer, J.)

The article is concerned with indicating specific problems one has to take into account when designing the revitalization of water bodies situated in an undermined territory. The revitalization measures should be understood as a complex of all possible measures leading to a nature-close state, which would not lower the level of flood protection along the water body and would not endanger objects on the water body (bridges, footbridges, etc.). When designing river-fall objects it is appropriate to prefer solutions that are closer to nature, such as boulder chutes. In terms of revitalizing effect importance should be attached to the design of accompanying vegetation on berms and slopes, furthermore to an adequate stability of bottom and banks, and, last but not least, to a number of other aspects, such as the preservation of living conditions for flora and fauna in water bodies and their vicinity, their landscape integration, recreational use, etc.

SLOUČENINY AKTIVNÍHO CHLORU A JEJICH MONITORING V HYDROSFÉŘE ČESKÉ REPUBLIKY

Tomáš Mičaník

Klíčová slova

celkový zbytkový chlor, monitoring, povrchové vody, odpadní vody

Souhrn

V rámci implementace směrnice Rady 78/659/EHS byl v roce 2001 jednotlivými podniky Povodí zahájen první systematický monitoring celkového zbytkového chloru v povrchových vodách. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v roce 2002 dále ověřoval přítomnost celkového zbytkového chloru v odpadních vodách vypouštěných přímo do recipientů u podniků, které se sloučeninami obsahujícími aktivní chlor nakládají nebo je vyrábějí.

Nejvyšší koncentrace celkového chloru byly nalezeny tam, kde se chlorace provádí na odtoku z ČOV, tj. v odpadních vodách ze zdravotnických zařízení I. kategorie (v rozmezí koncentrací 1–10 mg.l⁻¹ celkového zbytkového chloru). Z hlediska množství vypouštěných vod mohou významně ovlivnit jakost povrchových vod také velké úpravní vody, kde se koncentrace celkového zbytkového chloru ve vypouštěných pracích vodách po separaci pohybovala v rozmezí < 0,01 až 0,40 mg.l⁻¹).

Terminologie

Chlor je v odborné literatuře označován jako volný, aktivní, dostupný, kombinovaný, zbytkový nebo v kombinaci s těmito adjektivy. Jednotnou terminologií upravuje ČSN ISO 7393 – Stanovení volného a celkového chloru:

volný chlor: chlor přítomný jako kyselina chlorná, chlornanový ion nebo rozpuštěný elementární chlor;

vázaný chlor: podíl celkového chloru přítomného jako chloraminy a organické chloraminy;

chloraminy: deriváty amoniaku vzniklé substitucí jednoho, dvou nebo tří vodíkových atomů atomy chloru a všechny chlorované deriváty organických sloučenin dusíku stanovené metodou ČSN ISO 7393.

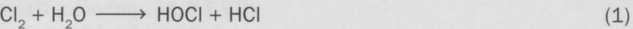
Názvy a synonyma ve vztahu ke skutečným sloučeninám v roztoku shrnuje *tabulka 1*.

Tabulka 1. Názvy a synonyma

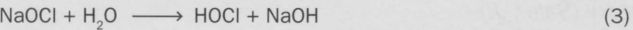
Název	Synonymum		Sloučeniny
volný chlor	volný chlor	volný aktivní chlor	elementární chlor, kyselina chlorná
		potenciálně volný chlor	chlornany
celkový chlor	celkový zbytkový chlor		elementární chlor, kyselina chlorná, chlornany, chloraminy

Chování chloru ve vodném prostředí

Plynný chlor ve styku s vodou vytváří kyselinu chlornou, která dále disociuje na chlornanový ion a vodíkový ion. Hydrolyza probíhá podle rovnice (1) velmi rychle, rovnováha se ustaluje během několika sekund.



Další komerčně běžně používaná sloučenina s obsahem aktivního chloru – chlornan sodný – ve vodném prostředí hydrolyzuje na kyselinu chlornou a hydroxid sodný:



Kyselina chlorná dále disociuje podle rovnice (2).

Směr rovnováhy v těchto rovnicích je závislý na mnoha faktorech, jako je teplota či iontová síla, nejvíce však na pH. Alabaster a Lloyd [1] uvádějí, že při hodnotě pH pod 7,5 a za všech teplot, které byly v rybných vodách evropského kontinentu zjištěny, se chlor vyskytuje převážně ve formě kyseliny chlorné (HOCl). Turner a Chu [2] shrnují, že při pH = 7 je 80 % volného chloru přítomno jako HOCl, zatímco při pH = 8 už pouze 4 %. Zbytek se vyskytuje v disociované formě OCl⁻. Tsai [3] pozoroval, že hodnota LC₅₀ volného chloru pro kapří jikry (Carpeggus) se měnila se změnou pH. V intervalu pH 5,5–7,5 nebyl tento jev znatelný, ale při vzrůstu pH ze 7,5 na 8,5 hodnota LC₅₀ pro testovaný organismus vzrostla dvojnásobně. To znamená, že se toxicita vody obsahující neměnnou koncentraci volného chloru může se změnou pH měnit.

Závislost přítomnosti hlavních sloučenin chloru na pH shrnuje *tabulka 2*.

S amoniakem, organickými aminy nebo huminovými látkami v povrchových vodách aktivní chlor velice rychle reaguje za vzniku chloraminu (NH₂Cl), dichloraminu (NHCl₂) až trichloraminu (NCl₃). Pokud je poměr Cl/N < 1, většina veškerého chloru rychle zreaguje na chloramin a v závislosti na pH systému na dichloramin. Při přebytku chloru, kdy Cl/N > 1 (např. v úpravěrenství vody), může být přítomen v systému volný chlor i po počáteční rychlé reakci s amoniakem. Přebytečný chlor pak může reagovat s organickým aminy a huminovými látkami.

Další významnou sloučeninou chloru, která má v průmyslu a úpravěrenství vody široké použití, je chlórdioxid – ClO₂. Stálost chlórdioxidu ve vodném prostředí není příliš dlouhá. Ve vodném prostředí se rychle mění na chloritanový ion ClO₂⁻. Na rozdíl od kyseliny chlorné (HOCl) chlórdioxid nereaguje s amoniakem v odpadních vodách za vzniku chloraminů [4].

Chlor jakožto silné oxidační činidlo může v odpadních a povrchových vodách reagovat s celou řadou sloučenin, které mohou různou měrou přispívat k výsledné toxicitě. Dva různé vzorky vod, které mají shodnou koncentraci celkového zbytkového chloru, mohou vykazovat různé toxikologické vlastnosti. K nejhojněji se vyskytujícím vedlejším produktům chlorace (vlivem působení chloru v odpadních a povrchových vodách) mohou náležet:

- chlorované fenoly,
- trihalometany (chloroform),
- halogenované organické kyseliny (kys. chloroctová).

Tabulka 2. Přítomnost hlavních sloučenin chloru v závislosti na pH

pH	< 2	2 < 5	5	5 < 10	10
Cl-formy	Cl ₂	Cl ₂ , HOCl	HOCl	HOCl, ClO ⁻	ClO ⁻

Chlor je ve vodě velmi reaktivní, ale i nestálý. Volný chlor ve formě HOCl nebo OCl⁻ se v roztoku rozkládá za vzniku chloru a kyslíku. Tento proces je urychlován působením slunečního záření. Stálost volného chloru ve vodě je dále snižována přítomností organických i anorganických látek. Chloraminy jsou méně reaktivní než chlor, a jsou proto i stálejší. Heinemann [5] vyvinul model pro určení stálostí chloru v přírodních vodách, založený rovněž na analýzách několika říčních profilů. Hlavní faktory, které mají vliv na úbytek koncentrace volného chloru, určil takto:

- chemické zreagování 10–50 %,
- fotolytická přeměna 5–30 %,
- odtěkání 20–80 %.

Z toho je patrné, že v přírodních podmínkách, na rozdíl od uzavřeného systému distribuční sítě rozvodu pitné vody, chlor a jeho aktivní formy rychle odtěkávají. Nejstabilnějšími jsou v říční vodě chloraminy.

Výroba, použití a zdroje znečištění

Nejdůležitější místo ve výrobě a použití sloučenin obsahujících aktivní chlor náleží chemickému průmyslu. Na chloru je přímo nebo nepřímo závislých 60 % evropského průmyslu [6]. Nejpoužívanější metodou výroby chloru je v ČR tzv. amalgámová elektrolyza. Výchozí surovinou je solanka (roztok NaCl), v elektrolyzáru na katodě (Hg) vzniká amalgám NaHg a na anodě plynný chlor. Tento postup je používán ve Spolkách pro chemickou a hutní výrobu Ústí n. Labem a ve Spolaně Neratovici. Velice používaný chlornan sodný se vyrábí působením plynného chloru na zředěný roztok hydroxidu sodného. Do chemického průmyslu



Úpravna vody Karlov – sedimentační nádrž odpadních vod z praní filtrů (foto autor)



Kotelník potok pod úpravnou vody Karlov
(foto autor)

je často prováděna již na vstupu surové vody do úpravy z důvodu ochrany pískových filtrů před tvorbou biologických povlaků. V každém případě je chlor dávkován do již upravené pitné vody tak, aby v rozvodném distribučním systému byla zachována požadovaná koncentrace volného chloru 0,05–0,3 mg.l⁻¹ (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví 376/2000). Chlordioxid se v úpravě vody používá rovněž jako koagulační prostředek. Odpadní vody z praní filtrů mohou při vypouštění do recipientu obsahovat malé množství aktivního chloru.

S chlorem se můžeme setkat rovněž v procesu čištění odpadních vod. Chlor je nejčastějším prostředkem dezinfekce již vyčištěných odpadních vod ze zdravotnických zařízení. Podle ČSN 75 6406 je v České republice povinností dezinfikovat odpadní vody ze zdravotnických zařízení I. kategorie, tj. těch, která jsou určena k izolaci a léčbě přenosných onemocnění a k manipulaci nebo zpracování infekčního materiálu. Jde především o tuberkulózní léčebny, léčebny dlouhodobě nemocných a vybrané nemocnice vypouštějící odpadní vody přímo do recipientu. Dávka chloru potřebná k dezinfekci musí být taková, aby v odpadní vodě odtékající z čistírny byla koncentrace zbytkového chloru v rozmezí 0,5–1,0 mg.l⁻¹. Dávkování chloru je prováděno automaticky na výstupu z technologie ČOV ve formě chlordioxidu nebo chlornanu.

