

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ V HYDROLOGII A ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

KALIBRACE – VERIFIKACE – NEURČITOST – POJEM EQUIFINALITY

Šárka Blažková

Informace je určena hydrologům, kteří se zabývají matematickým modelováním, a uživatelům výsledků tohoto modelování (rozhodovaci sféře – decision makers).

Obě skupiny odborníků ve světě i u nás dosud dávaly přednost jednoznačnému (jedinému) výsledku matematického modelování, tj. např. jedinému kulminačnímu průtoku určité pravděpodobnosti v daném profilu nebo jediné hranici rozlivů při N-leté povodni.

To je v obou případech poněkud v rozporu s jejich vlastní zkušeností a s pocitem, který v skrytu duše mají:

- modeláři*) jsou velmi často zaskočení zjištěním několika optim při kalibraci parametrů i skutečností, že nakalibrované parametry dávají někdy na verifikačních datech nepřijatelné výsledky – tj. jsou zaskočení neurčitostí modelování,
- uživatelé výsledků zase vnímají rizika a jsou zvyklí přidávat určitou „bezpečnost“ k výsledkům, které obdrží.

Ve světové literatuře, a někdy i u nás, se už asi deset let postupně začíná uznávat, že neurčitost (nejistota) v hydrologickém modelování je třeba kvantifikovat, ale obvykle zůstává jen u proklamací.

Tato informace směřuje k vysvětlení pojmu equifinality modelů, na kterém se zakládá metoda GLUE pocházející od prof. Bevena z univerzity v Lancasteru. Na rozvoji této metody VÚV T.G.M. již několik let spolupracuje. GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) vyhodnocuje predikční meze z velkého počtu simulací (běhů modelu) s různými sadami parametrů (vytvořenými metodou Monte Carlo).

Začneme však od odkazů na jiné přístupy, abychom charakterizovali diskusi, která v současné době ve světové literatuře probíhá. Tato informace je velmi stručná (zjednodušená) a předpokládá se, že se zájemci (zejména z řad modelářů) uchýlí ke studiu původní citované literatury.

Zásady ověření výsledků formulované Klemešem [1] jsou hydrologické veřejnosti známy. Z nich vychází postup Ewena a Parkina [2] jak ověřit (validovat) model povodí pro predikci trendů vyvolaných změnami využití území (land-use change) nebo klimatickými změnami. Postup je koncipován pro použití ve vodohospodářské praxi. Modelář má doložit, že jeho/její model splňuje požadavky kladené vodohospodářem.

Centrálním rysem metody Ewena a Parkina je ověřování modelu na testovacím povodí. Modelář nemá k dispozici data z testovacího povodí (testování na slepo = blind testing). Model nemůže tedy být pro testovací povodí kalibrován. Modelář předem stanoví predikční meze, v nichž očekává výsledek (např. 90 % průtoků má ležet ve stanovených predikčních mezích, maximální průtok má ležet ve stanoveném rozmezí). Při stanovení mezí nesmí být použita znalost měřených výsledných veličin na testovacím povodí, zkušenost z kalibrace modelu na podobném povodí je samozřejmě povolena. Citovaná studie podrobně popisuje pravidla testování v jednotlivých krocích.

Ve stejném čísle časopisu hned následuje případová studie Parkina et al. [3] na malém povodí (1,4 km²) ve výzkumné oblasti Real Collobrier na jihu Francie. Testovaným modelem je SHETRAN, novější verze známého modelu SHE, typického představitele fyzikálně založených distribuovaných modelů se značným renomé. Studie podrobně popisuje podklady. Stručně uvedme, že síť má rozměry 100 x 100 m, ve třech místech byly vyhloubeny púdní sondy, byla analyzována zrnitost, proběhly infiltrační pokusy, terénním pokusem byla stanovena propustnost, pórovitost byla zjišťována

na neporušených púdních vzorcích. Byla zvolena čtyři kritéria (uvedená dále v závorkách) a testování dopadlo následujícími způsoby:

- A. Kontinuální průtoky – měřený průtok ležel v predikčních mezích 78 % času (ve srovnání s 90 % zvolenými jako kritériem).
- B. Kulminační průtoky – měřená data ležela v predikčních mezích ve 13 případech ze 32 (ve srovnání s 28 ze 32).
- C. Měsíční celkové odtoky – měřená data ležela v predikčních mezích v 10 ze 13 měsíců (ve srovnání s 11 ze 13).
- D. Celkový odtok – měřený odtok ležel blízko středu predikčních mezí.

Studie ukazuje výsledky názorně v obrázcích. Model tedy vyhověl pouze jednomu kritériu. To možná vyvolá údiv a nespokojenost v řadách vodohospodářů, každý zkušený modelář však ve skutečnosti z prostudování článku získá dojem, že model fungoval velmi dobře. Pokud by jiný model vyhověl všem kritériím, byla by to náhodná událost s velmi malou pravděpodobností. Neúspěch vyplývá nikoliv z nedokonalosti daného modelu ve srovnání s jinými, nýbrž z nesprávných (příliš ambiciózních) představ o tom, že jsme schopni fyzikálním modelováním s jedinou nejlepší sadou parametrů „změnou na povodí“ dosáhnout přesných predikcí bez kalibrace parametrů.

Co z toho vyplývá? Změňme tedy přístup. Vyrovněme se se skutečnostmi, že bodové vzorky pro stanovení púdních charakteristik nepředstavují efektivní hodnoty parametrů v jednotlivých gridech, že různé sady parametrů jednoho modelu mohou dávat stejně přijatelné výsledky, dále že i různé modely mohou dávat stejně přijatelné výsledky (tzv. equifinalita, finální znamená nejen konečný, ale také účelný), že nejlepší sada parametrů nakalibrovaná na určitém úseku dat může dávat méně přijatelné nebo úplně nepřijatelné predikce na jiném úseku dat. Vezdejme se představy optimální sady parametrů a nejlepšího modelu.

Moderní učebnice hydrologie, která bere neurčitost predikcí široce v úvahu, je kniha prof. Bevena, která nedávno vyšla [4]. Dalším relevantním textem z poslední doby je přednáška u příležitosti udělení Daltonovy medaile prof. Bevenovi Evropskou geofyzikální společností EGS [5].

Profesor Beven se však ve svých publikacích neobrací pouze k vědecké veřejnosti. Například kapitola „Kalibrace, validace a equifinalita v hydrologickém modelování: pokračující diskuse ...“ [6] je formulována jako diskuse s několika odborníky, mezi nimiž je zastoupen inženýr ze soukromé firmy, odborník z agentury pro životní prostředí a pracovník ministerstva životního prostředí. V renomovaném časopise Hydrological Processes vychází řada komentářů (Invited Commentary) prof. Bevena k problémům distribuovaného modelování, mapování krajinného prostoru do prostoru parametrů modelu, predikcím účinků změny v povodí, stochastických modelů a jediné realizace hydrologického procesu, testování hypotéz v hydrologii. Tyto komentáře jsou výzvou k diskusi.

Na závěr naší informace uvedme výtah ze závěrečných odstavců z komentáře s názvem „O neurčitosti modelů, riziku a rozhodování“ [7]: „Proč existuje equifinalita? Částečně je způsobena flexibilitou modelů, dokonce i jednoduchých, tj. jejich schopností produkovat různé typy chování systému (povodí). V první řadě je však equifinalita způsobena tím, že ještě nemáme takové technologie měření, které by nám umožnily identifikovat charakter hydrologických procesů pod povrchem (a možná takové technologie nikdy mít nebudeme).

Takže, když dvě skupiny modelářů přijdou se stejně přesvědčivými (avšak různými) predikcemi, kdo má říci, čemu se má věřit? Snad panel expertů – ale každý expert také bude mít jiný názor na stavbu modelu a nejlepší odhad jeho parametrů. Proč bychom tedy neměli začít uznávat neurčitost od samého začátku a vzít v úvahu řadu různých modelů, které mohou být přijatelné pro experty (a v souladu s dostupnými měřnými údaji!!)? Potom budeme samozřejmě mít řadu různých predikcí. Není snad nechtít vyhodnocovat neurčitost méně otázkou neochoty a více otázkou obav, že rozmezí predikcí bude tak široké, že ztratí význam predikce dělat?

Proč by to však měl být problém, pokud toto rozmezí predikcí je reálné? Tento postoj je ve skutečnosti mnohem snadněji obhajitelný v případě rozporu než mnohem omezenější rozsah predikcí. Vyhodnocení neurčitosti může být použito jako prostředek sebeobrány modeláře. Neurčitost by neměla být označována za „problém“, protože může vždy být interpretována jako riziko možného vývoje (outcome). Jako taková,

*) tvůrce a uživatelé modelu

může být neurčitost přímo pojata do rozhodovacího procesu zohledňujícího rizika. Příslušné postupy jsou pro to vyvinuty, i když nejsou široce využívány.“

Literatura

- [1] Klemeš, V. Operational testing of hydrological simulation models. *Hydrol. Sci. J.*, 31, 1986, 13–24.
- [2] Ewen, J. and Parkin, G. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. 1. Method. *J. Hydrol.*, 175, 1996, 583–594.
- [3] Parkin, G., O'Donnell, G., Ewen, J., Bathurst, J.C., O'Connell, P.E. and Lavabre, J. Validation of catchment models for predicting land-use and climate change impacts. 2. Case study for a Mediterranean catchment. *J. Hydrol.*, 175, 1996, 595–613.
- [4] Beven, K.J. *Rainfall-Runoff Modelling. The Primer.* Wiley, 2000, 360 pp.
- [5] Beven, K. How far can we go in distributed hydrological modelling? The Dalton Lecture. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(1), 2001, 1–12.

- [6] Beven, K. Calibration, Validation and Equifinality in Hydrological Modelling: A continuing Discussion ... In Anderson, M.G. and Bates, P.D. (eds). *Model Validation: Perspectives in Hydrological Science.* Wiley, 2001, 43–55.
- [7] Beven, K. On model uncertainty, risk and decision making. Invited Commentary. *Hydrol. Process.* 14, 2000, 2605–2606.

Ing. Šárka Blažková, DrSc.
VÚV T.G.M. Praha
tel.: 02/2019 7222

Keywords

mathematical modelling, hydrology, equifinality, uncertainty

Mathematical modelling in hydrology and environmental science Calibration - validation - uncertainty - equifinality (Blažková, Š.)

The contribution informs both modellers and decision-makers on the state of the art in uncertainty estimation and its implications for decision-making.

BILANCE RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK V ODPADNÍCH VODÁCH Z TĚŽBY URANU A V POVRCHOVÝCH VODÁCH V KONTROLNÍCH PROFILECH ČHMÚ ZA OBDOBÍ 1999–2000

Eduard Hanslík, Pavel Šimonek, Mark Rieder, Karel Forejt, Jiří Medek, Ladislav Vondrák, Karel Jahn, Jiří Jusko

Úvod

První hodnocení bilance radioaktivních látek v důlních, resp. odpadních vodách z těžby a zpracování uranových rud a v kontrolních profilech v povrchových vodách pod jejich zaústěním bylo provedeno za rok 1999 [1]. Výsledky většinou indikovaly vyšší hodnoty bilance v povrchových vodách, a to i při použití korekce na hodnoty přirozeného výskytu radioaktivních látek – pozadí. V aktualizovaném sdělení bylo hodnocení rozšířeno o některé další profily (zdroje) a zpracováno za dvouletí 1999 a 2000.

Odpadní vody z těžby a zpracování uranu a průsakové vody z odvalů a odkališť byly u nás rozhodujícím zdrojem kontaminace povrchových vod radioaktivními látkami od konce 50. let. Podle podkladů DIAMA, s. p., (dříve ČSUP) bylo prozkoumáno 146 nalezišť uranu a z nich 64 bylo těženo. Z uvedených nalezišť bylo pět se zdroji uranu nad 10 000 tun, z toho tři naleziště v oblasti Stráže pod Ralskem a dále na Příbramsku a v Dolní Rožínce. Deset nalezišť bylo v rozmezí kapacit 1 000 až 10 000 tun uranu, 20 lokalit v rozmezí 50 až 1 000 tun uranu a zbývající lokality do kapacity 50 tun uranu. O významu těchto zdrojů znečištění hovoří nepřímo i skutečnost, že na relativně malé ploše území našeho státu bylo vytěženo přibližně 110 000 tun uranu za období 1945–1999 a že toto množství představuje páté místo v pořadí těžby uranu ve světovém měřítku, kde před Českou republikou byly jen Spojené státy americké, Kanada, Německo a Jižní Afrika v rozmezí celkové bilance těžby přibližně 350 000 až 150 000 tun uranu. Porovnání těžby uranových rud na jednotlivých hlavních lokalitách u nás je uvedeno na obr. 1.

Z hodnocení podle obr. 1 je zřejmé, že nejvíce uranové rudy bylo vytěženo na Příbramsku a tomu také odpovídá největší objem odvalů. Následuje lokalita Hamr spolu se Stráží pod Ralskem, kde byla realizována hornická těžba vedle chemického loužení rud v podzemí. Dále to pak je lokalita Dolní Rožínka, jediná oblast, kde těžba uranu ještě pokračuje. K lokalitám s vytěženým množstvím pod 10 % patřily Zadní Chodov, Jáchymov, Horní Slavkov. Nejméně uranu bylo vytěženo při průzkumných pracích.

I když došlo k prokazatelnému snížení zatížení vodního prostředí odpady z těžby uranu, zejména v důsledku utlumení těžby a zahájení sáňkových prací hlavně po roce 1990, je zjišťován i nadále zvýšený výskyt přírodních radionuklidů (zejména radia 226 a uranu) v povrchových vodách v oblastech dřívější, resp. přetrvávající těžby.

Cílem sdělení je porovnat údaje o hlavních radioaktivních kontaminantech – radiu 226 a uranu ve vypouštěných důlních vodách z provozů DIAMO, s. p., s výsledky kontrolního monitoringu ČHMÚ a laboratoří podniků Povodí v blízkých profilech povrchových vod pod zaústěním odpadních vod a nakonec v profilech Labe-Hřensko a Morava-pod soutokem s Dyjí, a to na příkladu dvouletí 1999 a 2000.

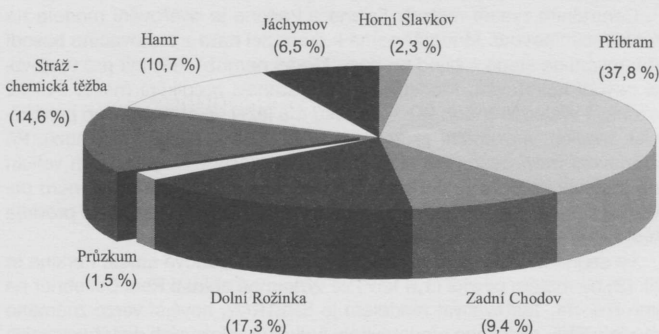
Metodika

Údaje o koncentracích radioaktivních látek radia 226 a uranu ve vypouštěných důlních vodách a o množství vypouštěných důlních vod a bilanci aktivity radia 226 a bilanci uranu byly za roky 1999 a 2000 čerpány z podkladů DIAMO, s. p. [2–5]. Výsledky sledování objemové aktivity radia 226 a koncentrace uranu v kontrolních profilech na povrchových vodách byly převzaty z podkladů ČHMÚ [6], resp. vodoohospodářských radiologických laboratoří podniků Povodí [7–11]. V návaznosti na údaje o vypouštěných důlních vodách [2–5] bylo hodnocení bilance radioaktivních látek provedeno v kontrolních profilech povrchových vod Kocába-Višňová, Příbramský potok-Trhové Dušníky, Mže-pod Hamerským potokem (jako součet příspěvků Mže a Hamerského potoka) a Rolava-Rybáře (jako doplňující informace o zdrojích znečištění z oblasti Nejdku), Ohře-Želina, Ploučnice-Noviny, Kurvice-Ronov, Svratka-Veverská Bitýška. Při četnosti sledování radioaktivních látek v jednotlivých profilech 12krát ročně nebyla zjištěna závislost mezi koncentrací radioaktivních látek a průtokem vody ve dnech odběru vzorků. Bilance radioaktivních látek v hodnocených profilech povrchových vod byla proto vypočtena jako součin roční průměrné objemové aktivity radia 226 a roční průměrné koncentrace uranu a ročního průměrného průtoku vody v letech 1999 a 2000. V profilech povrchových vod bylo ještě bilančně vyjádřeno geogenní pozadí s použitím dlouhodobých průměrných hodnot objemové aktivity radia 226 na úrovni 5 Bq/m³, získaných pro toky neovlivněné nebo zcela nevýznamně ovlivněné těžbou uranových rud, a koncentrace uranu 0,4 mg/m³, odvozené z předpokladu radioaktivní rovnováhy s radiem 226 [12, 13] a průměrných průtoků vody v letech 1999–2000. Vodoohospodářské radiologické laboratoře podniků Povodí a VÚV T.G.M., které prováděly radiologické rozborby vzorků vod, mají Osvědčení ASLAB o správné činnosti laboratoře.