Chlor se ve velkém množství používá při výrobě papíru v procesu bělení buničiny. Při tomto způsobu bělení se pomocí chloru odstraní velká část ligninu zbývajících v materiálu po vaření. Poté je buničina ve víceetapovém procesu bělena chlordioxidem nebo chlornanem sodným. Při tomto procesu se spotřebuje v průměru 50 až 80 kg chloru na tunu buničiny. Odhaduje se, že přitom 10 % chloru přejde do formy organických sloučenin a dostane se tak do odpadních vod. Chlor není v odpadní vodě přítomen v aktivní formě, ale vázaný – byly identifikovány např. pentachlorfenol, metylenchlorid, chloroform, trichloretylen a perchloretylen.

S procesem bělení se setkáme i v textilním průmyslu při bělení výchozích textilních materiálů chlordioxidem, odbarvováním textilu a dekolorizací odpadních vod v procesu jejich úpravy nebo čištění z textilních provozů.

V energetickém průmyslu a všude tam, kde se používají chladicí systémy založené na cirkulaci vody, může být chlor dávkován do chladicích vod jako prostředek k zamezení růstu biologických povlaků. Zpravidla se dávkuje 0,2 mg.l⁻¹ chloru, krátkodobě je ho možno dávkovat i v koncentraci vyšší.

V provozech povrchových úprav kovů se chlornan sodný používá k neutralizaci kyanidů vyčerpaných kyanidových lázní.

Široké uplatnění dezinfekčních prostředků s aktivním chlorem můžeme najít v průmyslu potravinářském. Jejich zvýšenou spotřebu předpokládáme především v provozech zpracování syrového masa (játka, masokombináty, kafilerie), a to jak při dezinfekci zařízení a interiérů budov, tak při hygienizaci odpadních vod. Podle [7] se chlordioxid může používat k bělení mouky a tuků.

Toxicita sloučenin aktivního chloru pro vodní organismy

Aktivní chlor je pro ryby velmi silně jedovatý. Stupeň toxicity je výrazně ovlivněn teplotou vody. Koncentrace aktivního chloru 3,5 mg.l⁻¹ při teplotě vody 3–7 °C působí na kapra subletálně. Stejná koncentrace aktivní

můžeme zařadit i výrobu dezinfekčních prostředků na bázi aktivního chloru. Jejich největším výrobcem v ČR je společnost Bochemie Bohumín, a. s. (Savo, Chloramin, Dikonit, Savagro). Podíl aktivního chloru v dezinfekčních prostředcích se pohybuje od 5 do 55 %.

I v dalších odvětvích průmyslu je použit sloučenin aktivního chloru velmi rozšířen. Významné je použití chloru v úpravě vody na vodu pitnou. Zhruba 90 % veškeré vody určené k výrobě pitné vody je dezinfikováno chlorem nebo chlordioxidem. Tato dezinfekce

ho chloru při teplotě vody 15–20 °C způsobí úhyn kaprů za 1–2 hodiny. Koncentrace aktivního chloru 0,6–0,7 mg.l⁻¹ při teplotě vody 18–20 °C vyvolala úhyn kaprů za 24 hodin. Koncentrace aktivního chloru 0,04 až 0,2 mg.l⁻¹ je při dlouhodobém působení toxická pro většinu ryb.

V Anglii požadovaný imisní standard pro rybne vody (2 µg.l⁻¹) vychází z výsledků testů toxicity na blešivci (*Gammarus*), kdy bylo zjištěno, že již koncentrace 3,4 µg.l⁻¹ chloraminů ve vodě při 15týdenní expozici měla negativní vliv na reprodukci [8]. Podle v současnosti platné legislativy imisní standard aktivního chloru (jako Cl₂) ve vodárenských tocích činí 0,005 mg.l⁻¹ a pro ostatní povrchové vody 0,05 mg.l⁻¹ (nařízení vlády č. 82/1999 Sb., příloha č. 3).

Obsažený materiál k toxicitě sloučenin obsahujících aktivní chlor na vodní organismy můžeme nalézt v literatuře [9, 10].

Implementace směrnice Rady 78/659/EHS [11]

V rámci přípravy České republiky na členství v EU probíhají práce na implementaci Směrnice Rady 78/659/EHS „o kvalitě sladkých povrchových vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení za účelem podpory života ryb“. Povinnosti členských států je mj. označení kaprových a lososových vod a plnění vybraných ukazatelů na jakost „rybných“ vod. K povinným ukazatelům náleží rovněž celkový zbytkový chlor, kdy limit 0,005 mg.l⁻¹ (jako HOCl) je závazný jak pro kaprové, tak i lososové vody.

Od roku 2001 probíhá na celém území ČR pravidelný monitoring celkového zbytkového chloru na hlavních tocích a v závěrných profilech jejich významných přítoků (asi 120 profilů). Ve shodě se směrnici je chlor měřen kolorimetricky DPD metodou (reakčním činidlem je N,N-diethyl-p-fenylendiamin). Měření je realizováno podle ČSN ISO 7393 jednotlivými podniky Povodí, s. p., a Výzkumným ústavem vodohospodářským, který zajišťuje metodickou podporu řešení této problematiky.

V roce 2001 bylo podle možností jednotlivých správců povodí ověřeno měření chloru v povrchových vodách komparátorem, laboratorním stanovením podle výše uvedené normy a pomocí prostředků mobilní analytiky. Z dosažených výsledků jednoznačně vyplývá potřeba provádět měření celkového zbytkového chloru přímo v terénu bezprostředně po odběru vzorku. Použití komparátoru a laboratorní stanovení podle ČSN ISO 7393 se jeví jako nedostatečné vzhledem k přesnosti komunitárního limitu. Osvědčilo se použití mobilních kolorimetrů (např. fy HACH) s požadovanou citlivostí měření 0,01 mg.l⁻¹ (jako Cl₂).

Dále z výsledků měření v roce 2001 vyplývá, že stanovení může být zatíženo pozitivní chybou, která je způsobena mnoha faktory, z nichž jako nejvýznamnější se jeví formy oxidovaného manganu. Proto od roku 2002 měření chloru probíhá s korekcí forem oxidovaného manganu, jehož koncentrace se odečítá od výsledné koncentrace celkového zbytkového chloru. Podle předběžných výsledků jsou ve srovnání s rokem 2001 výsledné koncentrace chloru výrazně nižší, v 98 % měření pod 0,1 mg.l⁻¹. Srovnáním dílčích výsledků za jednotlivá povodí můžeme konstatovat, že asi 20 až 80 % výsledků je pod mezí detekce stanovení v závislosti na použité přístrojové technice. Jednotné vyhodnocení za ČR je v tuto chvíli obtížné, protože měření chloru neprobíhá jednotným způsobem a s požadovanou citlivostí 0,01 mg.l⁻¹.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v roce 2002 dále ověřoval přítomnost celkového zbytkového chloru v odpadních vodách vypouštěných přímo do recipientů u podniků, které se sloučeninami obsahujícími aktivní chlor nakládají nebo je vyrábějí. Celkem bylo v roce 2002 ověřeno cca 65 zdrojů znečištění ve vybraných oblastech ČR – úpravní vody, nemocnice, chemické provozy, chladicí vody apod. Dále pak byl ověřován vliv těchto vypouštění na jakost povrchových vod bezprostředně v místech postižených vypouštěním (zpravidla v místech zóně). Podle zatím dosažených výsledků byly nejvyšší koncentrace celkového chloru nalezeny tam, kde se chlorace provádí na odtoku z ČOV, tj. v odpadních vodách ze zdravotnických zařízení I. kategorie (v rozmezí koncentrací 1–10 mg.l⁻¹ celkového zbytkového chloru). Z hlediska množství vypouštěných vod mohou významně ovlivnit jakost povrchových vod velké úpravní vody, kde se koncentrace celkového zbytkového chloru ve vypouštěných pracích vodách po separaci pohybovala v rozmezí < 0,01 až 0,40 mg.l⁻¹. Koncentrace chloru se od místa vypouštění zvláště na horních částech neznečištěných toků rychle snižuje a nezdědká již po několika stovkách metrů není měřitelná i v případech, kdy jeho koncentrace v odpadních vodách dosahuje hodnot v jednotkách mg.l⁻¹.

Závěr

O účinku chloru a jeho aktivních forem na vodní organismy existuje poměrně hodně odborných poznatků. V České republice však dosud chybí údaje o jeho zastoupení v odpadních a povrchových vodách. V rámci implementace směrnice Rady 78/659/EHS byl v roce 2001 zahájen první systematický monitoring celkového zbytkového chloru v povrchových i odpadních vodách Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka a jednotlivými podniky Povodí, s. p. (koordinuje ČHMÚ Praha). Do budoucna by měl tento monitoring nadále pokračovat.

čovat a měl by být sjednocen jak v přístrojovém vybavení, tak v metodice stanovení, a to z hlediska požadované citlivosti měření a jeho stanovení bezprostředně po odběru vzorků. To nám umožní získat reálnější poznatky o skutečném zastoupení celkového zbytkového chloru v tocích a iniciovat řešení problémů spojených s jejich případným negativním vlivem na vodní organismy.

Literatura

- [1] Alabaster, JS. and Lloyd, R. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Second Edition, London: Butterworths, 1982.
- [2] Turner, A. and Chu, A. Chlorine toxicity as a function of environmental variables and species tolerance. In *Water chlorination environmental impact and health effects*, edited by Jolley, RL., Ann Arbor Science, 1983, p. 927–943.
- [3] Tsai, S. Chlorine sensitivity of early life stages of freshwater fish. In *Water chlorination environmental impact and health effects*, edited by Jolley, RL., Chelsea: Lewis Publishers, Inc., 1990, p. 479–488.
- [4] Rav-Acha, CH. The Reaction of Chlorine Dioxide with Aquatic Organic Materials and their Health Effects. *Water Research*, 1984, 18, 11, p. 1329–1341.
- [5] Heinemann, TJ. Summary of studies on modeling persistence of domestic wastewater chlorine in Colorado front range rivers. In *Water chlorination environmental impact and health effects*, edited by Jolley, RL., Ann Arbor Science, 4, 1983, p. 97–112.
- [6] Škoda, J. Chlor a jeho sloučeniny, kyselina chlorovodíková. PF UJEP, Ústí nad Labem, 1999.
- [7] Bates, KL. Proposed Environmental Quality Standards for Chlorine Dioxide in Water. R&D Technical Report P80, p. 9, Environmental Agency, 2001.
- [8] Lewis, S. Proposed Environmental Quality Standards for Chlorine in Fresh and Marine Waters. R&D None 332, p. 27, Environmental Agency, 1994.
- [9] Lewis, S. Proposed Environmental Quality Standards for Chlorine

in Fresh and Marine Waters. Appendix A, R&D None 332, Environmental Agency, 1994.

- [10] Bates, KL. Proposed Environmental Quality Standards for Chlorine Dioxide in Water. Appendix B, R&D Technical Report P80, Environmental Agency, 2001.
- [11] Simon, O. Klasifikace vod z hlediska možnosti trvalého výskytu ryb a stanovení jejich úseků pro monitoring dle požadavků směrnice 78/659/EHS. Závěrečná zpráva za rok 2001, svazek 2, VÚV T.G.M. Praha, 2001.

Ing. Tomáš Mičaník
VÚV T.G.M., pobočka Ostrava
tel. 596 134 181/50

Key words

total residual chlorine, monitoring, surface waters, waste waters

Compounds of Active Chlorine and their Monitoring in the Hydrosphere in the Czech Republic (Mičaník, T.)

In the frame of implementing the Council Directive No. 78/659/EHS, the individual Czech River Boards launched, in 2001, the first systematic monitoring of total residual chlorine in surface waters. In 2002, the T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague, was further verifying the presence of total residual chlorine in waste waters released directly into recipients at companies that dispose of or produce compounds containing active chlorine.

The highest concentrations of total chlorine were found where chlorination is performed in the effluent from a wastewater treatment plant, i.e. in waste waters from health-service facilities of category I (within concentrations of 1–10 mg.l⁻¹ of total residual chlorine). In terms of the quantity of released waters, the quality of surface waters may also be influenced significantly by large treatment plants where the concentration of total residual chlorine in released washing waters ranged, after separation, from < 0.01 to 0.40 mg.l⁻¹.

Aplikace ISO norem jakosti z oblasti IS/IT v podmínkách VÚV T.G.M.

Významným hlediskem systematického a synergického řízení organizace je snaha racionálně integrovat budování a rozvoj informačních systémů (IS) a účelovou aplikaci moderních informačních a telekomunikačních technologií (IT, resp. někdy ICT) do hlavních předmětných oblastí organizace. V případě VÚV T.G.M. jde o odborné zaměření v oblasti výzkumu a podpory veřejné správy za složky „voda“ a „odpady“ životního prostředí ČR, stanovené jeho zřizovací listinou a zakotvené v organizačním řádu VÚV T.G.M.

Informatika v každé organizaci musí sehrávat přinejmenším dvě důležité role: strategickou a integrační – a to jak uvnitř organizace, tak ve vazbě na její externí prostředí. Informatika v současné době rozhodujícím způsobem ovlivňuje kvalitu a úroveň rozvoje každé organizace, její adaptabilitu, výkonnost, funkceschopnost, pružnost a bezpečnost práce s informací (daty), konkurenceschopnost na trhu komodit a služeb atd.

Pojem jakost se v oblasti IS/IT obvykle chápe jako souhrn vlastností a znaků speciálního „výrobku“ (např. různorodých hardwarových a softwarových produktů) nebo „služby“ (viz rozličné typy informačních služeb v oblasti IS/IT), které uspokojují předem stanovené a očekávané potřeby jejich konečného uživatele.

Řada norem ISO k systému řízení jakosti se bezprostředně vztahuje k IS/IT, jako např. ČSN EN ISO 9000-1, ČSN ISO 9000-4, ČSN

IEC 300-1, ČSN 9000-3, ČSN EN ISO 9000, ČSN 9001, ČSN ISO 7498-2, ISO/IEC TR 13335, ISO 15408-2, ISO/IEC 10181, ISO 17799. Ve VÚV T.G.M. se pragmaticky aplikují především v běžné pracovní činnosti následujících oddělení: správa a rozvoj informačního systému, správa LAN, GIS, HEIS VÚV, ale i v dalších výzkumných a odborně správních útvech.

Budoucí systematické, striktní a důsledné využívání norem ČSN ISO k systému řízení jakosti v IS/IT, podporujících aplikaci důležitých standardů a dalších hledisek jakosti při každodenní práci s daty a informací všech uživatelů PC připojených do tří sítí LAN v Praze, Brně a Ostravě, podpoří naplňování obecně závazných ISO norem systému řízení jakosti v podmínkách VÚV T.G.M.

Podpůrná studie za oblast IS/IT ke koncipování a aplikaci systému řízení jakosti ve VÚV T.G.M. v metodické části nejprve analyzuje základy systému managementu jakosti s důrazem na oblast IS/IT a na atestaci IS/IT jako specifický způsob jejich certifikace. Vychází přitom z celkové koncepce atestace informačních systémů resortu životního prostředí (v tom i VÚV T.G.M.) stanovené odborem informatiky MŽP, kde jednotlivé specifické a problémové zaměření IS, podporující potřeby orgánů veřejné správy ČR za všech složek životního prostředí, jsou vnořeny do Jednotného informačního systému resortu životního prostředí (JISŽP). Dále uvádí charakteristiku komplexního pojetí bezpečnosti IS/IT a globální trendy v rozvoji podnikových informačních systémů.

V praktické části podpůrné studie se nejprve ve stručnosti prezentují předpoklady elektronického podepisování (e-podpisu) interních e-dokumentů v rámci (ve VÚV T.G.M.) implementovaného komunikačně-administrativního software Lotus Notes, principy e-pod-

pisu pro externí styk a zpřesňují se podmínky budoucího zavedení e-podatelny a e-spisové služby do praxe administrativně-správního řízení VÚV T.G.M.

V podmínkách VÚV T.G.M. lze aplikovat ISO normy z oblasti využívání a provozu výpočetní techniky (VT) a IS/IT s využitím již existujících interních norem a podkladů, zpracovaných v sekci služeb (Bezpečnostní studie IS VÚV, Provozní řád IS VÚV, pokyny pro nákup VT, Úvodní studie k aplikaci e-podpisu, e-podatelny a e-spisové služby ve VÚV T.G.M.) a činností zabezpečovaných v odděleních správa a rozvoj informačního systému a správa LAN.

V budoucnu však bude třeba zpracovat směrnici (příkaz či pokyn) ředitele VÚV T.G.M. k řízení jakosti v oblasti IS/IT. Ta musí být zpracována pro splnění požadavků norem systému řízení jakosti řady ISO 9000 v oblasti informačních systémů a databází (IS) a telekomunikačních technologií (IT) ve VÚV T.G.M. Kromě jiného bude muset specifikovat postupy pro systematické zabezpečování a údržbu počítačů, pro zabezpečení plynulého provozu, pružné údržby a hardwarové a softwarové inovace sítí LAN v Praze, Brně a Ostravě, jakož i telekomunikačních zařízení používaných v rámci tří LAN a celkové rozlehlé počítačové sítě typu WAN ve VÚV T.G.M. jako celku.

Před vypracováním této specifické směrnice ředitele k řízení jakosti v IS/IT však bude třeba nejprve zpracovat vrcholovou interní normu s celouřadnou působností k obecným zásadám a pravidlům zabezpečení systému řízení jakosti – zřejmě na základě rozpracované koncepce systému řízení jakosti v podmínkách VÚV T.G.M. jako celku.

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

STANOVENÍ ANIONTŮ VE VODÁCH METODAMI KAPILÁRNÍ ZÓNOVÉ ELEKTROFORÉZY

Michal Pavonič

Klíčová slova

kapilární zónová elektroforéza, anorganické anionty, iontová chromatografie

Souhrn

Metody kapilární zónové elektroforézy nabízejí široké možnosti uplatnění pro stanovení aniontů ve vodách. Anorganické anionty se sice nejčastěji stanovují metodou iontové chromatografie IC, avšak v posledním desetiletí se stále více prosazují i metody kapilární zónové elektroforézy CZE. Metody CZE poskytují ve srovnání s metodami IC velkou řadu výhod, jako je jednoduchost, vyšší separační účinnost, kratší doba analýzy, nižší spotřeba činidel a možnost analýzy i značně znečištěných a komplexních vzorků. K jejich nevýhodám patří naopak nižší citlivost, přesnost a horší identifikace látek. Metody CZE jsou přesto velmi vhodnou alternativou pro stanovení aniontů v environmentálních vzorcích (jako jsou v podstatě všechny druhy vod). Námí používaná modifikovaná metoda podle EPA Method 6500 (General Inorganic Anion & Organic Acid Analysis with Indirect UV Detection) je velmi vhodná pro rutinní stanovení chloridů, síranů a dusičnanů především ve vodách povrchových, podzemních, pitných, odpadních a srážkových. Metoda je dostatečně citlivá i pro stanovení fluoridů v těchto vodách. Pro stanovení dusitanů ve vodách s jejich nízkými koncentracemi (povrchové, podzemní, pitné, srážkové) se vzhledem k mezi stanovitelnosti námí používané metody 0,11 mg/l příliš nehodí, avšak pro stanovení dusitanů ve vodách odpadních (tj. s vyššími koncentracemi) je s ohledem na absenci rušivých vlivů naopak výrazně vhodnější než jiné používané metody.

Přednostní použití metod IC před metodami CZE má opodstatnění především v případě, kdy jsou kladeny vyšší požadavky na přesnost (resp. správnost) stanovení. Naopak CZE bývá nenahraditelná pro analýzu silně znečištěných vzorků (odpadní vody), vzorků se složitou maticí nebo objemově omezených vzorků (analýza jednotlivých dešťových kapek nebo biologických buněk). Celkově je však vhodné na obě metody nahlížet spíše jako na doplňkové než konkurenční. Výsledky obou zmíněných metod dosahují navzájem i ve srovnání s jinými metodami velmi dobré shody.

Úvod

S ohledem na znečišťování vodního prostředí je velice důležité zajišťovat neustálou a přitom rychlou kontrolu znečištění vod, na jejímž základě se zvažuje další využití přírodních a odpadních vod k pitným, užitkovým, provozním či jiným účelům. Stanovení úrovně znečištění se provádí pomocí různých analytických metod. Jednou z metod pro sledování především anorganických iontů v povrchových, podzemních a odpadních vodách je kapilární zónová elektroforéza (CZE). Cílem tohoto příspěvku je shrnutí zkušeností a poznatků, které jsme shromáždili v průběhu mnohaletého používání této metody pro stanovení aniontů ve vodách.