Výsledky a jejich hodnocení

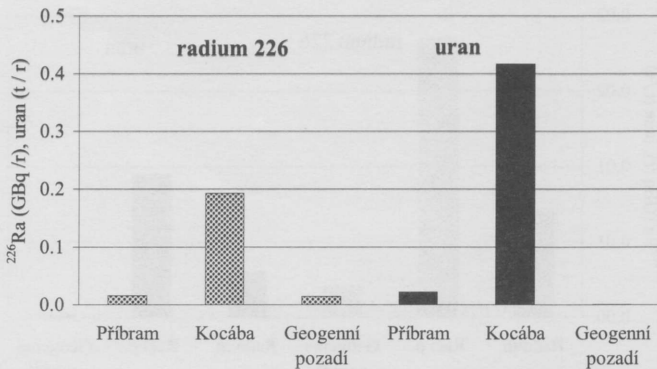
Podle podkladů DIAMA, s. p. [2–5] byly vyhodnoceny roční průměrné hodnoty bilance radia 226 a uranu za dvouletí 1999 a 2000 (v závorkách jsou uvedeny roční hodnoty v pořadí roku 1999 a 2000).

Obr. 1. Porovnání těžby uranových rud v jednotlivých lokalitách na území České republiky



Pozn.: Oblast Zadní Chodov zahrnuje těžbu v lokalitách Zadní Chodov, Vítkov II, Dyleň, Okrouhlá Radouň, Hájek, Odeř a Ruprechtov. Lokalita Hamr zahrnuje těžbu na dolech Hamr a Břevniště. Oblast Dolní Rožínka zahrnuje těžbu v lokalitách Rožná, Olší, Javorník – Zálesí, Chotěboř, Slavkovice – Petrovice, Rybníček a Radvanice.

Obr. 2. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Příbram, v řece Kocábě v profilu Višňová a geogenní pozadí v řece Kocábě v profilu Višňová za dvouletí 1999 a 2000



Z hlediska radia 226 byla nejvýznamnějším zdrojem lokalita Horní Slavkov s roční průměrnou hodnotou 5 896 MBq/r (5 716 – 6 075 MBq/r), dále Stráž pod Ralskem 872 MBq/r (905 – 838 MBq/r) a oblast Dolní Rožínky 194 MBq/r (168 – 219 MBq/r). Ostatní lokality jsou méně významné – Zadní Chodov 38,2 MBq/r (35,6 – 40,7 MBq/r), Příbram 15,7 MBq/r (11,7 – 19,6 MBq/r), Pucov 7,8 MBq/r (9,5 – 6,1 MBq/r), Licoměřice 5,6 MBq/r (6,7 – 4,5 MBq/r), Okrouhlá Radouň 6,8 MBq/r (6,6 – 6,9 MBq/r) a MAPE Mydlovary 2,6 MBq/r (2,5 – 2,6 MBq/r). Podle bilance uranu byla nejvýznamnějším zdrojem lokalita Stráž pod Ralskem 254 kg/r (236 – 268 kg/r), následoval Horní Slavkov 157 kg/r (141 – 173 kg/r), oblast Dolní Rožínka 117 kg/r (108 – 125 kg/r), Zadní Chodov 53 kg/r (49 – 56 kg/r), Příbram 22 kg/r (16 – 28 kg/r). Méně významné pak byly Pucov 7,5 kg/r (6 – 9 kg/r), MAPE Mydlovary 4,5 kg/r (5 – 4 kg/r), Okrouhlá Radouň 3 kg/r (3 – 3 kg/r) a Licoměřice 2,5 kg/r (2 – 3 kg/r). Pro bilanci v profilu Rolava-Rybáře, kde nejsou informace o zdrojích znečištění v podkladech DIAMO, s. p. [2–5], byl vypočten odtok radia 226 s významnou aktivitou 2 864 MBq/r (3 309 – 2 418 MBq/r) a uranu v množství 245 kg/r (331 – 358 kg/r).

Z hodnocení ve všech zdrojových členech je zřejmé, že bilance radia 226 a uranu byla v hodnoceném dvouletí ustálená a rozdíly lze vysvětlit spíše nejistotami výsledků stanovení koncentrací sledovaných radioaktivních látek a nejistotami měření množství odpadních vod.

Na základě hodnocení bilance radia 226 v kontrolních profilech na povrchových vodách byl zjištěn největší roční průměrný odtok radia 226 za dvouletí 1999 a 2000 v profilech Ohře-Želina 14 258 MBq/r – s ročními hodnotami uvedenými v závorkách v pořadí 1999, 2000 – (13 378 – 15 137 MBq/r), dále Svatka-Veverská Bitýška 5 304 MBq/r (4 756 – 5 851 MBq/r), Mže-pod Hamerským potokem 3 129 MBq/r (3 375 – 2 882 MBq/r), Ploučnice-Noviny 1 431 MBq/r (1 435 – 1 426 MBq/r). Méně významné byly odtoky radia 226 v profilech Kocába-Višňová 193 MBq/r (235 – 150 MBq/r), Příbramský potok-ústí 226 MBq/r (213 – 238 MBq/r), Kurvice-Ronov 64 MBq/r (73 – 54 MBq/r) a Račí potok-Nekrasín 19 MBq/r (17 – 20 MBq/r).

Bilance uranu byla největší v profilu Ohře-Želina 2 161 kg/r (2 102 – 2 220 kg/r), dále Svatka-Veverská Bitýška 1 730 kg/r (1 057 – 2 402 kg/r), Mže-pod Hamerským potokem 570 kg/r (646 – 494 kg/r), Kocába-Višňová 417 kg/r (439 – 395 kg/r), Ploučnice-Noviny 247 kg/r (238 – 256 kg/r). Méně významné odtoky uranu byly zjištěny v profilech Příbramský potok-ústí 29 kg/r (31 – 26 kg/r), Kurvice-Ronov 13 kg/r (16 – 9 kg/r) a Račí potok-Nekrasín 10 kg/r (9 – 10 kg/r).

Výsledky hodnocení bilance radia 226 a uranu v kontrolních profilech povrchových vod umístěných v blízkosti zaústění odpadních vod z provozů DIAMA, s. p., potvrdily informace o relativně malém rozmezí bilance stejných radioaktivních látek vypouštěných s odpadními vodami DIAMA, s. p.

Výše uvedené bilanční hodnoty ve zdrojích znečištění a v kontrolních profilech monitorovací sítě, včetně geogenního pozadí, byly dále zpracovány graficky a pro větší přehlednost použito bilanční vyjádření pro radium 226 v GBq/r a pro uran v t/r. Na obr. 2 je porovnána bilance radia 226 a uranu v důlních vodách vypouštěných DIAMO, s. p., na Příbramsku a v recipientu odpadních vod – řece Kocábě v profilu Višňová. Dále bylo vyjádřeno geogenní pozadí pro bilanci v řece Kocábě.

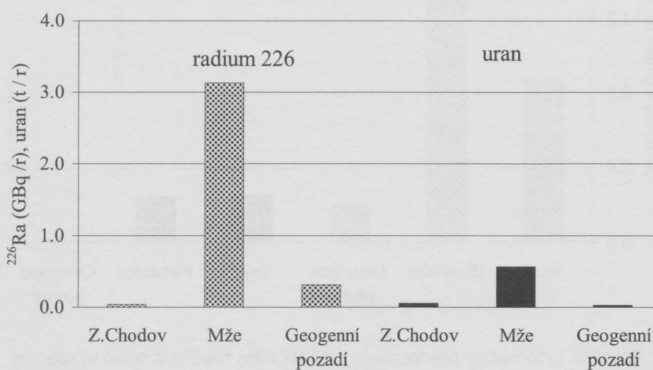
Podle obr. 2 je zřejmé, že bilance radioaktivních látek, a to radia 226 i uranu, v řece Kocábě je významně větší ve srovnání s bilancí stejných látek v čistěných důlních vodách. V hodnoceném období byly důlní a průsakové vody na této lokalitě čistěny na ČDV Bytíz a odváděny do povodí Dubeneckého potoka, a tedy do povodí řeky Kocáby. Významná část důlních vod byla v hodnoceném období používána k zatápění všech šachet na Příbramsku. Příbramská lokalita je v současném období odvodňována převážně do povodí Kocáby. Výsledky kontrolního sledování ČHMÚ, resp. vodohospodářské radiologické laboratoře Povodí Vltavy, s. p., v Kocábě v profilu Višňová jsou věrohodné a ukazují na skutečnost, že v důsledku splachů a průsaků z odvalů je transportované množ-

ství radionuklidů mnohonásobně vyšší, než odpovídá výsledku sledování samotných důlních vod. I když odpadní vody nebyly v hodnoceném období vyvádnuty do Příbramského potoka, ukazuje se, že roční průměrný odtok radia 226 v profilu Příbramský potok-ústí je srovnatelný s jeho odtokem v profilu Kocába-Višňová. Je zřejmé, že i v dílčím povodí Příbramského potoka se uplatňuje významně vliv splachů a průsaků z území dřívější těžby uranových rud, popř. vliv sekundární kontaminace ze dnových sedimentů z Příbramského potoka.

Z oblasti Zadního Chodova jsou odváděny důlní vody do Hamerského potoka. Lokalita Vítkov II na Mži nad soutokem s Hamerským potokem nevypouští podle podkladů DIAMA, s. p., v současné době odpadní vody, Profil Mže-pod Hamerským potokem není standardně sledován. V nejbližším profilu pod soutokem Mže a Hamerského potoka v Milíkově jsou sledovány jen celkové objemové aktivity radioaktivních látek. Bilanční údaje byly proto odvozeny z výsledků sledování v profilu Mže-Kočov a Hamerský potok-Broumov.

Porovnání bilance zdroje znečištění podle DIAMA, s. p., a bilance radioaktivních látek a geogenního pozadí ve Mži pod soutokem s Hamerským potokem je uvedeno na obr. 3.

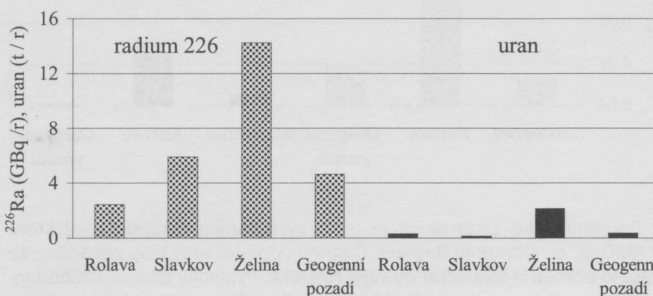
Obr. 3. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Zadní Chodov, v řece Mži v profilu pod soutokem s Hamerským potokem a geogenní pozadí v řece Mži pod soutokem s Hamerským potokem za dvouletí 1999 a 2000



Výsledky srovnání ukazují, že podobně jako na Příbramsku je zatížení povrchových vod radium 226 a uranem významně vyšší, než odpovídá bilanci v důlních vodách.

Na obr. 4 je porovnána bilance zdrojů radioaktivního znečištění v Horním Slavkově, bilance radioaktivních látek v Rolavě, přítoku řeky Ohře zatíženého těžbou a úpravou uranových rud, a v kontrolním profilu ČHMÚ Ohře-Želina. Lokalita Horní Slavkov se vyznačuje vysokou bilancí vypouštěného radia 226 a uranu. Čistírna důlních vod je dokončena a zkušební provoz byl zahájen v samém závěru roku 2000. Důlní vody jsou odváděny do řeky Ohře. Z dalších zdrojů znečištění v povodí Ohře není v podkladech DIAMA, s. p., uváděn příspěvek znečištění z Jáchymovska a Nejdecka. Z těchto důvodů byl odtok radia 226 a uranu vypočtený ze znalosti obsahu těchto radionuklidů v povrchových vodách v profilu Rolava-Rybáře vzat jako zdroj znečištění, a to i s přihlédnutím k malému příspěvku geogenního pozadí k odtoku radioaktivních látek v kontaminovaných úsecích povrchových toků, jak vyplývá z hodnocení výše uvedených lokalit.

Obr. 4. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Horní Slavkov, v řece Rolavě v profilu Rybáře (zdroj znečištění), v řece Ohři v profilu Želina a geogenní pozadí v řece Ohři v profilu Želina za dvouletí 1999 a 2000

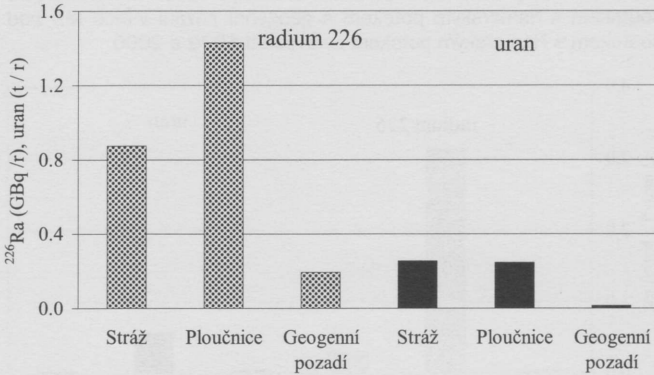


Ze souhrnného zpracování na obr. 4 je zřejmé, že bilance radia 226 a uranu z významných zdrojů znečištění v lokalitách Horní Slavkov, Nejdek a dalších odpovídají, s přihlédnutím k nejistotám výsledků sledování jakosti a průtoku vod, bilanci odtoku těchto radioaktivních látek v profilu Ohře-Želina. Relativně vyšší příspěvek bilance geogenního pozadí ve srovnání s výše hodnocenými lokalitami odpovídá významně vyššímu průto-

ku vody v řece Ohři v hodnoceném profilu ve srovnání s průtokem důlních vod a s průtoky vody v řece Rolavě. Lze předpokládat, že k významnému snížení zatížení Ohře radioaktivními látkami přispěje zprovoznění ČDV Horní Slavkov již v roce 2001.