Rozdělení metod kapilární elektroforézy

Kapilární elektroforéza je metoda sloužící k analýze či k mikroseparaci látek vzájemně od sebe oddělených účinkem elektrického pole během elektromigrace v roztoku. V principu rozlišujeme následující varianty kapilární elektroforézy [1]:

- kapilární zónová elektroforéza (CZE),
- kapilární gelová elektroforéza (CGE),
- micelární elektrokinetická chromatografie (MEKC),
- kapilární elektrochromatografie (CEC),
- kapilární izoelektrická fokusace (CIEF),
- kapilární izotachoforéza (CITP).

Tyto metody mohou být provozovány i v makroměřtku, kapilární formát je zde jednotlívým prvkem kapilární elektroforézy. Separační principy jsou u jednotlivých variant dost odlišné – zatímco např. v zónové elektroforéze a izotachoforéze dochází k separaci na základě rozdílů efektivních pohyblivostí a v elektrokinetické micelární chromatografii na základě rozdílů rozdělovacích koeficientů mezi mobilní a pseudostacionární fází, jsou v izoelektrické fokusaci separované látky od sebe odděleny na základě rozdílů v izoelektrických bodech [2].

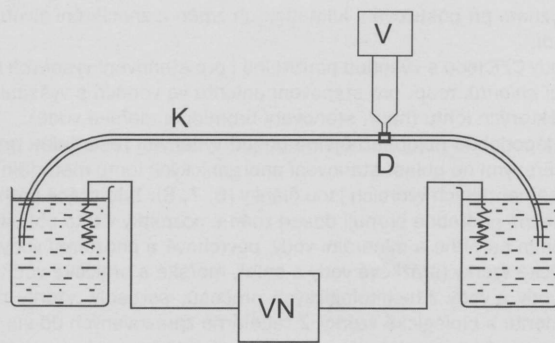
Kapilární elektroforéza jako metoda pro stanovení anorganických iontů byla tedy poprvé předvedena počátkem devadesátých let [3] a od té doby se těší narůstajícímu zájmu. V současnosti jsou v laboratořích

po celém světě instalovány tisíce přístrojů a metody kapilární elektroforézy se používají v každém významnějším odvětví průmyslu. Do roku 1999 bylo publikováno odhadem přes 7 000 publikací týkajících se metod kapilární elektroforézy [4].

Metody kapilární zónové elektroforézy CZE

Základní **instrumentální uspořádání** pro CZE je jednoduché a sestává ze tří základních částí – stabilizovaného zdroje vysokého napětí, zásobníků základního elektrolytu (katodový a anodový prostor) spojených separačním ložem a detekčního systému (obr. 1). Podle použitého separačního lože jde buď o plošné, nebo kolonové uspořádání. V CZE se jako kolony používají úzké kapiláry, nejčastěji křemenné, o vnitřním průměru 25–100 mm.

Pracovní napětí se pohybuje v rozmezí 10–30 kV při proudech jednotek až stovek mA.



Obr. 1. Schéma instrumentace pro kapilární zónovou elektroforézu: VN – zdroj vysokého napětí, K – kapilára (separační lože), D – detektor, V – vyhodnocovací zařízení (např. počítač)

Dávkování vzorku lze provádět několika způsoby. Tradiční je dávkování elektrokinetické, kdy se konec kapiláry ponoří do zásobníku se vzorkem a určitou dobu se nechá procházet proud. Nevýhodou tohoto způsobu dávkování je to, že iontů s větší pohyblivostí (při stejné koncentraci složek) se do kapiláry dostane více než iontů s menší pohyblivostí. Proto se v současné době používá spíše dávkování hydrodynamické, a to pod tlakem, nebo s využitím vakua.

Mezi nejpoužívanější **způsoby detekce** patří přímá UV fotometrická detekce (je použitelná pouze pro omezený počet anorganických iontů), nepřímá UV fotometrická detekce (nejpoužívanější způsob detekce), vodivostní detekce (vhodnější pro anorganické než pro organické ionty), amperometrická detekce a potenciometrická detekce.

Kvantitativním údajem je plocha píku. Pokud podělíme naměřenou plochu příslušným migračním časem, získáme tzv. korigovanou plochu (TCA – time corrected area), která je pro kvantifikaci vhodnější než migrační čas.

Využití metod CZE

Metodami CZE lze obecně stanovit nabitě částice, tedy kationty i anionty. **Kationty** lze metodami CZE stanovit především za použití nepřímé UV detekce. Možnosti analýzy anorganických kationtů metodami CZE souhrnně zhodnotila např. Pacáková se svými spolupracovníky [5]. Z dostupných informací je však zřejmé, že stanovení kationtů ve vodách tvoří pouze menší část aplikací CZE a zůstává spíše specifickou záležitostí pro určité oblasti použití (především stanovení kovů v odpadních vodách), nedá se tedy očekávat velké rozšíření těchto metod. Hlavními metodami pro stanovení kationtů ve vodách zůstávají metody AAS, ICP, IC a částečně spektrometrické a polarografické metody.

Nejširší uplatnění nacházejí metody CZE v oblasti stanovení **aniontů**. Metody CZE jsou použitelné pro stanovení aniontů v nepřeberné škále různých matic. V literatuře jsou publikovány např. možnosti stanovení aniontů v moči, možnost screeningu aniontů v široké řadě farmaceutických preparátů, resp. jejich meziproduktů, stanovení aniontů organických kyselin ve šťávách z rafinace cukru, stanovení halogenidů a oxohalogenidů, stanovení sulfidů v odpadních vodách z kožedělného průmyslu, stanovení aniontů v termálních vodách, aniontů obsahujících síru ($S_2O_3^{2-}$, SO_4^{2-} , $S_2O_8^{2-}$, S^{2-}), stanovení fosforečnanových iontů v podzemních a povrchových vodách, stanovení aniontů obsahujících chlor (Cl^- , ClO_2^- , ClO_3^- , ClO_4^-) v pitné vodě a vodě z bazénů, stanovení dusičnanů v tekutinách biologického původu (sérum, mozkomíšní tekutina, moč, upravené vzorky tkáně), ve vzorcích pro soudní lékařství, stanovení anorganických aniontů v potravinách, nápojích a krmivu, pivo, mladine a biologických vzorcích, v extraktech půdy a sedimentů. Malý objem nástřiku i nízký detekční objem umožňují použití metod CZE

i k takovým aplikacím, jako je analýza jednotlivých dešťových kapek nebo jednotlivých biologických buněk. Dále stojí za zmínku možnost simultánního stanovení aniontů a kationtů ve vodách pitných, srážkových a ve vodách z technologických procesů, použitelné i pro předupravené vzorky mléka a bahna, a možnost stanovení aniontů ve vzorcích drenážních vod.

Důležité uplatnění nacházejí metody CZE pro stanovení aniontů v analýze odpadních vod, pro které jsou metody IC často jen velmi obtížně použitelné. Metody CZE lze využít např. pro stanovení aniontů (a kationtů) v odpadních vodách z papírenského a dřevozpracujícího průmyslu, a to i s vysokým obsahem volného chloru, a v odpadních vodách z elektrárén. Publikována byla i možnost on-line měření aniontů (chloridy, sulfáty, oxaláty, formiáty a acetáty) a kationtů v odpadních vodách z celulózky a papíren.

Metody CZE jsou vhodné pro stanovení nízkých koncentrací aniontů v environmentálních vzorcích, např. chloridů, síranů a dusičnanů ve vzorcích sněhu a ledu, neboť obsah těchto iontů má pro glaciologii velký význam při posuzování klimatických změn a znečištění životního prostředí.

Metody CZE jsou s výhodou použitelné i pro stanovení vysokých koncentrací aniontů, resp. pro stanovení aniontů ve vodách s vyššími obsahy některých iontů (např. stanovení bromidů v mořské vodě).

Pravděpodobně nejobsažnějšími dosud vydanými rešeršními pracemi zaměřenými na oblast stanovení anorganických iontů metodami CE v environmentálních vzorcích jsou články [6, 7, 8]. Tyto práce přehledně a značně podrobně shrnují dosud známé poznatky v této oblasti se zaměřením na pitné a minerální vody, povrchové a podzemní vody, atmosférické vzorky (srážkové vody a sněh), mořské a brakické vody, odpadní vody a vody z technologických procesů, aerosoly, vzorky půdy a sedimentů a biologické vzorky. Z tabelárně zpracovaných údajů, které obsahují i hodnoty detekčních limitů jednotlivých metod pro různé typy vod, je zřejmé, že detekční limity metod jsou silně závislé nejen na použité metodě, ale i na sledované matici.

Srovnání metod CZE s jinými analytickými metodami

Anorganické anionty se nejčastěji stanovují metodou iontové chromatografie IC, která se používá od roku 1975 a od té doby se stala nepoužívanější rutinní analytickou metodou pro separaci a stanovení anorganických aniontů a malých organických aniontů [9]. Avšak v posledním desetiletí se stále více prosazují i metody kapilární zóno-

vé elektroforézy CZE. Srovnání metod CZE pro stanovení anorganických iontů především s metodou iontové chromatografie IC se věnuje velký počet publikací, v nichž se prokazuje velmi dobrá shoda výsledků obou metod.

Srovnání metod CZE s metodami kapilární elektrochromatografie CEC podrobněji rozebírají především Altria [4] a částečně i Fritz se spolupracovníky [10]. Kapilární elektrochromatografie CEC začala do praxe v širším měřítku pronikat až koncem devadesátých let.

Podíváme-li se souhrnně na výhody a nevýhody metod CZE ve srovnání s metodami IC, které jsou v oblasti analýzy aniontů ve vodách nepoužívanější, můžeme je shrnout zhruba do následujících bodů:

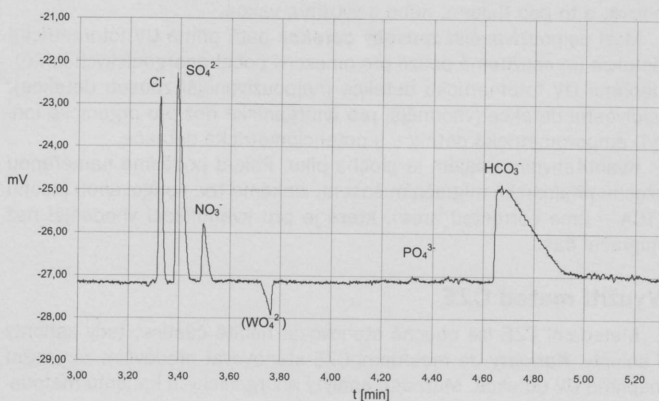
- CZE je obecně provozně levnější a rychlejší metoda než IC;
- CZE vystačí s minimálním množstvím vzorku, což je její velkou výhodou pro analýzu vzorků, kterých je k dispozici malé množství, avšak pro preparativní účely je naopak nevhodná;
- CZE vykazuje vyšší rozlišení (separační účinnost) než IC, avšak identifikace látek je obtížnější a přesnost CZE (konkrétně reprodukovatelnost nástřiku) je rovněž nižší;
- vývoj metod CZE a jejich optimalizace je snazší a rychlejší, avšak jejich rozsah použití je omezenější;
- píky u CZE bývají menší, obzvláště použije-li se u IC gradientová eluce;
- způsoby detekce u metod CZE mají výhodu ve své jednoduchosti, malém objemu a jednoduchém způsobu detekčního prostoru, avšak jejich citlivost a možnosti použití ve srovnání se způsoby detekce u metod IC je omezená;
- výhodou metod CZE s ohledem na životní prostředí je minimální spotřeba činidel (metody CZE se prakticky obejdou bez organických rozpouštědel);
- předúprava vzorků pro metody CZE je jednodušší (sonifikace ultrazvukem, filtrace) než u metod IC, kde eliminace interferujících látek ze vzorku bývá nejobtížnějším krokem [11];
- velkou výhodou CZE je odolnost křemenné kapiláry, kterou je možno po každé analýze vyčistit promytím i značně agresivními činidly (např. roztok NaOH), což umožňuje analýzu i velmi znečištěných vzorků (odpadní vody, výluhy, odpady).

Celkově je však vhodnější na obě metody nahlížet spíše jako na doplňkové než jako na konkurenční. Přednostní použití metod IC před metodami CZE má opodstatnění především v případech, kdy jsou kladeny vyšší požadavky na přesnost (správnost) stanovení. Jednou z příčin, která brzdí větší rozšíření metod do praxe, může být i určitá nedůvěra analytiků k novým analytickým technikám a rovněž tak skutečnost, že mnohé laboratoře jsou již vybaveny spolehlivými technikami pro analýzu anorganických sloučenin, jako např. metodami IC nebo průtokové analýzy. Z hlediska poměrného zastoupení obou zmíněných metod v praxi se nyní zdá, že optimistický náhled v devadesátých letech s očekáváním budoucího dalšího výrazného rozšíření metod CZE na úkor metod IC se potvrzuje jen částečně. Lze tak soudit jednak ze snížení počtu publikací v této oblasti po roce 1999 a jednak z viditelného snížení zájmu velkých výrobců o tuto oblast.

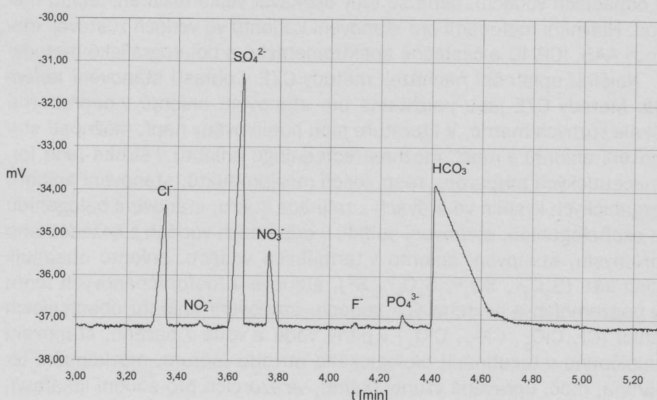
Naše zkušenosti se stanovením aniontů metodou CZE

Naše měření byla prováděna s využitím kapilárního iontového analyzátoru firmy Waters Quanta 4000E. Bližší informace o podmínkách měření a o získaných zkušenostech a výsledcích by byly nad rámec tohoto článku a jsou shrnuty v publikaci vydané v rámci sešitu *Výzkum pro praxi* VÚV T.G.M. [12]. Souhrnně lze říci, že postupně jsme přešli z původní metody N601b fy Waters (s využitím staršího typu elektrolytu) pro stanovení vybraných aniontů ve vodách na metodu podle EPA Method 6500 (General Inorganic Anion & Organic Acid Analysis with Indirect UV Detection), a to pro stanovení chloridů, bromidů, dusitanů, síranů, dusičnanů, fluoridů a fosforečnanů. Porovnání možností obou metod dokumentují obr. 2 a 3.

Podstatnou nevýhodou nového typu elektrolytu zůstávala jeho značně vysoká cena, proto jsme přistoupili k ověřování možností přípravy elektrolytu z jeho komponent podle EPA metody. Příprava elektrolytu ze složek jednak velmi výrazně snížila pořizovací náklady na elektrolyt a současně poskytla možnost modifikace elektrolytu. Modifikace elektrolytu vyplynula z našich zkušeností, kdy jsme při testování vlivu koncentrace jednotlivých složek v elektrolytu zjistili, že 20% zvýšení obsahu Na_2CrO_4 (při zanedbatelném prodloužení měření cca o 1 min) zlepšuje separační vlastnosti elektrolytu, konkrétně především v lepším vzájemném rozdělení síranů a dusičnanů. Tuto metodu CZE pro stanovení chloridů, síranů, dusičnanů, dusitanů a fluoridů ve vodách povrchových, pitných a odpadních jsme dále validovali v širokém rozsahu (konfirmasi identity, specifická a selektivita, odchady mezi detekce a stanovitelnosti, pracovní rozsah metody, linearita kalibrační závislosti, výtěžnost, přesnost správnost, citlivost). V současné době metodu rutinně používáme jako akreditovanou metodu pro stanovení výše zmíněných aniontů ve vodách.



Obr. 2. Vzorek povrchové vody (metoda N601b) – Cl^- 12 mg/l, SO_4^{2-} 31,9 mg/l, NO_3^- 8,1 mg/l, PO_4^{3-} 0,68 mg/l, HCO_3^- 79 mg/l



Obr. 3. Vzorek povrchové vody (metoda podle EPA) – Cl^- 13,2 mg/l, SO_4^{2-} 34,6 mg/l, NO_3^- 8,4 mg/l, PO_4^{3-} 1,02 mg/l, HCO_3^- 54 mg/l

Validace této metody pro stanovení chloridů, síranů, dusičnanů, dusitanů a fluoridů ve vodách, včetně poměrně detailní metodiky stanovení a srovnání výsledků rozborů vod metodou CZE s fotometrickými metodami a metodou iontové chromatografie je součástí výše zmíněné publikace VÚV T.G.M.

Literatura

- [1] Li, S.F.I. Capillary Electrophoresis: Principles, Practice and Applications. Amsterdam: Elsevier, 1992, s. 4–12.
- [2] Dolník, V. Úvod do kapilární elektroforézy. Brno: /ChromSpec/, 1994, 67 s.
- [3] Romano, J., Jandik, P., et al. Optimization of inorganic capillary electrophoresis for the analysis of anionic solutes in real samples. *Journal of Chromatography A*, 1991, 546, s. 411–421.
- [4] Altria, K.D. Overview of capillary electrophoresis and capillary electrochromatography. *Journal of Chromatography A*, 1999, 856, s. 443–463 (plné znění článku též viz <http://www.ceandcec.com/ce.pdf>).
- [5] Pacáková, V., et al. Capillary electrophoresis of inorganic cations. *Journal of Chromatography A*, 1999, 834, s. 73–87.
- [6] Kaniansky, D., et al. Capillary electrophoresis of inorganic anions. *Journal of Chromatography A*, 1999, 834, s. 133–178.
- [7] Fukushi, K., et al. Application of capillary electrophoresis to the analysis of inorganic ions in environmental samples. *Journal of Chromatography A*, 1999, 834, s. 349–362.
- [8] Valsechi, S.M. and Polesello, S. Analysis of inorganic species in environmental samples by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 1999, 834, s. 363–385.
- [9] Haddad, P.R. Comparison of ion chromatography and capillary electrophoresis for the determination of inorganic ions. *Journal of Chromatography A*, 1997, 770, s. 281–290.
- [10] Fritz, J.S., et al. Use of ionic polymers as stationary and pseudo-stationary phases in the separation of ions by capillary electrophoresis and capillary electrochromatography. *Journal of Chromatography A*, 2002, 942, s. 11–32.
- [11] Henderson, I.K., et al. Sample preparation for ion chromatography by solid-phase extraction. *Journal of Chromatography A*, 1991, 546, s. 61–71.
- [12] Pavonič, M. Možnosti využití metod kapilární elektroforézy pro analýzu malých iontů ve vodách. Praha: VÚV T.G.M. Výzkum pro praxi, seš. 47, 2002.
- [13] Churáček, J. aj. Nové trendy v teorii a instrumentaci vybraných analytických metod. Praha: Academia, 1993, 269 s.
- [14] Jandik, P. and Bonn, G. Capillary Electrophoresis of Small Molecules and Ions. New York: VCH Publishers, 1993, 298 s.

- [15] Jandik, P. and Jones, B. CIA Cookbook. Volume 1, CIA Methods, France, 1990, 63 s.
- [16] Krol, J., et al. Ion analysis Methods for IC and CIA and Practical Aspects of Capillary Ion Analysis Theory. Milford: Waters Corp., 1997, 155 s.

RNDr. Michal Pavonič
VÚV T.G.M., pobočka Brno
tel. 541 321 224/306

Key words

capillary zone electrophoresis, inorganic anions, ion chromatography

Determining Anions in Waters by the Methods of Capillary Zone Electrophoresis (Pavonič, M.)

The article tries to summarize the present situation concerning the use of CZE for the determination of small ions – esp. inorganic anions and cations – in various types of water. The basic principles, instrumentation, injection and detection techniques are mentioned. The advantages and limitations of CZE for the analysis of inorganic ions in environmental samples are discussed. Among its many attributes are rapid, highly efficient separations with different selectivities (compared to ion chromatography), simplicity and economy. Analysis takes only few minutes, only a very small volume of sample is needed (analysis of single raindrops is possible) and there is practically no problem with matrix interference, so that you can analyse even very polluted or complex samples. Among its disadvantages there are lower sensitivity, accuracy and worse compounds identification. The use of CZE for anions analysis in water is compared to the other commonly used methods, esp. ion chromatography IC. The CZE and IC analytical techniques are found complementary rather than competitive.