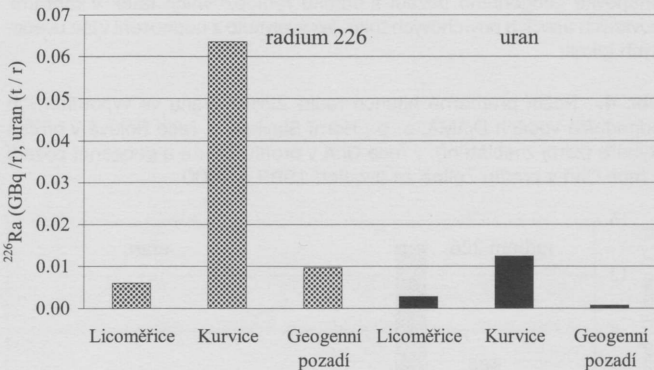
V oblasti Stráž pod Ralskem výsledky sledování DIAMA, s. p., a ČHMÚ, a tedy vodohospodářské radiologické laboratoře Povodí Ohře, s. p., představují největší shodu. Výsledky jsou shrnuty na obr. 5. S přihlédnutím k nejistotám stanovení radioaktivních látek a průtoků vody, je bilance odtoku radia 226 a uranu v řece Ploučnici v hodnoceném profilu po opravě na geogenní pozadí prakticky shodná. Vedle kvality sledování lze důvody spatřovat ve skutečnosti, že rozhodující objem důlních vod v této lokalitě je účinně čištěn, že jsou podchyceny průsaky a splach, a také ve skutečnosti, že část těžby realizovaná chemickým loužením není doprovázena odvalovým hospodářstvím, které významně přispívá k zatížení území, jak bylo ukázáno na jiných hodnocených lokalitách.

Obr. 5. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Stráž pod Ralskem, v řece Ploučnici v profilu Noviny a geogenní pozadí v řece Ploučnici v profilu Noviny za dvouletí 1999 a 2000



Lokalita Licoměřice představuje z bilančního hlediska málo významný zdroj znečištění. Souhrnné výsledky bilance jsou uvedeny na obr. 6. Z hodnocení podle obr. 6 vyplývá, že bilance odvozená z monitoringu ČHMÚ, resp. vodohospodářské radiologické laboratoře Povodí Labe, s. p., výrazně převyšuje bilanci v důlních vodách podle údajů DIAMA, s. p. Příspěvek geogenního pozadí je v souvislosti s relativně malým průtokem vody v recipientu odpadních vod – řece Kurvici málo významný. I když v porovnání s jinými zdroji znečištění jde o málo významný zdroj, lze předpokládat, že vliv plošného znečištění v této lokalitě těžby uranu na kontaminaci povrchových vod je rozhodující v obou sledovaných ukazatelích – radium 226 i uranu.

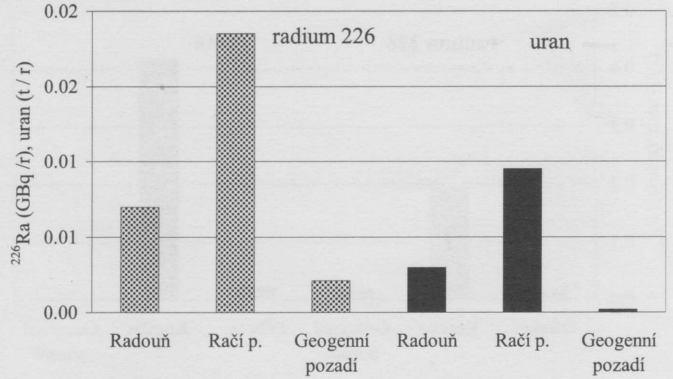
Obr. 6. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Licoměřice, v řece Kurvici v profilu Ronov a geogenní pozadí v řece Kurvici v profilu Ronov za dvouletí 1999 a 2000



Podobně jako Licoměřice je málo významným zdrojem znečištění DIAMO, s. p., Okrouhlá Radouň. Čištěné odpadní vody jsou odváděny do Račického potoka a následně do řeky Nežárky. Výsledky bilančního hodnocení jsou uvedeny na obr. 7. Z hodnocení podle obr. 7 lze také sledovat příspěvek plošného znečištění, kde vedle průsaků a splachů pravděpodobně přispívá i desorpce radioaktivních látek ze soustavy rybníků mezi zdrojem znečištění a kontrolním profilem. Příspěvek geogenního pozadí je málo významný.

Úpravna uranové rudy MAPE Mydlovary, jejíž provoz byl ukončen, představuje v současné době málo významný zdroj znečištění povrchových vod. Průsakové vody z odkaliště jsou čištěny. Geogenní pozadí v nejbližším

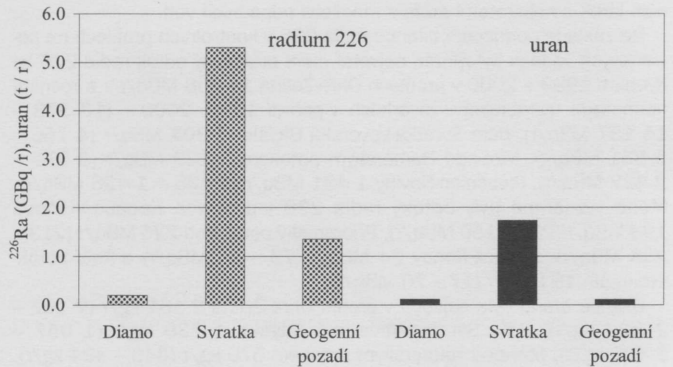
Obr. 7. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Okrouhlá Radouň, v Račím potoce v profilu Nekrasín a geogenní pozadí v Račím potoce v profilu Nekrasín za dvouletí 1999 a 2000



kontrolním profilu na Vltavě zcela překrývá příspěvek tohoto zdroje znečištění.

Oblast Dolní Rožínka představuje komplex zařízení DIAMO, s. p., o. z. GEAM, jak bylo podrobně uvedeno výše, s odpadními vodami odváděnými zejména do řeky Loučky a Nedvědičky. Pod soutokem těchto řek je nejbližší profil ČHMÚ, resp. Povodí Moravy, s. p., Svratka-Veverská Bitýška. Porovnání bilance radioaktivních látek ve zdrojích znečištění a v povrchových vodách je uvedeno na obr. 8. Podle grafického zpracování na obr. 8 je zřejmé, že bilance radioaktivních látek v řece Svratce v profilu Veverská Bitýška je významně vyšší v ukazatelích radium 226 a uranu než bilance stejných radionuklidů v důlních vodách. Příspěvek geogenního pozadí je relativně nízký. Potvrzuje se tak, podobně jako v oblastech Příbram a Zadní Chodov, že vliv splachů z terénu a průsaků z odvalu významně přispívá k zatížení povrchových vod radioaktivními látkami.

Obr. 8. Roční průměrná bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., Dolní Rožínka, v řece Svratce v profilu Veverská Bitýška a geogenní pozadí v řece Svratce v profilu Veverská Bitýška za dvouletí 1999 a 2000



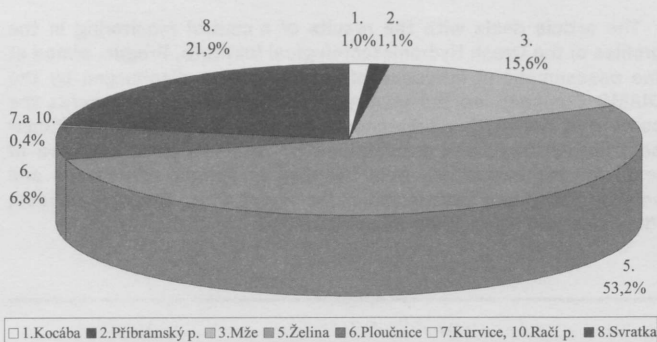
Lokalita Pucov na jižní Moravě představuje relativně malý zdroj znečištění. Blízký kontrolní profil v síti ČHMÚ není. V nejbližším profilu Jihlava-Ivančice nejsou sledovány jednotlivé radionuklidy, z odhadu bilance radioaktivních látek v tomto profilu vyplynulo, že tento vzdálenější profil již není využitelný jako kontrolní z hlediska lokality Pucov.

V povodí řeky Odry nejsou evidovány zdroje znečištění z těžby uranu. Sledování obsahu radioaktivních látek prováděné vodohospodářskou radiologickou laboratoří Povodí Odry, s. p., přispívá k vymezení znalostí o geogenního pozadí, resp. výskytu radioaktivních látek na tocích nezatížených významnějšími zdroji radioaktivního znečištění.

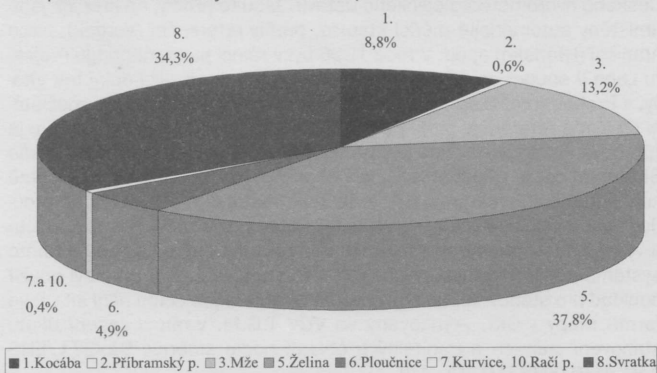
Relativní zatížení jednotlivých hodnocených kontrolních profilů radium 226 po odečtení příspěvku geogenního pozadí je pro období 1999–2000 uvedeno na obr. 9. Z tohoto zpracování vyplývá, že nejzatíženějším tokem je řeka Ohře, kterou v kontrolním profilu Želina protéká 53,2 % z celkové bilance aktivity radia 226, následuje Svratka-Veverská Bitýška 21,9 %, Mže-pod soutokem s Hamerským potokem 15,6 %, Ploučnice-Noviny 6,8 %, Příbramský potok-ústí 1,1 %, Kocába-Višňová 1,0 % a ostatní hodnocené profily Kurvici-Ronov a Račí potok-Nekrasín zbyvajících 0,4 %.

Obdobně hodnocení zatížení jednotlivých kontrolních profilů pro uran také po odečtení příspěvku geogenního pozadí je uvedeno na obr. 10. Z tohoto zpracování vyplývá, že nejzatíženějším tokem je také řeka Ohře, kterou v kontrolním profilu Želina protéká 37,8 % z celkové bilance uranu, následuje Svratka-Veverská Bitýška 34,3 %, Mže-pod soutokem

Obr. 9. Roční průměrná bilance radia 226 po odečtení příspěvku geogenního pozadí v hodnocených kontrolních profilech za dvouletí 1999 a 2000



Obr. 10. Roční průměrná bilance uranu po odečtení příspěvku geogenního pozadí v hodnocených kontrolních profilech za dvouletí 1999 a 2000

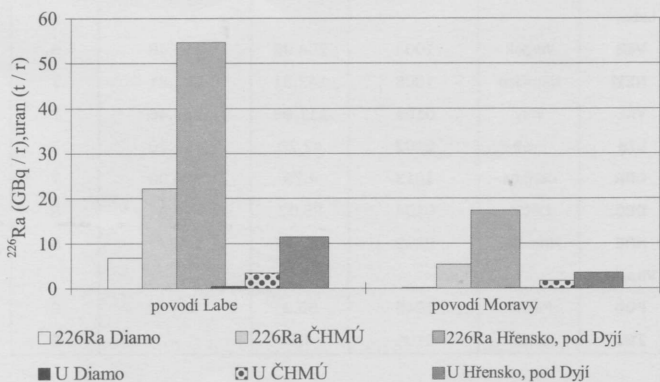


s Hamerským potokem 13,2 %, Kocába-Višňová 8,8 %, Ploučnice-Noviny 4,9 %, Příbramský potok-ústí 0,6 % a ostatní hodnocené profily Kurvice-Ronov a Račín potok-Nekrasín zbyvajících 0,4 %.

Z porovnání bilance radia 226 a uranu v kapalných odpadech podle evidence DIAMO, s. p., a hodnocení bilance stejných radioaktivních látek na základě výsledků kontrolního monitoringu v příslušných profilech povrchových vod ČHMÚ sledovaných vodohospodářskými radiologickými laboratořemi podniků Povodí je zřejmý významný příspěvek splachů a průsaků z území těžby a zpracování uranu, s výjimkou lokality Stráž pod Ralskem, resp. řeky Ploučnice. Jestliže součet bilance radia 226 a uranu po odečtení příspěvku od geogenního pozadí v kontrolních profilech povrchových vod ČHMÚ porovnáme s bilancí podchycených zdrojů znečištění, zjišťujeme, že za období 1999–2000 podchycené zdroje představovaly v průměru 26 % v případě radia 226 a 12 % v případě uranu.

Porovnání bilance radioaktivních látek ve zdrojích znečištění, v kontrolních profilech pod zaústěním odpadních vod DIAMA, s. p., a v profilech Labe-Hřensko a Morava-pod soutokem s Dyjí je ilustrováno na obr. 11. Ze souhrnného zpracování je zřejmé, že bilance těchto radio-

Obr. 11. Součet roční průměrné bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., a v povrchových vodách v kontrolních profilech ČHMÚ v povodí Labe a roční bilance v profilu Labe-Hřensko a součet roční průměrné bilance radia 226 a uranu ve vypouštěných odpadních vodách DIAMA, s. p., a v povrchových vodách v kontrolních profilech ČHMÚ v povodí Moravy a roční bilance v profilu Morava-pod soutokem s Dyjí za dvouletí 1999 a 2000



uklidů podchycená v kontrolních profilech v blízkosti nejvýznamnějších lokalit DIAMA, s. p., představuje stále relativně významný podíl na bilanci radioaktivních látek odtékajících z povodí Labe a povodí Moravy. V případě profilu Labe-Hřensko podíl radia 226 podchycený v kontrolních profilech představuje 41 % a podíl uranu 30 %. V případě Moravy-pod soutokem s Dyjí je podíl radia 226 z kontrolních profilů 31 % a podíl uranu 50 %.

Závěr

Z podkladů DIAMO, s. p., o bilanci radioaktivních látek, jmenovitě radia 226 a uranu, uvolňovaných do životního prostředí s odpadními vodami z lokalit trvajících a ukončených těžby uranových rud vyplývá, že tyto výpusti přispívají k zvýšeným objemovým aktivitám radia 226 a koncentracím uranu v úsecích toků pod zaústěním těchto odpadních vod.

Hodnocení výsledků kontrolního monitoringu ve státní pozorovací síti ČHMÚ realizovaného ve spolupráci s vodohospodářskými radiologickými laboratořemi podniků Povodí potvrdilo vliv vypouštěných důlních vod DIAMA, s. p., na jakost povrchových vod v ukazatelích obsahu radioaktivních látek. V lokalitách na Příbramsku, v Zadním Chodově a Dolní Rožnice byl na základě tohoto monitoringu a bilančního hodnocení odtoku radioaktivních látek identifikován významný příspěvek splachů z území těžby uranových rud, průsaků z odvalů hlusiny a odkališť. Přitom byl při bilančním hodnocení v kontrolních profilech odečítán příspěvek přirozeného geogenního pozadí.

Podle bilančního vyjádření odtoku radia 226 a uranu představuje nejzatíženější tok řeka Ohře, dále pak následují Svratka, Kocába, Ploučnice a Mže. Zatížení při bilančním hodnocení je méně významné u Příbramského potoka, Kurvice a Račíného potoka. V případě řeky Ohře lze očekávat zlepšení stavu po uvedení do provozu čistírny důlních vod v Horním Slavkově v roce 2001.

I když došlo v důsledku utlumení těžby a zahájení sanačních prací hlavně po roce 1990 ke snížení zatížení vodního prostředí odpady z těžby uranu, je zvýšený výskyt přírodních radionuklidů, zejména radia 226 a uranu, v povrchových vodách zjišťován i nadále v oblastech dřívější, resp. přetrvávající těžby. Bilance radioaktivních látek ze zdrojových oblastí kontaminace představuje i významný podíl na jejich odtoku v profilech Labe-Hřensko a Morava-pod soutokem s Dyjí.