In the experimental part the article summarises the long-term experience with the use of CZE method based on the EPA Method 6500 (General Inorganic Anion & Organic Acid Analysis with Indirect UV Detection). The improved separation of sulphates and nitrates was achieved by the modification of chromate electrolyte. There is a detailed description of the modified method together with the validation characteristics for the analysis of chlorides, sulphates, nitrates, nitrites and fluorides in surface, ground, waste and drinking water. The results of real samples are compared to other analytical techniques (esp. IC).

The article shows that analysis of anions in water by CZE shows considerable potential in important area of environmental analysis.

Zlatá stoka třeboňská jako kulturní technická památka světového významu

Třeboňská pánev patří mezi světové unikáty nejen svou krásou, ale i svým původem. Je to totiž člověkem vytvořený umělý mokřadní ekosystém, který je tvořen především obdivuhodnou důmyslnou rybníční soustavou, dále typickými, převážně borovými lesy na písku s vysokou hladinou podzemní vody a také rašeliništi. Kdyby nebyla tato soustava člověkem vytvořena, kralovalo by zde dodnes bažinné a rašeliništní společenstvo, kde by nejen člověk, ale ani mnohé živočišné i rostlinné druhy nemohly žít.

Vytvořené rybníky stáhly podpovrchovou vodu z okolních pozemků a tím změnily radikálně ráz krajiny do té míry, že mohla sloužit i k osídlování člověkem. Zpočátku byly rybníky budovány nahodile podle terénu a rozmístění bažin. Vznikalo jich stále více, ale začaly problémy s distribucí vody. Hlavně kyselá voda z rašelinišť, bohatá organickými látkami, značně znemožňovala větší koncentraci ryb v těchto rybnících. Kyselá voda byla vhodným prostředím pro různé parazity a jiné škůdce a množství organických látek působilo kyslíkové deficity.

Až v roce 1508 rožmberský lesní adjunkt Štěpánek Netolický vyprojektoval dodnes obdivované dílo, které mělo původně přivést do těchto rybníků „živou“ vodu z nedaleké Lužnice. Vyprojektoval stoku, která měla zajistit pro tyto rybníky celkovou distribuci vody, to znamená její přívod při jejich napouštění, výměnu vody s přísunem kyslíku po dobu komorování ryby a odtok vody (částečně) při jejich vypouštění.

Částečně pro svůj záměr využil již tehdy vybudovanou Landštejnskou stoku, která sloužila tehdejšímu opatství k přibližování dřeva z přilehlých polesí, např. z polesí Barbora. Tato původně „struha“ byla později využívána k nahánění několika malých rybníčků ve výtopě dnešního Opatovického rybníka a pohánění dvou mlýnů.

V 16. století se dařilo rozvoji rybníkářství, kterého využili i Rožmberkové. Štěpánek Netolický začal rozšiřovat plochy a počet třeboňských rybníků, v čemž dále pokračoval legendární Jakub Krčín z Ječan.

Tak vzniklo v letech 1508–1518 dodnes geniální dílo, tvořící jakousi páteř třeboňského regionu (nyní CHKO Třeboňsko). Dodnes udivuje inženýry a projektanty vodohospodářských děl, neboť Štěpánek Netolický dokázal s pomocí velmi primitivních měřicích přístrojů (prkénko se zaměřovacími kolíčky s olovnicí a partou dělníků s motykou a lopatou) zaměřit a postavit 45,5 km dlouhé dílo, které má v této délce rozdíl výšek 32,5 m, místy spád dokonce jen 0,05 ‰ (mezi Přesekou a Dunajovicemi), dílo, kde skutečně „teče voda do kopce“. Při vypouštění rybníka Dvořiště teče voda proti spádu a napájí sádky Šaloun.

Toto dílo dodnes zajišťuje distribuci vody na 29 rybnících třeboňské rybníční soustavy a přetrvává téměř beze změny až dodnes. Nepatrnou změnu oproti délce toku provedl Jakub Krčín, když původní tok přesunul podél městských třeboňských hradeb při stavbě rybníku Nevděk, nyní Svět. Dále jsou v lese u Ponědražky patrné původní meandry stoky v místech, kde je nyní srovnána.

Aby dokázal Štěpánek Netolický překonat mnohé terénní rozdíly a docílil byť takto nepatrný spád, vedl místy koryto stoky nad terénem systémem akvaduktu. Zde se tomu říká „nasedlání“. Koryto stoky prochází geologicky velmi rozličným územím – od písků, přes kompaktní žulové plotny v hlubších vrstvách a jílová území až po močály a slatiniště. To napovídá, že území jsou rovněž rozdílně propustná. Proto bylo koryto v mnoha místech tvořeno hatěmi z proutů těsnějším jílovou mazaninou (v případech nasedlání) a jílovými jádry hutnějším šlapáním v úsecích močálů a rašelinišť.

Stoka byla pravidelně udržována před a po výloveh rybníků – větší nou ručně pomocí korečků (dřevěná speciální lopata pro práci s bahnem a rašelinou), a to prakticky až do konce šedesátých let minulého století.

Pak přišla doba „normalizace“, která se podepsala téměř na veškeré lidské činnosti v tomto státě. Tato změna, ale také zavádění nových technologií mimo jiné způsobily, že člověk víceméně přestal používat

k práci svých vlastních rukou. Tak rybářští učňové a dělníci přestali mimo období výlovů udržovat a čistit stoky. Tato těžká ruční práce je však dodnes těžko nahraditelná.

V sedmdesátých letech byly stoky přenechány osudu a byly čistěny pouze v havarijních situacích pomocí těžké mechanizace, která je používána dodnes a devastuje koryto, břehy, okolí toku a doprovodné porosty. Dnes již nikdo nepřinutí ani učně, ani dělníky k uchopení korečku, který je nyní vystaven v třeboňském muzeu, a málokdo i z rybářských profesionálů ví, co to koreček je.

V dnešní době mají rybáři svízelnou situaci. Po létech neudržování stoky došlo k mnohým poruchám břehů, jejich nátržím a sesuvům, zabahnění koryta, zarůstání buření. Zdravotní a věkový stav doprovodných břehových porostů je dnes špatný. Mnohde je nevhodná i jejich druhová skladba. Koryto je v mnohých místech zúženo vlivem sesuvů a mnohde je ohrožena jeho průtočnost. Dno na mnoha místech pokrývá až více než metr silná vrstva bahna různé kvality, od naplavených písků až po černý organický detrit.

Na hlavu rybářů se dnes syje mnoho výčitek. Ale kde vzít peníze na likvidaci dlouhodobého havarijního stavu? S lidskou silou počítat nelze a současná mechanizace toto dílo zdevastuje. Podobné geniální dílo – Schwarzenberský kanál – je dnes opraveno, zrekonstruováno a slouží jako významná technická kulturní památka. Ale jeho původní význam skončil. Takže tento kanál v Národním parku Šumava může sloužit jako podívaná pro návštěvníky a na jeho běžnou údržbu po vynaložení značných peněz na rekonstrukci lze získat prostředky od návštěvníků.

Ale co se Zlatou stokou? Její výjimečnost a světová jedinečnost je mnohem významnější než u Schwarzenberského kanálu. Na rozdíl od tohoto kanálu musí dále plnit svou původní praktickou úlohu, jinak přestane existovat i podstatná část třeboňské rybníční soustavy. Její délka, poloha a nezbytná další funkce činí náklady na opravu a údržbu daleko větší než u Schwarzenberského kanálu.

Zlatá stoka nemá pouze význam pro existenci třeboňského rybářství, nýbrž tvoří jakousi páteř CHKO Třeboňsko, která vznikla v roce 1979 a je v seznamu významných ojedinělých mokřadních ekosystémů UNESCO, dále se od roku 1993 na Třeboňsko vztahuje Ramsarská konvence. Stoka zde plní i důležitou funkci biokoridoru.

Pro značném úsilí již byla Zlatá stoka v roce 2002 vyhlášena národní kulturní technickou památkou. Ale její význam a jedinečnost si zaslouží

výššího ohodnocení – vyhlášení světovou kulturní technickou památkou UNESCO.

Je to nezbytné pro její další existenci s možností vykonávat nadále svou původní funkci. Bez prostředků její provozovatel – Rybářství Třeboň – nemůže ani při nejlepší vůli stoku udržovat tak, aby jí byla opět navracena původní krása lákající plno návštěvníků a lázeňských hostů, kteří zpětně přispívají rozvoji třeboňského regionu.

Proto vznikl rezortní úkol MŽP, řešený VÚV T.G.M. Praha, jehož cílem je zmapovat situaci a zoptimalizovat činnost na Zlaté stoce.

Co je nutno udělat, aby Zlatá stoka byla opět chloubou krásného Třeboňska, aby opět bez problémů plnila svou vodohospodářskou i krajinářskou úlohu?

Předně je nutno:

- odbahnit, vyčistit a urovnat koryto a vrátit mu jeho původní tvar a rozměr;
- opravit a upravit břehy s upřednostněním tradičních přírodních metod;
- omladit a odborně zrevidovat doprovodné břehové porosty;
- zamezit bodovému znečištění stoky;
- upravit jezové, výpustní a další vodohospodářské a rybářské objekty, včetně mostů a lávek tak, aby odpovídaly požadavkům kulturní a technické památky světového významu;
- část toku (od Pilaře po Rožmberk) upravit pro možnost splutí pro vodáky s podmínkou určení pravidel činnosti;
- upravit a vybudovat kolem toku cesty pro pěší a cykloturistiku;
- opravit a využít objekty kolem Zlaté stoky k občerstvení a ubytování návštěvníků.

Realizace těchto návrhů

- musí přinést rybářům prostředky pro nadstandardní úpravu a údržbu toku;
- turistický ruch a nutná činnost spojená s ním a údržbou stoky umožní další zaměstnanost v regionu;
- Zlatá stoka si zaslouží jako světový neopakovatelný unikát statut památky UNESCO světového významu.

Ing. Václav Vojtěch
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 296

PŮL STOLETÍ SLEDOVÁNÍ JAKOSTI VODY HRANIČNÍCH TOKŮ S RAKOUSKEM

Eva Kočková, Hana Mlejnková, Zdeňka Žáková

Klíčová slova

jakost vody, monitoring, hraniční toky, Dyje, Pulkava

Souhrn

V šedesátých letech minulého století byla zahájena spolupráce českých a rakouských expertů při sledování jakosti česko-rakouských hraničních vod, na které se již od začátku významně podíleli pracovníci brněnské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

Článek uvádí jako příklad dlouhodobé sledování kvality řeky Dyje, kde od začátku šedesátých let přicházelo nad obcí Hevlín velmi vysoké znečištění z rakouského pravostranného přítoku Pulkavy. Je popsán vývoj znečištění v této oblasti – obr. 1 (organické znečištění) a obr. 2 (saprobní index) – a dále cesty společného monitoringu při sledování kvality Dyje a Pulkavy, a to i v oblasti hlavního zdroje znečištění na rakouské straně.