Výsledky kontrolního monitoringu ČHMÚ a podniků Povodí poskytují nezbytné doplňující informace o kontaminaci hydrosféry radioaktivními látkami. Zpracované bilanční hodnocení odtoku radioaktivních látek v kontrolních profilech upřesnilo poznatky o míře kontaminace jednotlivých toků radioaktivními látkami. Výsledky je možné využít k upřesnění inspekčního monitoringu v nejzatíženějších lokalitách, za které je možné pokládat povodí Ohře, povodí Mže, povodí Kocáby a povodí Svratky. Jako účelné se při tomto inspekčním monitoringu ukazuje rozšířit spektrum zjišťovaných radionuklidů a vedle standardního sledování vzorků vody zařadit analýzy plavenin a dnových sedimentů a biomasy vodních rostlin a organismů.

Ing. Eduard Hanslík, CSC., Pavel Šimonek, VÚV T.G.M. Praha, tel.: 02/2019 7269

Mgr. Mark Rieder, Český hydrometeorologický ústav Praha

RNDr. Karel Forejt, Povodí Vltavy, s. p., Praha

Ing. Jiří Medek, Povodí Labe, s. p., Hradec Králové

Ing. Ladislav Vondrák, Povodí Ohře, s. p., Teplice

RNDr. Karel Jahn, CSC., Povodí Moravy, s. p., Brno

Ing. Jiří Jusko, Povodí Odry, s. p., Ostrava

Literatura

- [1] Hanslík, E. aj. Porovnání bilance radioaktivních látek v odpadních vodách z těžby uranu a v povrchových vodách v roce 1999. VTEI, 43, 2001, 1, s. 5–8.
- [2] Stav jednotlivých složek životního prostředí s. p. DIAMO v roce 1999. DIAMO, s. p., Stráž pod Ralskem, 2000.
- [3] Zpráva o stavu složek životního prostředí a výsledcích monitoringu složek životního prostředí za rok 2000. DIAMO, s. p., o. z. Správa uranových ložisek Příbram, 2001.
- [4] Roční zpráva o stavu složek životního prostředí a výsledcích monitoringu složek životního prostředí za rok 2000. DIAMO, s. p., o. z. Těžba a úprava uranu, Stráž pod Ralskem, 2001.
- [5] Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí v oblasti Mydlovary za rok 2000. DIAMO, s. p., o. z. Správa uranových ložisek Příbram, Provoz rekultivací a likvidačních prací Mydlovary, 2001.
- [6] Ročenka jakosti povrchových vod za rok 1999 a 2000. ČHMÚ Praha, 2000, 2001.
- [7] Výsledky sledování radioaktivních látek v povrchových vodách za rok 1999 a 2000. Povodí Vltavy, a. s., 2000, 2001.
- [8] Výsledky sledování radioaktivních látek v povrchových vodách za rok 1999 a 2000. Povodí Labe, a. s., 2000, 2001.

- [9] Výsledky sledování radioaktivních látek v povrchových vodách za rok 1999 a 2000. Povodí Ohře, a. s., 2000, 2001.
- [10] Výsledky sledování radioaktivních látek v povrchových vodách za rok 1999 a 2000. Povodí Moravy, a. s., 2000, 2001.
- [11] Výsledky sledování radioaktivních látek v povrchových vodách za rok 1999 a 2000. Povodí Odry, a. s., 2000, 2001.
- [12] Hanslík, E. aj. Výzkum vlivu jaderné energetických zařízení na životní prostředí. Zpráva VÚV T.G.M. Praha, 1998.
- [13] Hanslík, E. aj. Kontaminace hydrosféry radioaktivními látkami. Zpráva VÚV T.G.M. Praha, 1999 a 2000.

Keywords

monitoring, radioactive substances, contamination, surface waters

BIOMONITORING VYBRANÝCH SLOŽEK EKOSYSTÉMU LABE VÝVOJ V OBDOBÍ 1993 – 1996 – 1999

Josef K. Fuksa

Klasickým přístupem ke sledování antropogenních vlivů na řeky je sledování jakosti vody. Tento typ sledování je a bude vždy nezbytný jako základní zdroj informací o stavu toku a jeho povodí a má zásadní význam v situacích, kdy je znečištění hlavním problémem z hlediska užívání vody, z estetických a zdravotních důvodů apod. Na Labi má sledování jakosti vody tradici od roku 1880 [1, 2], dnes jsou spolehlivá standardní data běžně dostupná v ročníce ČHMÚ Jakost vody v tocích [3]. S postupem poznání ovšem vystupuje další hledisko, že totiž řeka je ekosystém zahrnující řadu složek, které jsou ve stálé vzájemné interakci: koryto jako morfologickou jednotku, proudící vodu jako fyzikální činitel, chemické vlastnosti vody jako činitel ovlivňující život v toku, využitelnost vody atd., a dále biotickou složku – od driftujících bakterií, sinic a řas po ryby s aktivním pohybem, od organismů stabilizovaných v sedimentech a biofilmech po makrovegetaci rostoucí v korytě nebo u břehů. Antropogenní vlivy se projevují na všech složkách ekosystému, jejich proporce se však v čase mění – od počátku zemědělství, které změnilo režim průtoků a skladbu unášených suspendovaných látek, a tím i sedimentaci v korytě [4], přes intenzivní protipovodňová opatření a případné úpravy pro plavbu, až po právě dozrívající éru masivního znečišťování vypouštěním koncentrovaných komunálních i průmyslových odpadů. Ekosystémový přístup odpovídá kultuře konce 20. století, to znamená s filosofií: ekosystémy jsme zdědili, a tedy nejsou jen „naše“ a musíme je předat dalším generacím v co nejlepším stavu. Samozřejmě je musíme užívat a žít v nich, to je však třeba dělat rozumným a dlouhodobě udržitelným způsobem. K tomu patří také základní rys života podél řek: nelze oddělit procesy na horním a dolním toku ani jejich obyvatele – všichni žijí u téže řeky a patří k ní. Musí tedy spolupracovat a všechny problémy řešit společně, s ohledem na celý systém, nezávisle na státních hranicích nebo místním patriotismu.

Tento přístup už po roce 1990 není problémem a vedl k řadě mezinárodních aktivit, zejména k založení Mezinárodní komise pro ochranu Labe – MKOL [5]. Z hlediska výzkumu na českém Labi je zásadní zahájení prací na Projektu Labe (1991–1994) a navazujících projektech, řešených až do současnosti [6, 7, 8]. V rámci tohoto projektu byly postupně soustředěny aktivity především biologů do jednoho dílčího úkolu standardně označovaného „Biomonitoring“. V tříletých cyklech probíhají intenzivní výzkumy vybraných složek labského ekosystému – vybraných podle jejich významnosti a metodických (a finančních) možností. Soubor stanovení zahrnuje jak klasické metodické přístupy biomonitoringu, tak prvky chemického monitoringu, jako kontaminace biomasy, sedimentů apod. Tento článek se zabývá shrnutím výsledků po třech krocích (1993 – 1996 – 1999) sledování řady standardních profilů v podélném profilu českého Labe. Uvedený ekosystémový přístup a řada použitých postupů je ve shodě s duchem i literou Směrnice Evropského parlamentu a Rady ustávající rámec činnosti Společenství v oblasti vodní politiky (2000/60/ES, dále Rámcová směrnice nebo WFD). Rámcová směrnice klade prvotní údržbu na ochranu vodních ekosystémů a na nich závislých suchozemských ekosystémů a mokřadů, tradiční princip kontroly a ochrany jakosti vody z hlediska „pouhého“ užívání v ní má význam sice velký, ale až v druhé řadě. Principem přístupu Rámcové směrnice k hodnocení povrchových vod (vodních útvarů povrchových vod) je jejich pojetí jako ekosystémů, které se antropogenní činností různým způsobem a v různé míře odchýlily od původního stavu. Protože s její implementací v ČR právě začínáme, bude tato směrnice zmiňována jen v případě přímých návazností na naše současné práce.

A balance of radioactive substances in waste water from uranium mining and milling and in surface waters in 1999 and 2000 (Hanslík, E., et al.)

The article deals with the results of a control monitoring in the profiles of the Czech Hydrometeorological Institute, Prague, aimed at the assessment of influence of mining waters discharged by the DIAMO Company, on the quality of surface waters as regards the content of radioactive substances. At some localities, a significant contribution has been ascertained by wash-off from the area of uranium ores extraction, from seepage at gangue stockyards and settling pits. From this viewpoint the Rivers Ohře, Svratka, Kocába, Ploučnice and Mže appear as most loaded.

Měrné profily

Práce jsou od roku 1993 prováděny na sérii standardních měrných profilů, identických s profily státní sítě sledování jakosti vody v tocích Českého hydrometeorologického ústavu. Jsou to profily, na kterých jsou umístěny automatické měřicí stanice, profily referenční (Verdek), nebo hraniční (Hřensko) apod. V roce 1996 byl v rámci biomonitoringu Projektu Labe II soubor profilů rozšířen o profily charakterizující dolní tok Vltavy, s Prahou (pražskou aglomerací) jako dominantním zdrojem znečištění (Zelčín a referenční profil Podolí). Základní přehled měrných profilů je zpracován v *tabulce 1*, kde je v pravém sloupci uveden „řád toku“ podle Strahlera, což je základní veličina v ekologických modelech toků, včetně konceptu říčního kontinua [9]. Je to číslo rostoucí s postupem po proudu, tedy s velikostí toku, a klasifikující toky podle větvení, resp. počtu a významnosti přítoků. Obecně lze říci, že toky stejného řádu v tomto systému mají řadu společných rysů. Pro stanovení řádu toku byl použit podklad pro stanovení řádu toku podle Strahlera pro celou říční síť ČR ve formě mapy v GIS, zpracovaný ve VÚV T.G.M. v rámci řešení úkolu stanovení citlivých a zranitelných oblastí podle směrnice 91/271/EHS a 91/676/EHS [10, 11, 12].

Sledované složky ekosystému

Sledované složky ekosystému byly vybrány z hlediska jejich reprezentativnosti pro indikaci změn v ekosystému toku a z hlediska metodických možností sledovat je standardním způsobem. Metodiky sledování byly před standardním použitím prověřeny v rámci přípravných fází Projektu Labe. Jednotlivé složky ekosystému integrují změny jakosti vody během celého životního cyklu organismů, nebo během expozice v daném říčním profilu. To umožňuje sledování změn, které nemusí být patrné při klasickém způsobu sledování změn jakosti vody, tj. prostřednictvím vzorků odebíraných v pevných časových intervalech. V případě akumulace škodlivin v různých složkách ekosystému je indikace těchto látek v biomase navíc podstatně citlivější než ve vzorcích vody. Při použití obdobných koncových analytických postupů jako u analýz vody lze totiž z velkého množství biomasy připravit podstatně koncentrovanější vzorky.

Na druhé straně působí na ekosystém i řada jiných antropogenních faktorů, než je jakost vody, resp. imisní situace. Jsou to změny charakteru koryta toku, rychlosti proudění, příčné a podélné stavby, využití pro plavbu, energetiku apod. Posouzení relativní důležitosti těchto vlivů je v současné době vzhledem k nedostatku dlouhodobě získávaných dat obtížné, zejména očekáváme-li od komplexního systému jednoduché odpovědi na příčinu, nebo vazby na změnu jediného faktoru, např. koncentrace určité znečišťující látky ve vodě. Řešení je v komplexním sledování změn systému v delším časovém období.

Tabulka 1. Přehled měrných profilů monitoringu

Označení	Název	Číslo ČHMÚ	Říční km	Km od st. hranice	Řád roku
Labe:					
VER	Verdek	1003	204,99	313,48	6
NEM	Němčice	1008	143,31	251,81	7
VAL	Valy	0101	117,95	226,46	7
LYS	Lysá	0102	42,20	150,70	7
OBR	Obříství	1013	4,73	114,00	7
DEC	Děčín	0104	88,02	21,3	8
HRE	Hřensko	0202	107,74	1,56/0	8
Vltava:					
POD	Podolí	1045	56,2	–	8
ZEL	Zelčín	0105	4,5	–	8

V ekosystémech tekoucích vod je u jednotlivých složek také nutno posuzovat, nakolik jsou vázány na profil a přilehlý úsek toku jako na habitat (= biotop), ke kterému přináší proudící voda potravu (organický uhlík), minerální živiny, znečišťující látky a ovlivňuje jeho fyzikální vlastnosti (teplotu, rychlost proudění), a nakolik jsou tyto složky profilem jen transportovány a podstatná část jejich životního cyklu se odehrává mimo profil. Jednotlivé složky tedy mají ke konkrétnímu profilu, ve kterém jsou stanoveny, resp. vzorkování, rozdílnou vypovídací schopnost např. ve vztahu k úrovni znečištění, typu koryta, dna a břehů:

- **Ichtyofauna:** Ryby jsou terminálním článkem akvatických potravních řetězců, takže integrují antropogenní vlivy na celý systém. Od dalších složek se odlišují tím, že mají aktivní pohyb po celém toku, i proti proudu. To při hodnocení výsledků znamená např. to, že kontaminace ryby ulovené v určitém profilu může pocházet ze zdroje i **pod** tímto profilem, z přítoku nebo bočních ramen hlavního toku. V tomto směru působí z hlediska metodického pozitivně paradox omezení pohybu rybích populací jezovými zdřizemi (fragmentace ekosystému). V rámci monitoringu byla stanovena druhová diverzita, postupně také u potěru, celková biomasa adultní složky a její kontaminace rtuť, popř. některými dalšími kovy, a specifickými organickými polutanty.

- **Fytoplankton** driftuje po proudu a jeho stav v měrném profilu (biomasa, druhové složení) je výsledkem procesů v celém systému nad měrným profilem – produkce dané přísunem minerálních živin, světla a teplotou vody, eliminace dané odumíráním, vyžíráním, toxickými vlivy apod. a rychlostí transportu tokem, určenou průtokem a charakterem koryta. Přířis fosforu v určitém bodě toku se tedy projevuje až níže po proudu, v proměnlivé vzdálenosti odpovídající momentální kombinaci uvedených faktorů. Biomasa fytoplanktonu byla stanovena jako koncentrace chlorofylu-a.

- **Makrozoobenthos** žijící na dně toků je poměrně pevně vázán na dno v měrném profilu. V úsecích toků se zpevněnými břehy a uměle prohlubovaným dnem je jeho výskyt podstatně omezen na příbřežní zónu [13]. Vedle permanentní fauny je tvořen temporárním podílem, tj. larvami hmyzu, které mají výrazné sezónní cykly. V průběhu monitoringu byla stanovena druhová skladba a kontaminace biomasy vybraných signálních druhů kovy (kadmium, olovo, rtuť, v roce 1999 arzen).

- **Sedimenty** jsou k měrným profilům, pokud charakter toku dovoluje jejich vytvoření, vázány velmi pevně a jsou resuspendovány a driftovaly pouze při zvýšených průtocích. V obdobích nízkých průtoků naopak vznikají sedimentací suspendovaných látek (plavenin). V rámci projektu byla stanovena kontaminace sedimentů řadou kovů a specifických organických polutantů. Byly zásadně vzorkovány sedimenty v proudících úsecích hlavního koryta, tedy jemné, nezpevněné sedimenty, které jsou součástí stálého transportu látek korytem. Kontaminace sedimentů byla sledována na dvou typech vzorků – velikostních frakcích: Frakce < 2 mm, tj. vzorky s vyříděním pouze velkých agregátů, byla analyzována v období 1991–1993 jako jediný typ a je i nadále používána pro stanovení obsahu organických polutantů apod. Analýzy frakce < 20 µm byly přijaty jako standard pro sledování obsahu kovů v rámci MKOL. V letech 1996–1999 byly proto souběžně analyzovány obě frakce, aby bylo možno navázat na „archivní vzorky“ reprezentující rok 1993. Data o koncentraci organických polutantů v sedimentech byla získávána až v rámci biomonitoringu Projektu Labe II, tedy od roku 1996.

- **Biofilmy** (též tradičně nárosty) byly stanoveny na umělých podkladech exponovaných přímo v měrných profilech ve dvou postupných expozicích po 28 dnech. Exponovaná plocha byla cca 1 m². Vliv charakteru koryta, dna, proudění apod. je tedy relativně minimální. U této složky byla stanovena kontaminace řadou kovů a specifických organických polutantů, obdobně jako u sledování sedimentů, se shodnými metodikami. Naměřené hodnoty jsou normalizovány na jednotku sušiny a nejsou tedy závislé na intenzitě tvorby biofilmu v určitém profilu, která je výsledkem řady faktorů vlastních příslušnému úseku toku, včetně faktorů fyzikálních (rychlost proudění). Výsledky jednoznačně reprezentují historii profilu za dobu expozice vzorkovacího zařízení. Jedinými technickými problémy stanovení – avšak významnými – jsou možnost ztráty zařízení při velké vodě nebo vlivem plavby (v Děčíně jej např. nelze instalovat) a vandalismus.

- **Dreissena polymorpha**, jako testovací organismus používaný v automatických stanicích v SRN, od r. 1995 též v ČR, byl také použit při expozici přímo v korytě toku, společně s expozicí desek pro sledování biofilmu. Mechanismy příjmu látek z proudící vody odpovídají spíše makrozoobenthosu, tj. získávání potravy filtrací z proudící vody. Tento testovací systém byl po dvouletém testování použit jako standardní v roce 1999.

Metody zpracování

Biomonitoring se v uváděné formě ustálil během druhé etapy stanovení, pro kterou byly provedeny příslušné metodické studie pro vzorkování, analytiku, předávání a dokumentaci výsledků, byly zpracovány databáze základních výsledků získaných v dalších projektech atd. V každé etapě je dodržován standardní postup prací, v případě změn, daných rozvojem metodik (udržujících výsledky „na úrovni doby“), je zajišťována návaznost výsledků. Terénní práce, tj. vzorkování a stanovení, jsou stan-

dardně prováděny v období srpen–listopad. To odpovídá sezónním maximům výskytu signálních organismů, obdobím relativně ustálených průtoků apod. Stanovení kontaminace biomasy signálních druhů ryb provádějí standardně Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický JČU ve Vodňanech, stanovení kontaminace biomasy signálních druhů makrozoobenthosu katedra hydrobiologie a parazitologie Přírodovědecké fakulty University Karlovy. Ostatní standardní analýzy jsou prováděny akreditovanými metodikami v laboratořích VÚV T.G.M. Vzorkovací práce odpovídají standardu mezinárodních norem ČSN (EN) ISO řady 5667. Další opatření směřující k standardnosti provedení prací spočívají v udržování stejných laboratorních postupů, analýzách stejných velikostních frakcí, v odběru směsných vzorků sedimentů a biofilmu apod. Příspěvky jednotlivých zúčastněných pracovišť jsou shrnuty v souhrnných zprávách VÚV T.G.M. za jednotlivé etapy prací [6, 7, 8].

Soubor výsledků představuje údaje založené na relativně vzácných vzorcích, odebraných v dlouhých časových intervalech. Hodnocení výsledků tedy nelze vzhledem k jejich povaze provést hromadně, resp. rutinními statistickými metodami. Změny v podélném profilu a v období 1993–1999 jsou proto hodnoceny se zřetelem na vypovídací možnosti jednotlivých výsledků, v souvislostech se změnami dalších faktorů, jako je jakost vody, průtoky nebo vypouštění odpadních vod. Pokud výsledky dovolují předpokládat časové trendy některých faktorů, je nutno počítat s tím, že každý další krok monitoringu může přinést neočekávané výsledky.

Výsledky – změny v podélném profilu Labe

Jakost vody

Ve sledovaném úseku Labe (313 km) se charakter toku výrazně vyvíjí k velké řece, včetně změn jakosti vody. Jsou zde také situovány významné zdroje znečištění, které jakost vody významně ovlivňují. Vývoj charakteristik jakosti vody (roční průměry koncentrací) v podélném profilu v jednotlivých letech sledování je patrný z obr. 1 a 2. Pro standardní charakteristiky (obr. 1) je patrné, že od profilu Valy dále už nedochází k významným změnám a že změny v čase nelze posuzovat odděleně od rozdílů průtoků v jednotlivých letech. Na grafu je patrné podstatné snížení vypouštění fosforu ze známého zdroje nad profilem Valy po roce 1996 a postupný nárůst typicky antropogenního přísunu AOX. Pro kovy (obr. 2) je typický nárůst koncentrací pod významnými průmyslovými zdroji a postupný pokles související se snižováním vypouštění, pro rtuť v roce 1999 až pod meze citlivosti běžných analytických metod. Koncentrace organických polutantů buď ještě v první etapě monitoringu nebyly sledovány (to platí i pro řadu dalších sledovaných složek), nebo jsou většinou pod mezí citlivosti analytických metod, takže nelze počítat s průměry apod.

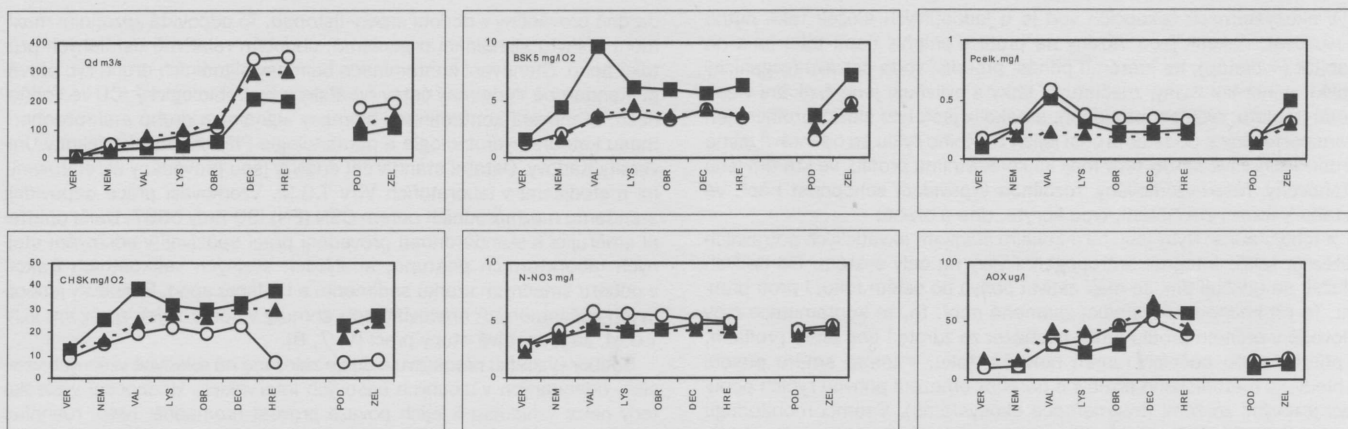
Ichtyofauna

Druhová struktura [14]: Ve sledovaném úseku lze rozlišit čtyři podúseky, určené profily Verdek, Němčice, Valy – Obříství (pravděpodobně až po Střekov) a Děčín – Hřensko. Ve směru Verdek – Hřensko stoupá počet zjištěných druhů ryb (platí pro adultní ryby). Změny počtu druhů a diverzity v čase (1993–1999) nejsou statisticky prokazatelné. Nejvýznamnějším faktorem regulujícím celkovou biomasu, druhové složení a diverzitu rybích společenstev je v současné době absence přirozených habitatů, zejména pro tření a vývoj potěru. To se projevuje např. na počtu druhů juvenilních ryb (potěru) vedle adultních, jenž je významně nižší v oblasti opevněných břehů toku. Pravděpodobně se projevuje také fragmentace rybích společenstev příčnými stavbami.

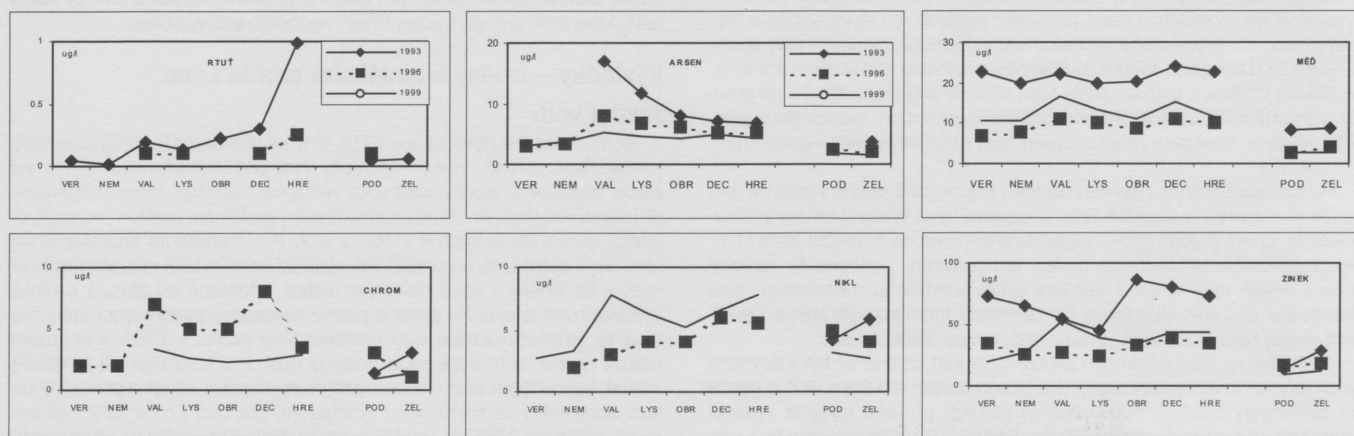
Kontaminace biomasy: Pro celé sledované období byla získána spolehlivá data o kontaminaci signálních druhů cejna a okouna rtuť [15], která byla pro srovnatelnost s ostatními hodnotami přepočtena na sušinu. Povaha dat nedovoluje provést sumární statistické zpracování dat z jednotlivých profilů a let. Z výsledků vyplývá, že kontaminace rtuť se snížila v profilech Děčín a Hřensko, v ostatních profilech zatím nelze prokázat klesající tendenci.

Fytoplankton

Zdrojem dat o biomase fytoplanktonu jsou jednorázové odběry vzorků, provedené vždy během dvou až tří dnů podél celého českého Labe v období maxima vegetační sezony (srpen). K roku 1993 jsou přiřazena data získaná v roce 1992 [6, 7, 16]. Data jsou zpracována v grafu na obr. 3, kde je na ose x vynesena reálná vzdálenost profilu od státní hranice (Hřensko). Na grafu je patrný typický nárůst biomasy směrem po proudu. Kolísání hodnot ve vzorcích odebraných prakticky současně v podélném profilu, tedy odchylky od tohoto průběhu, je dáno tím, že ve většině případů není celý systém (Labe + přítoky) v ustáleném stavu. Při průměrné době dotoku na úseku Verdek – Hřensko cca 16 dnů [7] není pravděpodobné, že by tokem nepostupovaly vlny vyšších průtoků z přítoků, které nemusí mít shodný hydrologický režim s Labem. Na obrázku je patrný vliv Jizery, Vltavy a Ohře. Fosfor je v Labi v nadbytku a produkce fytoplanktonu je kontrolována vlivy uvedenými v úvodu. Průběh hodnot v roce 1999 naopak svědčí o tom, že jakýsi ustálený stav v celém podélném profilu existoval, dokonce delší dobu, protože data jsou ve shodě s údaji předchozího a následujícího vzorkování pro ročenku ČHMÚ [3].



Obr. 1. Standardní charakteristiky jakosti vody (roční průměry) v letech 1993 (čtverečky), 1996 (kroužky) a 1999 (trojúhelníky) – Q_d , BSK_5 , CHSK-Cr, $N-NO_3$, Pcelk., AOX



Obr. 2. Koncentrace sledovaných kovů – Hg, As, Cr, Ni, Cu, Zn – ve vodě (roční průměry) v letech 1993, 1996, 1999; pokud data chybí, odpovídají hodnotám pod mezí citlivosti analytických metod

Makrozoobenthos

Druhová struktura a diverzita: Výsledky založené na rozsáhlém souboru dat a zpracované řadou metodik porovnávání [17] ukazují, že druhové složení makrozoobenthosu se v období 1993–1999 v podélném profilu českého Labe významně nemění, indicie nálezu některých dočasně zmizelých druhů svědčí o obecném zlepšování struktury společenstva [13, 17, 18]. Další změny se týkají postupu invazních druhů, zejména mlže *Dreissena polymorpha*, který je již dlouhou řadu let problémem např. v zatopených příkopych v oblasti Pardubic, a druhů migrujících z Německa proti proudu [13]. Faktorem určujícím v současné době druhovou skladbu makrozoobenthosu a četnost jedinců není znečištění, ale morfologické faktory, tj. absence přirozených habitatů v toku s opevněnými břehy, jezovými zdřezmi, prohloubeným a bagrovaným dnem apod.

Kontaminace biomasy: Sledování kontaminace biomasy makrozoobenthosu je založeno na analýzách jedinců signálních druhů (a několika velikostních skupin), které zastupují různé taxonomické skupiny zoobenthosu. Systém signálních druhů (*Asellus aquaticus*, *Bithynia tentaculata*, *Erpobdella octoculata*, *Chironomidae* sp.) byl zvolen tak, aby zajišťoval nalezení alespoň jednoho signálního druhu na všech profilech. Základní zpracování výsledků je zahrnuto ve zprávě [18], některá data byla již publikována zde [19]. Zjištěné obsahy kovů v biomase mají značnou variabilitu již vzhledem k jednotlivým signálním druhům a velikostním kategoriím, navíc k variabilitě dané lokalitou a rokem vzorkování. Nejúplnější řady dat, v podélném profilu i v čase, byly získány pro ubiquitní druh *Asellus aquaticus*. Obsahy **olova** v biomase signálních druhů v roce 1996 se obecně zvýšily proti situaci v roce 1993 a v roce 1999 mírně poklesly na úroveň roku 1993. Totéž lze konstatovat pro **kadmium** – obsahy v biomase se v roce 1996 obdobně zvýšily a v roce 1999 opět poklesly na úroveň roku 1993. Nejvyšší obsahy byly zjištěny v profilech Obříství a Lysá. Koncentrace **rtuti** výrazně poklesly v období 1993–1996 a situaci v roce 1999 lze hodnotit jako další mírný pokles. Nejvyšší obsahy rtuti v biomase byly zjištěny v profilu Obříství. Z výsledků také vyplývá poměrně stabilní kontaminace olovem ve Vltavě, často již v profilu Podolí, tj. nad Prahou jako dominantním bodovým zdrojem znečištění, což je v souladu s výsledky sledování sedimentů a biofilmů.

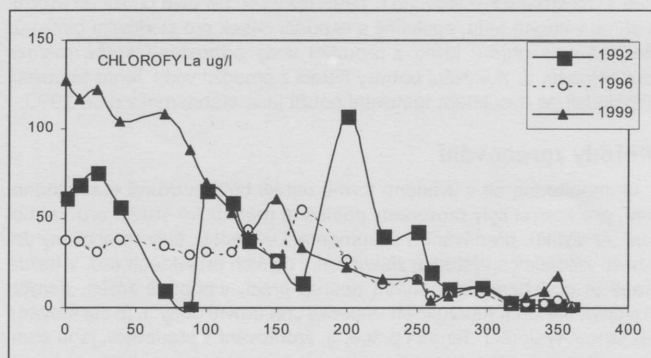
Sedimenty

Obsah kovů v sedimentech je sumárně zpracován na obr. 4 – pro frakci < 20 μm , vyjádřený v mg na kg sušiny sedimentu. Pro řadu kovů je

v podélném profilu patrná anomálie v oblasti profilů Valy a Děčín – Hřensko. Anomálie v profilu Němčice je zřejmě náhodný jev, nepotvrzený dalšími výsledky. Kromě výrazného poklesu koncentrace arzenu v celém podélném profilu a poklesu v profilu Hřensko (Hg, Cd aj.) lze situaci v období 1996–1999 považovat za stálou. Zhodnotíme-li časový průběh od roku 1993, s použitím výsledků pro frakci < 2 mm, můžeme konstatovat výraznější pokles v období 1993–1996 a dále již jen mírný pokles.