Úvod

V šedesátých letech minulého století byla zahájena systematická spolupráce českých a rakouských expertů při sledování jakosti česko-rakouských hraničních vod. Již od začátku se na spolupráci významně podíleli pracovníci brněnské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

Šetření na společných úsecích hraničních toků probíhala podle protokolu z 11. zasedání československo-rakouské společné technické komise pro úpravu technicko-hospodářských otázek na hraničních úsecích řek Dunaje, Moravy a Dyje, kde se experti dohodli na vypracování zprávy o společných šetřeních jakosti vody ve jmenovaných úsecích v období 1961–1962, a to pro 12. zasedání komise ve Vídni. Společná terénní šetření probíhala však již od poloviny 50. let bez přerušení

a výsledky dokumentovaly významné kvalitativní změny na sledovaných lokalitách.

Metodika a rozsah společných šetření

Před zahájením terénních prací byly detailně projednány a sjednoceny všechny pracovní metody a postupy chemických, biologických a bakteriologických analýz a vypracována společná metodika šetření.

Rozsah sledování zahrnoval společně prováděná fyzikálně-chemická měření v terénu a odběry vzorků vody pro chemické, biologické a bakteriologické analýzy. Většina odběrových míst byla situována poblíž mostu, některé odběry (např. z řeky Moravy a z Dyje před soutokem s Moravou) byly prováděny z lodky. Zpracování probíhalo v laboratořích Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M., pobočka Brno, a Spolkového ústavu pro jakost vod ve Vídni. Chemické analýzy společně odebraných vzorků byly v obou laboratořích prováděny do 24 hodin po odběru.

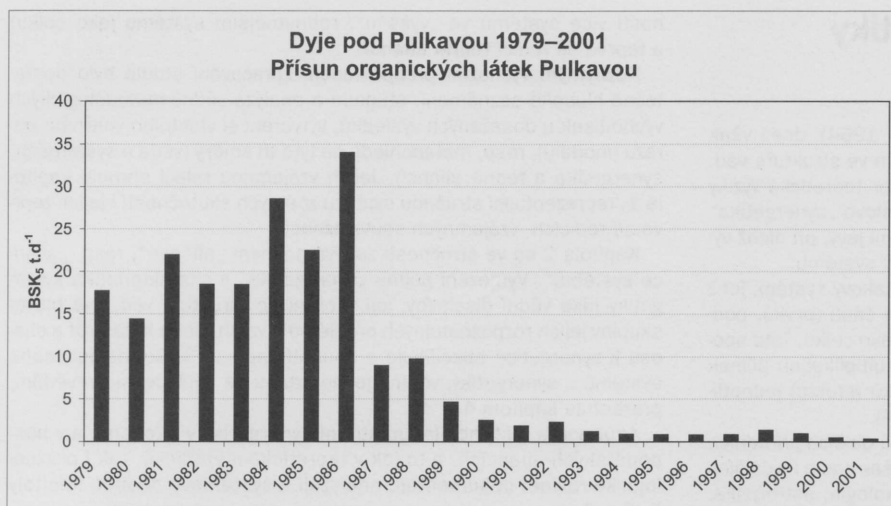
Biologická stanovení zahrnovala kvantitativní, později pouze semikvantitativní stanovení biosestonu, semikvantitativní stanovení nárostů a makrozoobentosu. Mikrobiologické laboratoře zajišťovaly stanovení indikátorů fekálního a organického znečištění v den odběru vzorků. Získaná data byla vždy doplněna hodnotami průměrného denního průtoku vody v daném odběrovém profilu.

Společná šetření byla prováděna v řece **Moravě nad ústím Dyje, v řece Dyji na 16. km a při ústí do Moravy**. Četnost sledování byla 6krát, později jen 4krát v průběhu roku (v jarní a podzimním období, před a v průběhu cukrovarnické kampaně). Dalšími sledovanými toky byly řeky **Lužnice a Malše, Jaroslavický náhon** a řada menších hraničních přítoků z rakouského území.

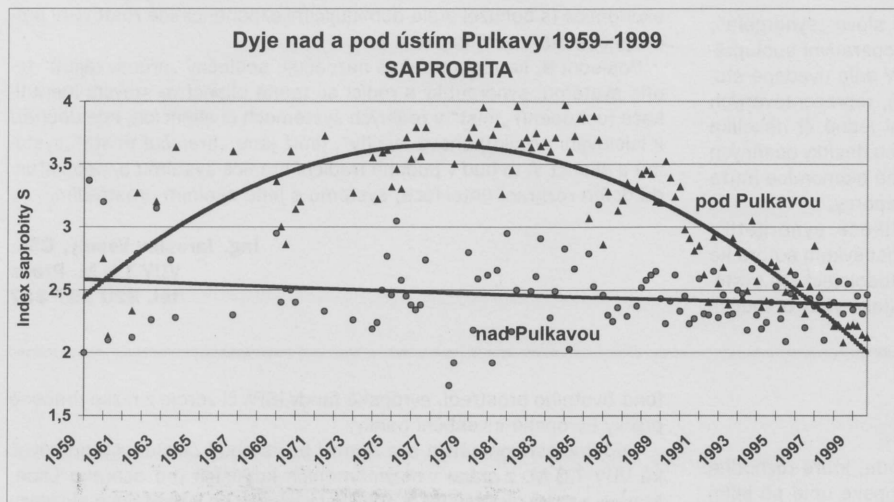
Souhrnné zprávy o výsledcích šetření expertů obou stran byly každoročně předávány mezistátní Česko-rakouské komisi pro hraniční vody, která zhodnotila stav a stanovila rozsah sledování pro další rok (Protokoly z jednání Československo- později Česko-rakouské komise hraničních vod).

Změny v kvalitě vody v Dyji pod Pulkavou

Z prováděných šetření vybíráme jeden příklad dlouholetého společného úsilí o zlepšení jakosti vod v česko-rakouských hraničních tocích, které přineslo kladné výsledky.



Obr. 1. Změny v zatížení řeky Dyje organickým znečištěním pod ústím Pulkavy



Obr. 2. Dlouhodobý vývoj hodnot saprobního indexu v řece Dyji nad a pod ústím Pulkavy

Řeka Dyje je významný moravský tok, který tvoří na několika úsecích společnou státní hranici s Rakouskou republikou. Tyto úseky začínají již v oblasti soutoku obou větví Dyje – moravské a rakouské, pokračují pod nádrží Vranov n. Dyjí v oblasti Národního parku Podyjí, pod Znojmem v oblasti ústí rakouského přítoku Pulkavy a pod Břeclaví, kde od 16. km až po ústí do Moravy Dyje tvoří hranici mezi oběma státy.

Od začátku šedesátých let přicházelo do Dyje nad obcí Hevlín velmi vysoké znečištění z rakouského pravostranného přítoku Pulkavy. Zdrojem znečištění byl chemický závod na výrobu kyseliny citronové (a lihu) v Pernhofenu (závod je stále v plném provozu). Tento stav byl českou stranou trvale kritizován.

Nepříznivý vliv tohoto zdroje byl pozorován již od podzimního období roku 1959, kdy bylo biologické oživení silně ovlivněno organickým znečištěním. Zpočátku se ve vegetačním období složení společenstev vodních organismů navracelo do betamezosaprobního stupně, později byl nepříznivý stav zjišťován celoročně. Vyskytovaly se i kritické stavy – např. v roce 1962 podle pozorování místních občanů korytem protékala načervenalá silně zapáchající voda. Mohutné bakteriální nároty v říčním korytě řeky Dyje v Hevlíně dosáhly postupně několikacentimetrové mocnosti. V květnu 1982 bylo odběrem vzorků zjištěno na ploše dna a kamenitých břehů přibližně 25 kg.m⁻² čerstvé hmotnosti vláknitých bakterií (spolu s přechodnou vrstvičkou bahna).

Výsledné hodnoty přinášeného zatížení podle BSK₅ byly alarmující, zvláště když závod v roce 1975 změnil technologii a místo cukru začal vyrábět kyselinu citronovou z melasy dovážené z Hamburku. Zatímco v období září až listopad 1975 byly hodnoty BSK₅ v průměru 17,2 mg.l⁻¹, po změně technologie v listopadu 1975 a prosinci téhož roku byla průměrná hodnota BSK₅ 114 mg.l⁻¹. Intenzita znečištění se v prvním období zvyšovala v průměru sedmkrát. V následujícím období docházelo k dalšímu významnému zhoršování jakosti vody a česká strana s ohledem na budovaný areál nádrží Nové Mlýny, situovaný několik kilometrů po toku, intenzivně jednala o nápravě. V 80. letech začal Výzkumný ústav vodohospodářský Brno provádět kromě společných odběrů vzorků i samostatné 8, 12 a 24hodinové odběry vzorků s cílem zachytit zvyšování organického znečištění v nočních a ranních hodinách. Znečištění, které bě-

hem dne přicházelo, v nočních hodinách postupně narůstalo a zatížení řeky Dyje dosahovalo při průměrném denním průtoku hodnot až přes 100 tun BSK₅ za den. Z výsledků koordinovaných československo-rakouských šetření vyplývalo mimořádně vysoké znečištění přinášené Pulkavou, které se projevovalo i po zředění vodou z Dyje ve vzdálenosti několika kilometrů od ústí Pulkavy.

Dokladový materiál o intenzitě znečištění byl vždy projednáván na společné komisi a vyústil na rakouské straně v rozhodnutí řešení likvidace odpadních vod ze závodu. Výstavba čistírny odpadních vod probíhala v chemickém závodu ve dvou etapách:

11. 7. 1984–11. 7. 1986 – výstavba I. stupně mechanicko-biologické čistírny pro koncentrované vody,

2. 4. 1989–1. 10. 1990 – výstavba II. stupně čistění technologických vod.

Po roce 1989 odběry vzorků v oblasti ústí Pulkavy do Dyje pokračovaly a byly prováděny společně českými a rakouskými pracovníky čtyřikrát ročně v profilu Dyje nad a pod ústím Pulkavy. Z výsledků analýz byly propočteny průměrné hodnoty znečištění z každého roku. Z obr. 1 je zřejmé, jak se intenzita znečištění po vybudování čistírny odpadních vod v chemickém závodě v Pernhofenu postupně snižovala. Graf znázorňuje dlouhodobé změny průměrných hodnot (ze čtyř ročních sledování) biochemické spotřeby kyslíku – BSK₅, přepočtené na průměrný denní průtok (zatížení v tunách za den). Podobné zlepšení dokumentují i hodnoty indexu saprobity (obr. 2).