Obsah organických polutantů: Pro posouzení změn v období 1996 až 1999 (pro starší období nejsou údaje) jsou k dispozici standardní data o organochlorových pesticidech a polyaromatických bifenylech (PCB). Jak vyplývá z přehledného grafu na obr. 5, pro všechny sledované organické polutanty, kromě hexachlorbenzenu (HCB), bylo v roce 1999 zjištěno podstatné zlepšení, tedy snížení jejich obsahu v sedimentech. Obsah HCB se v profilu Děčín ještě zvýšil (z 446 na 656 $\mu g/kg$), v profilu Hřensko se snížil z 823 na 284 $\mu g/kg$. Obsahy g-HCH (lindanu) se ve většině případů snížily pod mez citlivosti analytických metod a s výjimkou profilu Obříství významně poklesly i obsahy DDT. Problém DDT však zůstává stále otevřený, protože jeho zdrojem jsou zřetelně skládky a lokální deponie, ve kterých jsou uložena neznámá množství DDT a analogů.

Obr. 3. Celková biomasa fytoplanktonu jako koncentrace chlorofylu-a v podélném profilu Labe (srpen 1992, 1996, 1999, data B. Desortová); osa x – vzdálenost od státní hranice (Hřensko)



Vzhledem k tomu, že přísun z těchto skládek jako nebudových zdrojů je jistě ovlivněn sezonním vývojem srážek apod., tj. jejich emise nejsou spojitě, je jejich identifikace sledováním akumulace v sedimentech, biofilmech, Dreisseně apod. možná jen rámcově. Tyto deponie představují stálou zátěž životního prostředí a měly by být vyhledávány pozemním průzkumem, kterému musí předcházet rozbor historie výroby, aplikace a ukládání příslušných pesticidů.

Sumární koncentrace polychlorovaných bifenyly v sedimentech se proti roku 1996 rovněž významně snížily i ve vltavských profilech, kde byly v profilu Podolí v roce 1996 zjištěny vysoké koncentrace PCB. Můžeme sice konstatovat, že v roce 1999 již situace ve Vltavě odpovídá současné, tj. podstatně zlepšené situaci na Labi, nicméně nezanedbatelný přísun PCB Vltavou by měl být dále sledován, včetně procesů v úseku Mělník – Děčín. Kontaminace v oblasti nad profilem Valy se sice proti roku 1996 výrazně snížila, zůstává však stále na vysoké úrovni a ovlivňuje značný úsek toku (viz dále).

Biofilmy

Sledování biofilmů je od roku 1993 prováděno shodnou metodikou a umožňuje získávání standardních informací o procesech v měrném profilu nezávisle na režimu průtoku, sedimentů apod. Získané výsledky významně komunikují s výsledky sledování sedimentů.

Obsah kovů v biofilmech je přehledně zpracován na obr. 6. Výsledky ukazují pokles zátěže od roku 1993 jen v některých případech, např. pro měď v úseku Valy – Obříství, nebo olovo v profilech Lysá a Obříství. Pokles v období 1993–1996 byl v mnoha případech kompenzován vzrůstem v roce 1999. Charakter změn v období 1996–1999 v podélném profilu odpovídá do značné míry změnám obsahu kovů ve frakci sedimentů < 20 µm. Shodné jsou zejména nárůsty obsahu rtuti v profilech Valy a Obříství a pokles obsahu arzenu. Z hlediska indikace zatížení labského ekosystému (v podélném profilu) je zřejmě nejpodstatnější zvýšení zátěže rtutí pod profilem Valy (biofilm, jemná frakce sedimentů).

Obsah organických polutantů (obr. 7) odpovídá v podélném profilu zatížení sedimentů. Zásadní význam má přísun v oblasti nad profilem Valy, od kterého se významně zvyšuje obsah g-HCH a polychlorovaných bifenyly (stanovených jako suma kongenerů a DELOR 103), zejména PCB 52 a dalších nízkochlorovaných kongenerů. Tato zátěž se v profilu Valy v čase zřejmě postupně snižuje, nicméně je stále zásadní. Další

zdroj PCB je indikován nad profilem Hřensko (v profilu Děčín nejsou biofilmy sledovány), kde se obsah PCB v období 1996–1999 zvýšil. Obecně se v biofilmu zvýšily obsahy hexachlorbenzenu (HCB), což ovšem může souviset s úpravou metody extrakce. Stálým problémem zůstává transport DDT ze starých deponií Labem (i Vltavou).

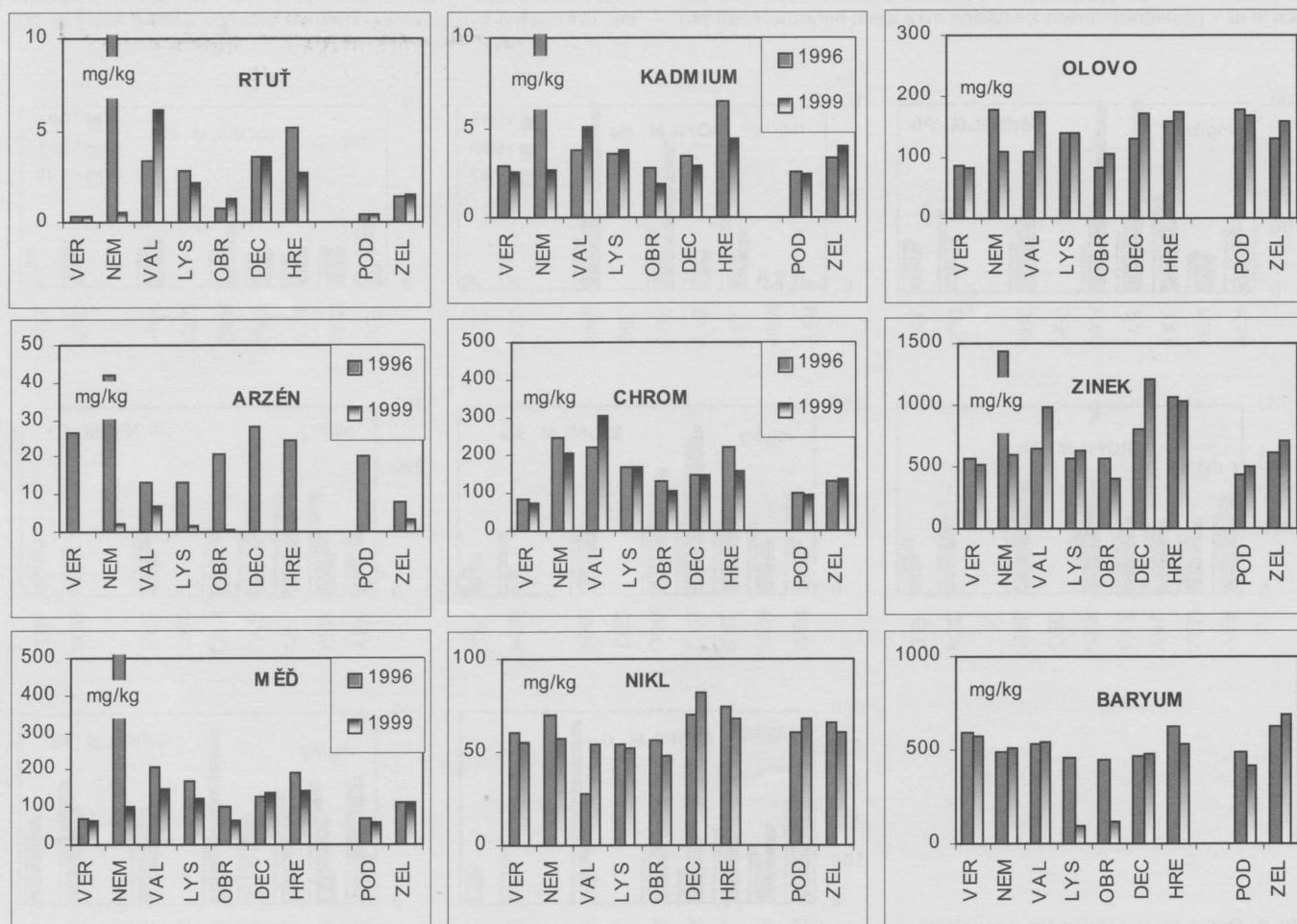
Monitoring s mžem *Dreissena polymorpha*

Stanovení akumulace v Dreisseně byla prováděna expozicemi shodnou se stanovením biofilmů (expozice 56 dní, tj. přes dvě expozice biofilmů). V plném rozsahu labského biomonitoringu byla stanovení provedena v roce 1999. Po odečtení hodnot slepých stanovení nebyla zjištěna průkazná akumulace kovů, naopak hodnoty byly často teoreticky záporné. Naopak velmi intenzivní je akumulace organických polutantů. V Dreissenách nebyly zjištěny stanovitelné koncentrace analogů HCH (pod mezí citlivosti 1,0 µg/kg), maximální zjištěné obsahy hexachlorbenzenu (HCB) byly 8,5 µg/kg sušiny (Hřensko). V profilu Valy byla zjištěna výrazná změna v koncentraci a skladbě kongenerů PCB, obdobná zjištěním v sedimentech a biofilmech, s jistými rozdíly: v Dreisseně se v profilu Valy objevují výrazná zvýšení obsahu kongenerů PCB 52 a 101 – sedimenty indikují zvýšení kongenerů 28, 52, 101, 118, biofilmy zvýšení kongenerů 28 a 52. Získaný soubor výsledků s tímto indikátorem vede k předpokladu, že v „čistých“ profilech vede k nadhodnocení kontaminace v souvislosti s tím, že testovací organismy zde musí profiltrovat více vody ke krytí svých potravních nároků.

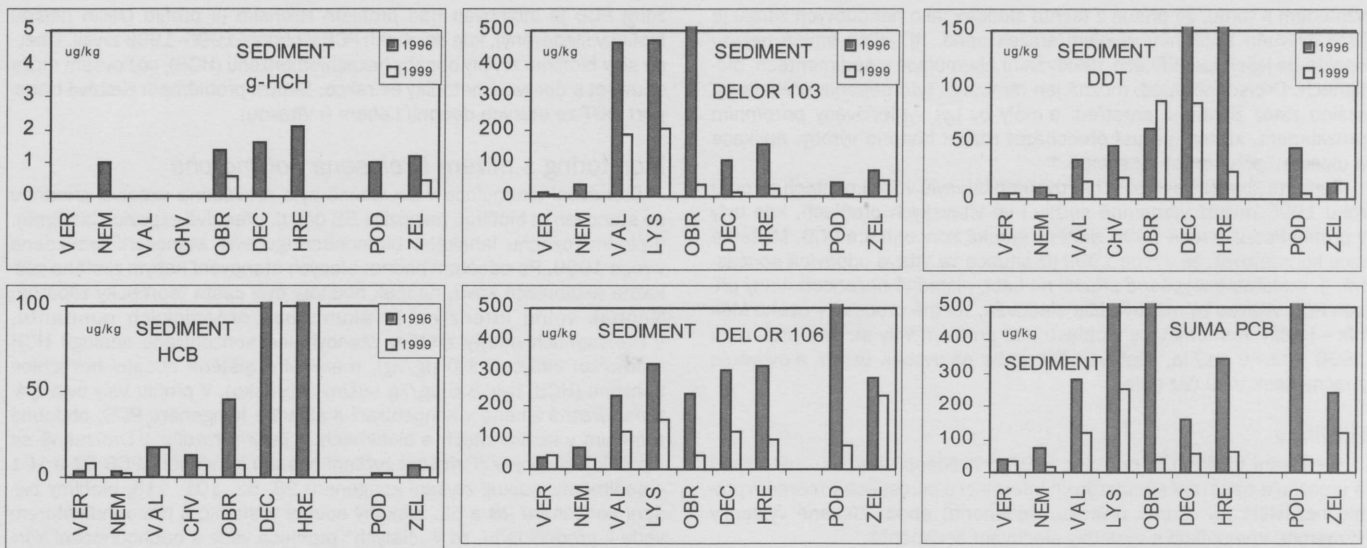
Sumarizace výsledků

Celkový stav ekosystému

Druhovú skladbu ichtyofauny a makrozoobenthosu v současné době není zásadně ovlivněna kontaminací – jak nespecifickým organickým znečištěním (ovlivňujícím mj. kyslíkový režim toku), tak kovy a specifickými organickými polutanty. Kontaminace biomasy signálních druhů však jednak svědčí o stálém zatížení ekosystému, jednak umožňuje vstup kontaminujících látek do potravních řetězců. Ovšem, ovlivnění životních projevů organismů polutanty zatím není až na výjimky (toxicita) prokázáno a je pravděpodobné, že podrobný monitoring předpokládaný Rámcovou směrnicí povede k jeho průkazu. Druhovú skladba a diverzita je ale významně ovlivněna antropogenními změnami morfologie koryta



Obr. 4. Obsah kovů v sedimentech (frakce < 20 µm) v období 1993–1999



Obr. 5. Obsah vybraných organických polutantů v sedimentech (frakce < 2 mm) v období 1996–1999

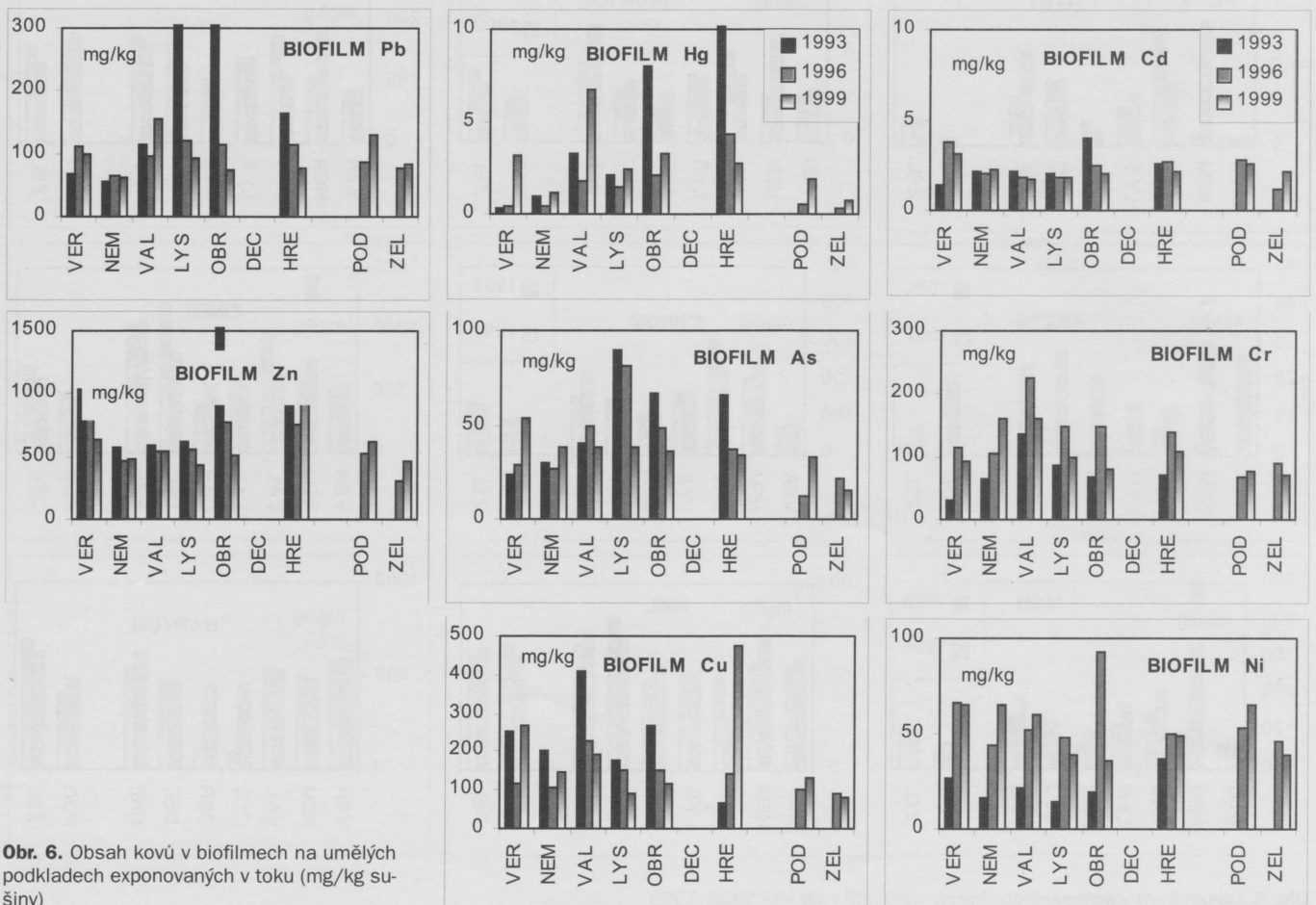
a režimem průtoků – zlepšování ekosystému by se mělo zaměřit na tyto prvky, při zachování povodňové ochrany a udržení (ne rozšiřování) dalších současných funkcí velkého toku. To je další předpoklad Rámcové směrnice, a to i pro silně modifikované vodní útvary.

Kontaminace všech sledovaných složek: Obecně lze konstatovat odpověď v souladu s vývojem vypouštění – rychlejší snížení v období 1993–1996, pak již pomalejší pokles. Od roku 1999 se však především ukazuje, že standardní systém sledování jakosti vody již není dostatečně účinný. Je to samozřejmě dáno obecným poklesem znečištění za posledních 10 až 15 let, ale pro specifické polutanty je systém nedostatečný. Jednak stoupá význam specifických polutantů, které se nyní dostávají do relativně čistého toku, jednak s poklesem nespécifického organického znečištění klesá intenzita biodegradčních procesů v toku (to platí např. i pro denitrifikaci). Na druhé straně řada specifických polutantů je vypouštěna až v posledních letech, pro řadu dalších je až v posledních letech zjišťována míra jejich nebezpečnosti pro

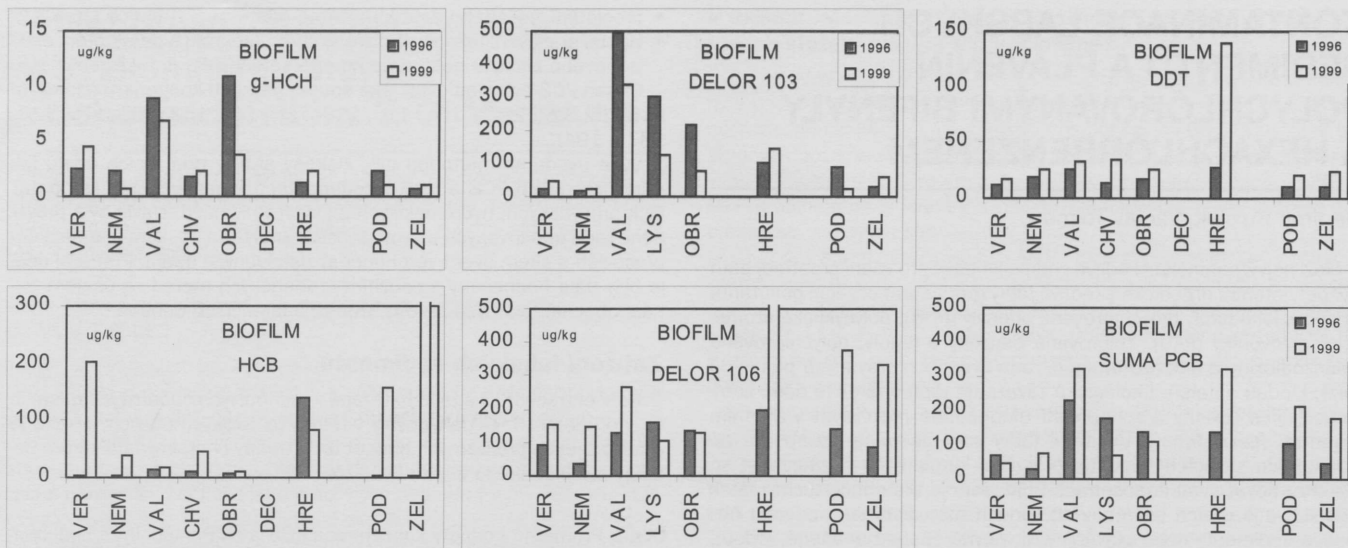
ekosystém, nebo pro využití vody. Vedle známých nebezpečných látek jako PCB jsou to také např. léky nebo farmaka (včetně látek s estrogením účinkem), které do vodních ekosystémů zprostředkovatně vylučuje občas každý.

Zásadním problémem na Labi je dnes vypouštění nad profilem Valy, tedy přítok z Velké strouhy, resp. Kanálu A, sváděcího odpadní vody z chemických výrob. Jeho vliv se sice v Labi po zředění projevuje na standardním spektru sledovaných charakteristik jakosti vody jen omezeně, na sledovaných složkách ekosystému je však jasně patrný. Nezávisle na celkových koncentračních změnách je zde např. typický posun spektra kongenerů PCB akumulovaného sedimenty, biofilmy, Dreissenou i rybami. Samozřejmě lze stanovit pořadí dalších problémů, včetně přisunu znečišťujících látek Vltavou.

Biomonitoring Labe předpokládá další „standardní“ etapu sledování v roce 2002. Jeho metodické postupy a know-how (ichtyofauna, biofilmy, Dreissenou) byly použity v Pilotním projektu ČHMÚ, který je pro-



Obr. 6. Obsah kovů v biofilmech na umělých podkladech exponovaných v toku (mg/kg sušiny)



Obr. 7. Obsah vybraných organických polutantů v biofilmech ($\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny)

střednictvím smluvních partnerů aplikován na rostoucí počet profilů státní sítě sledování jakosti vody. Výsledky za rok 1999 již byly zčásti publikovány v ročence [3]. K tomu je nutno konstatovat, že bez základních dat ročenek ČHMÚ nemůže žádný specializovaný monitoring existovat, ani monitoring (tři typy) předepisovaný Rámcovou směrnicí.

Při aplikaci Rámcové směrnice lze očekávat nové perspektivy. Směrnice jednak předpisuje řadu stanovení látek a faktorů, které jsme zatím nesledovali, jednak vychází z celkového hodnocení ekosystémů, včetně morfologických faktorů atd. V ČR je k tomu rozpracována řada postupů hodnocení jednotlivých složek systému, které jsou ve shodě s evropským standardem. Časový program implementace Rámcové směrnice v tomto směru požaduje poměrně svižné tempo, zejména pro přistupující státy. Do něj se jistě brzy dostaneme – jak v rámci řízení a koordinace s Evropou, tak v rámci hmotných prostředků nezbytných pro každou práci.

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.
VÚV T.G.M., tel. 02/2019 7330
josef_fuksa@vuv.cz

Literatura

- [1] Ullik, F. Bericht über die Bestimmung der während eines Jahres im Profil von Tetschen sich ergebenden Qualitätsschwankungen der Bestandtheile des Elbewassers und der Mengen der von letzterem ausgeführten löslichen und unlöslichen Stoffe. Pojednání Král. čes. spol. nauk VI(10), 1880, s. 1–58.
- [2] Hanamann, J. Lučebná povaha tekoucích vod českých. II. díl. Hydrochemie Labe. Archiv pro přírodovědecký výzkum Čech X(5), 1899, s. 1–95.
- [3] Kubát, J., Rieder, M., Vejvodová, J., Laubová, A., Remenárová, D., Leontovychová, D., Junová, D., Kodeš, V. a Kopecká, E. Jakost vody v tocích 1999. Praha, Český hydrometeorologický ústav, 2000, materiál na nosiči CD.
- [4] Vašků, Z. Historické labské povodně v tomto tisíciletí. Vědecké práce VÚMOP, 2001, 12, s. 167–176.
- [5] Akční program Labe. Magdeburk, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 1995, 22 s.
- [6] Punčochář, P., Desortová, B., Fiala, M., Fuksa, J., Kovář, P., Liška, M., Stuchlík, E. a Vostradovský, J. Základy biomonitoringu a sledování kontaminace biomasy organismů v Labi. Závěrečná zpráva hlavního úkolu 03.04. Projektu Labe, Praha, VÚV T.G.M., 1995, 54 s.
- [7] Fuksa, J. K., Slavík, O., Desortová, B., Kovář, P. a Kokeš, J. Biomonitoring ekosystému Labe – srovnání situace v roce 1993 a 1996. Etapová zpráva úkolu, Praha, VÚV T.G.M., 1997, 101 s.
- [8] Fuksa, J. K., Baudišová, D., Desortová, B., Havel, L., Koza, V., Slavík, O., Stuchlík, E., Štastný, V., Vykusová, B. a Vilímeček, J. Cyklický monitoring vybraných složek ekosystému Labe. Etapová zpráva úkolu, Praha, VÚV T.G.M., 2000, 65 s.
- [9] Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., and Cushing, C.E. The river continuum concept. Can. J. Fisheries. Aquat. Sci. 37, 1980, s. 130–137.
- [10] Rosendorf, P. aj. Návrh vymezení citlivých oblastí. Etapová zpráva výzkumného úkolu, Praha, VÚV T.G.M., 2000, 52 s.
- [11] Rosendorf, P., Prchalová, H., Matoušová, L. a Tušil, P. Citlivé oblasti. Vodní hospodářství 51, 2001, s. 181–184.

- [12] Prchalová, H., Rosendorf, P. aj. Zranitelné oblasti. Vodní hospodářství 51, 2001, s. 185–186.
- [13] Scholl, F., Fuksa, J. Makrozoobenthos Labe od Krkonoš po Cuxhaven. Praha, VÚV T.G.M., 2000, 29 s. Das Makrozoobenthos der Elbe vom Riesengebirge bis Cuxhaven. Koblenz, BfG, 2000, 29 s.
- [14] Slavík, O. aj. Sledování druhové struktury ichtyocenóz. Etapová zpráva pro úkol Cyklický monitoring vybraných složek ekosystému Labe, Praha, VÚV T.G.M., 2000, 17 s.
- [15] Svobodová, Z., Vykusová, B., Kolářová, J. a Vajcová, V. Zpráva o řešení projektu VaV/510/1/99 – Projekt Labe III, cyklický monitoring. Vodňany, VÚRH JČU, 2000, 69 s.
- [16] Desortová, B. Fytoplankton ve vztahu k chemickým a hydraulickým parametřům. Roční etapová zpráva DÚ 02 Projektu Labe – III, Praha, VÚV T.G.M., 1999.
- [17] Kokeš, J. Hodnocení makrozoobenthosu. Etapová zpráva úkolu Cyklický monitoring vybraných složek ekosystému Labe. Praha, Brno, VÚV T.G.M., 2001, 13 s. + přílohy.
- [18] Stuchlík, E., Liška, M., Horecký, J., Lapšanská, N., Beran, L., Chvojka, P., Krno, I. a Matěna, J. Změny druhové skladby makrozoobenthosu a jeho kontaminace vybranými škodlivinami v Labi a dolní Vltavě. Studie pro dílčí úkol 04 „Cyklický biomonitoring“ Projektu Labe III. Praha, PŘF UK, 1999, 19 s. + přílohy.
- [19] Liška, M. Makrozoobenthos – indikátor stopových prvků v povodí Labe se zaměřením na rtuť. Vodní hospodářství 45, 1995, 4, s. 109–111.

Keywords

Elbe, ecosystem, monitoring, fish fauna, benthos, sediments, biofilms, EU Water Framework Directive

Biomonitoring of selected components of the River Elbe ecosystem - results of the period 1993 - 96 - 99 (Fuksa, J. K.)

Selected aquatic components of the Elbe ecosystem were monitored in three-year periods on seven profiles representing the longitudinal profile of the Czech stretch of Elbe: Fish fauna (biomass, species diversity, contamination of signal species - perch and bream - by mercury), phytoplankton (development of biomass in the longitudinal profile in one situation during the summer peak of biomass), macrozoobenthos (species diversity and contamination of signal species by mercury, lead and cadmium), sediments (large scale of metals and organic pollutants) and biofilms formed on artificial substrata exposed in the river (1 m² area, analyses same as for sediments). During 1999 also system of zebra mussel exposed in the river has been used.

Data show that response of ecosystem is consistent with general decrease in discharge of pollutants, though slow and not very consistent. After the substantial decrease of pollution discharge in early nineties, system of monitoring used is more sensitive than classic water quality monitoring and clearly shows specific point of pollution. Factors like species diversity are more dependent on the morphological state of the river channel (loss of natural habitats) than on the pollution. The philosophy and methodology used is in compliance with that of EU Water Framework Directive.

KONTAMINACE LABSKÝCH SEDIMENTŮ A PLAVENIN POLYCHLOROVANÝMI BIFENYLY A HEXACHLORBENZENEM

Vladimír Kužílek, Václav Tolma

Mezi nejvýznamnější škodlivé chemické látky pro vodní prostředí patří tzv. perzistentní organické škodlivé látky (persistent organic pollutants – POPs), jako např. polychlorované bifenylly (PCB), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), chlorované benzeny a fenoly, polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany či řada organochlorovaných pesticidů (DDT, Lindan a další). Ekologická závažnost těchto látek je dána kombinací jejich toxicity a schopnosti dlouhodobě přetrvávat v životním prostředí (perzistenci). Uvedené látky mají dokonce schopnost se v některých složkách životního prostředí kumulovat, tj. zadržovat se zde a zvyšovat svou koncentraci. Příkladem je distribuce těchto látek v říčních a jezerních povrchových vodách mezi vodnou a pevnou fází (dnové sedimenty nebo plaveniny, tj. pevné částice unášené vodou). Vzhledem k malé rozpustnosti ve vodě a naopak ochotě sorbovat se na pevné povrchy přecházejí tyto látky z vodné do pevné fáze a kumulují se v sedimentech. Při zvýšených průtocích jsou pak sedimenty odtrženy ode dna řeky a výrazně se zvyšuje obsah plavenin v říčním toku, který je tak druhotně kontaminován škodlivými látkami sorbovanými na jejich pevných částicích. Z těchto důvodů je monitorování kontaminace sedimentů a plavenin často významnější než monitorování vody, neboť postihuje zatížení vodního tělesa v dlouhodobějším časovém horizontu.

Uvedenou problematiku se zabývala a zabývá řada projektů, např. „Projekt Labe“ nebo mezinárodní německo-české projekty „Sledování a hodnocení zatížení Labe a jeho přítoků škodlivými látkami“ a „Vnos a výskyt polychlorovaných bifenylů (PCB) v Labi“. Posledně jmenovaný projekt, který byl řešen ve spolupráci VÚV Praha a BfG Berlín v letech 1996–1999, se cíleně a detailně věnoval problematice zatížení labských sedimentů a plavenin polychlorovanými bifenylly a hexachlorbenzenem (HCB). Článek přináší shrnutí poznatků, které byly v rámci řešení tohoto projektu zjištěny.