V dnešní době je zatížení řeky Pulkavy organickými látkami ve srovnání se stavem v padesátých až osmdesátých letech výrazně nižší, zůstává však stále řada nedořešených problémů. Nejzřetelnějším problémem je intenzivně hnědé zbarvení vody v Pulkavě a Dyji, způsobené odpadními produkty z melasy zpracovávané v chemickém provozu v Pernhofenu. Řeka Dyje nad a pod ústím Pulkavy je i nadále monitorována v souvislosti s možností zhoršení kvality vody a narušení biologické rovnováhy vodního toku,

a to stanovením chemických parametrů a především sledováním změn v biologickém oživení. V posledních letech byla terénní šetření rozšířena za účelem vyhodnocení vlivu změn v technologii přímo o řeku Pulkavu, sledovanou v profilech nad a pod chemickým závodem v Pernhofenu.

Závěr

Dlouhodobá společná i koordinovaná šetření v oblasti česko-rakouských hraničních vod jsou dokladem, že vzájemná mezinárodní spolupráce cílená na objektivní hodnocení vlivu zdrojů znečištění přináší konkrétní kladné výsledky ve zlepšování jakosti vody.

RNDr. Eva Kočková, RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.
VÚV T.G.M. Brno, tel. 541 321 224/319, 309
RNDr. Zdeňka Žáková, CSc.
BIOTES Brno

Key words

water quality, monitoring, transboundary waters, River Dyje (Thaya), River Pulkava (Pulkau)

Half a Century of Monitoring Czech-Austrian Transboundary Water Bodies (Kočková, E., Mlejnková, H., Žáková, Z.)

In the 1960s co-operation of Czech and Austrian experts was launched in monitoring the quality of Czech-Austrian transboundary waters. Staff members of the T. G. Masaryk Water Research Institute, Branch Office of Brno, have significantly participated in this co-operation.

As an example, the article describes the long-term monitoring of quality of the River Dyje (Thaya), where from the early 1960s a large quantity of pollution was coming, above the village of Hevlín, from the River Pulkava (Pulkau), a right-side tributary to the Dyje. A description is rendered of the development of pollution in this area – Fig. 1 (organic pollution) and Fig. 2 (index of saprobity) – as well as of the process of joint monitoring aimed at the quality of the Rivers Dyje and Pulkava, and that also in the area of the main pollution source in Austria.

Možnosti aplikace synergetiky v ekonomii a ekonomice

Synergetika je poměrně „mladá“ (vznikla v roce 1964), dnes však už samostatná vědní disciplína s pevným ukotvením ve struktuře věd. Původně vznikla ve fyzice. Její zakladatel, profesor teoretické fyziky Ústavu synergetiky ve Stuttgartu H. Haken použil slovo „synergetika“ pro „fyzikální“ disciplínu zabývající se kooperativními jevy, při nichž výsledek není pouhou aditivní sumou vlastností částí systému.

Za synergetický (někdy synergický) se považuje takový systém, jenž má zabudovanou schopnost spolupráce diskrétních částí (prvků, pod-systémů, systémů různých řádů) v rámci systému jako celku. Tato spolupráce má celkový (kooperativní, synergetický, multiplikační) účinek „vyšší“, než by odpovídalo prostému součtu účinků (efektů) jednotlivých částí systému nezávisle na sobě (tj. odděleně).

Synergetika našla poměrně záhy uplatnění v řadě dalších přírodních věd (chemii, biochemii, biologii aj.), úrodnou půdu však našla i v dalších vědních disciplínách (sociologie, medicína, farmakologie, astrofyzika, ekologie, ekonomie aj.). Dnes se interpretuje jako věda o spolupráci, spolupůsobení či součinnosti, a to převážně v pozitivním, daleko méně v negativním slova smyslu.

Milčky, jakoby intuitivně podle podstaty řeckého slova „synergeia“, se však často očekává, že synergetický účinek kooperativní spolupráce částí systému v systému jako celku je kladný. V dále uvedené studii je na příkladu hospodářských aliancí (integrací), reprezentovaných většinou nadnárodními (nadstátními) korporacemi jedné či několika málo mateřských společností, kapitálově ovládajících desítky dceřiných společností, doloženo, že v ekonomii, resp. v reálné ekonomice může být synergetický účinek kladný, roven nule nebo záporný.

Analyticko-srovnávací studie „Možnosti aplikace synergetiky v ekonomii a ekonomice“ (55 stran) je původním příspěvkem autora ke vztahu **teorie systémů** (jako jedné z teoreticko-metodologických systémových disciplín vědy o systémech), **synergetiky** (jako vědy o součinnosti

nosti více systémů ve „vyšším“, robustnějším systému jako celku) a teprve se rodící **teorie aliancí**.

Nezbytným výchozím předpokladem zpracování studie bylo dostatečně hluboké seznámení, studium a analýza vědně-metodologických východisek a dosažených výsledků, vytvoření si vlastního vnitřního obrazu (modelu), resp. metapohledu na tyto tři směry (věda o systémech, synergetika a teorie aliancí). Jejich vzájemnou relaci shrnuje kapitola 1, reprezentující stručnou syntézu známých skutečností i jejich teprve se rodících vzájemných souvztahů.

Kapitola 2 se ve stručnosti zabývá pojmem „aliance“, resp. „aliance systémů“. Vymezení pojmu „synergetika“ a charakteristika synergetiky jako vědní disciplíny, její vnoření do struktury věd, dvě hlavní skupiny jejích rozpoznatelných problémů a vztah teorie katastrof a chaosu k synergetice specifikuje a hodnotí kapitola 3. Souvislost teorie systémů a synergetiky, včetně jejího vztahu ke společenským vědám, prezentuje kapitola 4.

Aspirace a potenciální uplatnění synergetiky v ekonomii a v hospodářských aliancích, a to jak v teoreticko-metodické, tak i praxeologické rovině, dokumentují, analyzují a systémově hodnotí kapitoly 5, 6 a 7.

Možnosti uplatnění principů synergetiky, resp. synergetického efektu v hospodářských aliancích speciálně a v globalizující se světové ekonomice (s bohužel stále dominujícími exponenciálně růstovými procesy) obecně, uvádí kapitola 8.

Poslední 9. kapitola stručně naznačuje společný „průnik zájmů“ teorie systémů, synergetiky a rodící se teorie aliancí ve smyslu identifikace (uchopení) „míst“ v reálných systémech či aliancích, kde dochází k iniciování (vzniku) „nové kvality“, jimiž jsou „hraniční místa“ systémů a aliancí. A to buď v podobě tradiční hranice systému a/nebo standardního rozhraní (interface) systému s jeho okolním prostředím.

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

Čemu řekneme ano

Ve dnech 15.–16. června přistoupíme k referendu, které rozhodne o tom, zda se Česká republika stane členem Evropské unie při jejím nejbližším rozšíření.

Postoje občanů k této otázce by měly vycházet předně z přehledných a jasných informací o výhodách i nevýhodách vstupu a teprve poté z očekávání, zvyklostí i dílčích osobních zkušeností.

VÚV T.G.M se v rámci resortu životního prostředí zabývá širokou oblastí ochrany vod a také otázkami odpadového hospodářství. Jsme tu tedy i pro ty, kteří si potřebují vyjasnit, jak Evropa v oblasti ochrany vod nebo odpadů „funguje“.

Ochrana množství a kvality podzemních a povrchových vod patří v Evropské unii do oblasti životního prostředí. Právě kapitola životního prostředí patřila při jednáních o přistoupení k EU k nejsložitějším a pro oblast voda bylo dokonce vyjednáno nejdelší přechodné období. Dosažení úrovně požadované evropským právem v této oblasti bude postupné a bude představovat miliardové náklady.

Co tedy nastane po vstupu do EU? Půjde především o to, aby zde u nás, v českých a moravských obcích, bylo zlepšeno čištění odpadních vod. Jde o problém, který významně ovlivňuje život obyvatel i návštěvníků a nezřídka omezuje i podnikatelské aktivity. Přechodné období znamená, že všechna opatření nebude nezbytné udělat ihned, ale postupně – v tomto případě až do roku 2012. Na finančních nákladech se bude podílet – a v četných projektech se již podílí – vedle obcí i Státní

fond životního prostředí, evropské fondy ISPA či zdroje z nízko úročené půjčky Evropské investiční banky.

Budeme schopni uhájit své zájmy i po vstupu? Zkušenosti pracovníků VÚV T.G.M. z práce v mezinárodních komisích pro ochranu Labe, Moravy a Odry ukazují, jak a s jakými výsledky se vyjednávalo o složitých mezinárodních a evropských problémech. Potvrzují, že Česká republika je na taková jednání připravena a je rovnocenným partnerem.

Také v oblasti odpadů Česká republika přistoupila na evropské normy. Po zavedení nové legislativy a při důsledném prosazování principů Basilejské úmluvy o přeshraničním pohybu odpadů vstup do EU nejenže nepřinese ČR výrazné ořesy, ale zvýší ochranu naší země před odpady z jiných území.

Konečně, jak je to s často zmiňovanou ztrátou suverenity v rozhodování? Evropská unie stanovuje stejná pravidla pro všechny své členy. Z toho nutně vyplývá, že jsou dosti obecná a v mnoha ohledech spíše doporučující. Nehledě na to, že po vstupu se bude ČR moci na vytváření těchto pravidel aktivně podílet, zůstane stále velmi široké pole pro uplatnění národních i místních specifik.

V Evropské unii je právě v oblasti životního prostředí zdůrazňována účast veřejnosti. I po referendu, i po vstupu naší země do EU zůstanou a porostou možnosti jak svůj názor dát vědět. Věříme proto, že nastoupená evropská cesta povede v těchto oblastech k prospěchu nás všech.

Pro odborné dotazy zřídil VÚV T.G.M. zvláštní e-mailovou adresu EU_referendum@vuv.cz.

Ing. Lubomír Petružela, CSc.

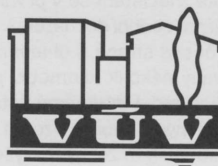
VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

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 Šťastný, Ing. Nad'a 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



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

**Podbabská 30
160 62 Praha 6**