Odběr vzorků a použitá analytická metoda

Vzorky sedimentů na českém úseku Labe byly odebírány dvakrát ročně v cyklu jaro – podzim v letech 1996–1998 v 15 profilech, z nichž 11 leželo přímo v podélném profilu Labe a 4 v koncových profilech hlavních labských přítoků (Jizera, Vltava, Ohře a Blžina). Odběrová místa byla vybrána tak, aby zachytila vliv potencionálních zdrojů kontaminace PCB a HCB, tj. velké chemické závody a městské aglomerace (tabulka 1). Sedimenty byly odebírány pomocí potápěčů.

Vzorky plavenin byly odebírány jednak průtočnou odstředivkou a jednak ze sedimentačních nádrží monitorovacích stanic MKOL.

Obsah PCB a HCB v odebraných vzorcích byl zjišťován analytickou metodou zahrnující následující kroky:

- extrakce analyzovaných látek vhodným organickým rozpouštědlem v ultrazvukové vaně nebo Soxhletově přístroji,

- přečištění získaného extraktu včetně odstranění rušivých látek,
- vlastní stanovení pomocí plynového chromatografu s detektorem elektronového záhytu nebo hmotnostně selektivním detektorem.

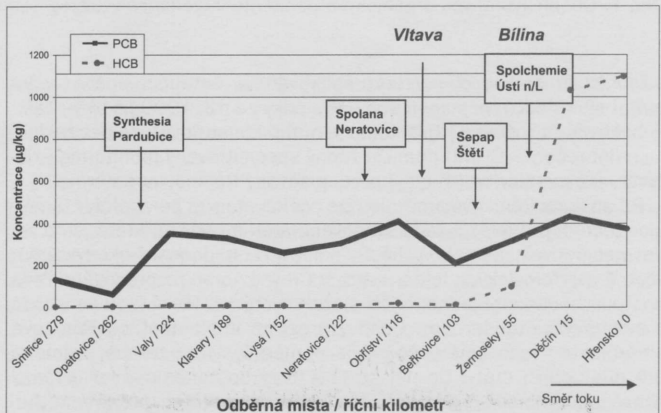
Obsah PCB byl vyjadřován jako součet patnácti kongenerů (izomerů) PCB (28, 31, 52, 77, 101, 110, 118, 138, 149, 153, 163, 170, 180, 187 a 194).

Výše uvedenou metodou byly získány stovky primárních údajů jak o koncentracích PCB a HCB v sedimentech a plaveninách, tak o dalších analytických, hydrologických a jiných veličinách. Navíc byla provedena řada opakovaných a srovnávacích analýz na českém i německém pracovišti s cílem ověřit věrohodnost získávaných údajů. Primární údaje byly dále hodnoceny s použitím statistických metod za účelem získání obecněji platných závěrů, trendů a bilančních odhadů.

Zatížení labských sedimentů

Koncentrace PCB a HCB nalázané v jednotlivých odběrových místech se v průběhu tří let pohybovaly v relativně širokých mezích, přesto je možno z jejich průměrných hodnot určit trendy charakteristické po podélný profil českého úseku Labe (obr. 1).

Obr. 1 Průměrné hodnoty koncentrace PCB a HCB v labských sedimentech v období 1996–1998



Pro horní část Labe nad Pardubicemi byly typické sumární koncentrace PCB v sedimentech na úrovni cca 100 µg/kg, pod Pardubicemi se však koncentrační úroveň výrazně zvyšovala a hodnoty v celé střední a dolní části českého úseku Labe se pak pohybovaly v rozmezí 200 až 500 µg/kg. Ze sledovaných přítoků Labe lze za možný zdroj kontaminace považovat pouze řeku Blžinu. Ostatní přítoky jsou kontaminovány méně než samotné Labe. Vltava díky své velké vodnosti a nižším koncentracím PCB dokonce kontaminaci Labe snižuje. Z obr. 1 je patrné, že ke zvýšení koncentrace PCB významně přispívají některé bodové zdroje kontaminace, na které bylo již v minulosti poukázováno. Jde především o chemické závody Synthesia Pardubice, Spolana Neratovice a Sepap Štětí (nyní Frantschach Pulp & Paper, a. s.). Proto byly třikrát odebrány vzorky sedimentů přímo pod výpustěmi odpadních vod z těchto závodů, s výjimkou závodu Spolana Neratovice, kde se tento záměr nepodařilo uskutečnit. Analýzy odebraných vzorků potvrdily význam těchto bodových zdrojů, neboť některé koncentrační nálezy byly značně vysoké (2 174 µg/kg pod Synthesií Pardubice a 1 842 µg/kg pod Sepap Štětí).

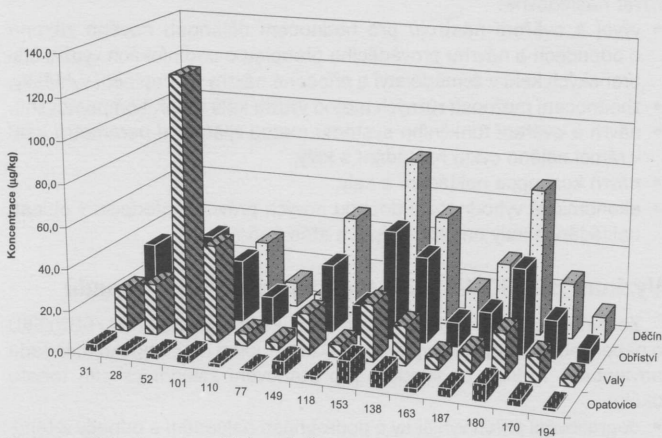
V rámci projektu bylo ověřeno, že zatížení sedimentů polychlorovanými bifenylly se v jednotlivých úsecích Labe odlišuje nejen kvantitativně, tj. sumární koncentrací všech sledovaných kongenerů PCB, ale i kvalitativně, tj. jejich vzájemným zastoupením (obr. 2).

Ohledně zatížení sedimentů HCB má podélný profil Labe jednoznačný charakter v celém sledovaném období. Z obr. 1 je zřejmé, že až k soutoku s Blžinou se průměrné koncentrace HCB v labských sedimentech za období 1996 až 1998 pohybovaly v oblasti jednotek až desítek µg/kg, pod soutokem s Blžinou však dramaticky vzrostly na úroveň převyšující 1 000 µg/kg, přičemž výsledky některých jednotlivých analýz vykazovaly hodnoty blízké se 2 000 µg/kg. Příčinou tohoto jevu je vysoký obsah HCB v odpadních vodách z chemického závodu Spolek pro chemickou a hutní výrobu (Spolchemie) Ústí n. L., které jsou vypouštěny do Blžiny. Vzorky sedimentů v řece Blžině pod výpustí odpadních vod ze závodu Spolchemie Ústí n. L. vykazovaly koncentrace HCB mezi 3 000 a 8 500 µg/kg.

Tabulka 1. Přehled odběrných míst sedimentů – industriální a hydrologická charakterizace

Označení	Název	Číslo ČHMÚ	Říční km	Km od st. hranice	Řád roku
Labe:					
VER	Verdek	1003	204,99	313,48	6
NEM	Němčice	1008	143,31	251,81	7
VAL	Valy	0101	117,95	226,46	7
LYS	Lysá	0102	42,20	150,70	7
OBR	Obříství	1013	4,73	114,00	7
DEC	Děčín	0104	88,02	21,3	8
HRE	Hřensko	0202	107,74	1,56/0	8
Vltava:					
POD	Podolí	1045	56,2	–	8
ZEL	Zelčín	0105	4,5	–	8

Obr. 2. Zastoupení jednotlivých kongenerů PCB v sedimentech – průměrné hodnoty z období 1996–1998



Kongenery PCB v chromatografickém pořadí

Zatížení labských plavenin a odnos PCB a HCB na jejich částicích

Kontaminace plavenin PCB a HCB byla zjišťována především s cílem stanovit bilanční odhad odnosu PCB a HCB na jejich částicích ve vybraných labských profilech Labe-Obříství, Labe-Děčín a Vltava-Zelčín. Důležitý je především profil Labe-Děčín, neboť charakterizuje odnos PCB a HCB na plaveninách v oblasti hraničního profilu ČR/SRN. Pro zjištění odnosu PCB a HCB v rámci celého hydrologického roku bylo nutno stanovit nejen koncentraci těchto látek na částicích plavenin v daném profilu, ale také množství samotných plavenin tímto profilem odnesených. Podklady o množství plavenin byly získány jednak z databáze ČHMÚ (denní jednobodová měření koncentrace plavenin a průtoků) a jednak z výsledků celoprofilových měření uskutečněných v r. 1997 pomocí měřičí lodě Elbegrund. Tak byly získány informace nejen o množství a rozložení plavenin v celém příčném profilu, ale i o frakcionaci jejich částic mezi jemný (< 63 µm) a hrubý (> 63 µm) podíl. Z těchto podkladů bylo stanoveno množství plavenin odnesených v rámci hydrologického roku jednotlivými profily a bylo ověřeno, že jemný podíl, na němž jsou PCB a HCB především sorbovány, tvoří 92–95 % z celkového množství, nehledě na to, ve kterém bodě příčného profilu byl vzorek plaveniny odebrán. Analýzami vzorků a následným statistickým vyhodnocením výsledků byla určena hodnota koncentrace PCB a HCB charakteristická pro daný profil Labe v rámci hydrologického roku 1997. Odnos PCB a HCB je pak násobkem takto určených hodnot a množství plavenin odnesených daným profilem.

Získané výsledky jsou prezentovány v tabulce 2, tyto údaje je však nutno interpretovat jako kvalifikovaný odhad a připustit určitou míru nejistoty. Je to dáno jednak tím, že hydrologické podmínky na Labi jsou v rámci celého roku značně proměnlivé, a také tím, že podklady o koncentracích PCB a HCB na částicích plavenin není možno zajistit v takovém rozsahu, který by stoprocentně podchytil celoroční stav, včetně extrémních hodnot v mimořádných situacích.

Závěr

Výsledky získané při řešení projektu potvrdily, že zatížení labských sedimentů a plavenin polychlorovanými bifenylly (PCB) a hexachlorbenzenem (HCB) není zanedbatelným problémem. Byla prokázána existence bodových zdrojů těchto látek na Labi a nárůst jejich koncentrace v podélném profilu Labe. Dramatický je především nárůst koncentrace HCB v přihraničním úseku Labe pod Ústím n. L., který je způsoben čin-

Tabulka 2. Bilanční odhady odnosu PCB a HCB v hydrologickém roce 1997 ve vybraných profilech českého úseku Labe

Profil	Odnos plavenin v hydrologickém roce 1997 podle podkladů ČHMÚ	Hodnota mediánu koncentrace PCB, resp. HCB v plaveninách		Bilanční odhad odnosu v hydrologickém roce 1997	
		PCB (suma kongenerů)	HCB	PCB (suma kongenerů)	HCB
		t/rok	µg/kg	µg/kg	kg/rok
Labe (Obříství)	201 873	255,8	16,6	50	3
Vltava (Zelčín-Vraňany)	135 054	195,6	7,1	25	1
Labe* (Děčín-Ústí n. L.)	424 410	288,5	1 174,4	120	500

*) charakterizuje hraniční profily ČR/SRN z české strany

ností chemického závodu Spolchemie. Hraničním profilem Hřensko-/Schmilka mezi Českou republikou a SRN jsou pak z tohoto důvodu odnášeny na částicích plavenin patrně stovky kilogramů této nebezpečné chemické látky ročně (odhad za r. 1997 činí zhruba 500 kg).

Závěrečná výzkumná zpráva projektu, která obsahuje kompletní přehled získaných informací a jejich vyhodnocení, je k dispozici v knihovně Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M. v Praze.

Ing. Vladimír Kužilek
Václav Tolma
VÚV T.G.M. Praha
tel. 02/2019 7354

Keywords

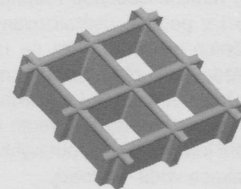
contamination of sediments, suspended load, polychlorinated biphenyls, hexachlorobenzene

Contamination of the Elbe River Sediments and Suspended Load by Polychlorinated Biphenyls (PCB) and Hexachlorobenzene (HCB) (Kužilek, V., Tolma, V.)

The article provides a summary of knowledge obtained in the frame of solving the project 'Input and Occurrence of Polychlorinated Biphenyls (PCB) in the River Elbe', in co-operation of the T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague, and the Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin, from 1996 to 1999.

An existence has been proved of point sources of these substances in the River Elbe, as well as an increase in their concentration in the longitudinal profile of the River Elbe. An increase in HCB concentration is dramatic particularly in the frontier section of the River Elbe downstream of Ústí nad Labem, which is caused by the activities of the chemical plant Spolchemie. Concrete results are documented by Figures 1 and 2.

**belt
plast**



KOMPOZITNÍ PODLAHOVÉ ROŠTY
PRO KOROZIVNÍ PROSTŘEDÍ

Dále dodáváme:

- plastové stírací lišty pro kalolisy •
- kluzná vedení řetězů a pásů • plastové řetězy • kladky • ložiska •

BELT PLAST s.r.o., Hájecká 12, 618 00, Brno 18
tel: 05/4853 9316 fax: 05/4821 0861

beltplast@beltplast.cz
www.beltplast.cz



DRAGON s.r.o.

Nad Pískovnou 1558, 140 00 Praha 4
Kanceláře: Smotlachova 580/1,
142 00 Praha 4 - Kamýk

Tel.: 02 / 410 43 111, Fax: 02 / 410 43 205
E-mail: info@dragon-praha.cz

- ZAŘÍZENÍ PRO VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ
- VODNÍ ELEKTRÁRNY
- TECHNOLOGIE A REKONSTRUKCE ČOV
- VÝROBA, OPRAVY, REKONSTRUKCE LODÍ
- OCELOVÉ KONSTRUKCE

**BEKOPLAST
STANGL**

Komplexní služby
a dodávky v oblasti čištění odpadních vod

- Čistírny odpadních vod pro 1-2000 EO
- Rekonstrukce a intenzifikace ČOV
- Odlučovače tuků a ropných látek
- Nádrže, septiky a jímky z PP
- Atypické výrobky z PP
- Poradenství

TELČ, 588 56 Hradecká 8, tel./fax: 066/721 30 08
e-mail: ekoplast@ekoplast.cz, http://www.ekoplast.cz
BRNO, 656 32 Botanická 56, tel./fax: 05/41 55 43 18

Činnost oddělení odpadů VÚV T.G.M.

V současné době vzniká v ČR kolem 40 mil. t odpadů ročně; největší podíl představují průmyslové odpady a odpady z energetiky. Pouze menší část lze z technických a především ekonomických důvodů efektivně využívat (materiálová recyklace, spalování s využitím tepla) a kolem 90 % těchto odpadů je dosud ukládáno na skládkách odpadů. Přes významný rozvoj skládkování v 90. letech, umožněný vznikajícími českými a zahraničními podnikatelskými subjekty, je z hlediska trvalé udržitelnosti a dlouhodobých perspektiv (desítky let) ukládání odpadů v kulturní české krajině je těžko zdůvodnitelný. Tento fakt je dále zdůrazněn předpokládaným hospodářským rozvojem společnosti po vstupu do EU, kdy se předpokládá úzká vazba mezi ekonomickým růstem a produkcí jak průmyslových, tak komunálních odpadů.

Také proto je uvedené problematice zejména po roce 1990 věnována značná pozornost. Obdobně jako v jiných zemích je i v ČR svěřena problematika odpadů do sféry životního prostředí. Nově vzniklý obor „nakládání s odpady“ v působnosti ochrany životního prostředí nenavazoval na žádnou ucelenou tradici a v počátku ani na zahraniční praxi.

Pragmatické a praktické přístupy na straně řízení a velmi rychle vzniklá nabídka odpadových služeb a silné konkurenční prostředí ve sféře ekologického podnikání během času ukázaly, že je nutno založit odbornou a výzkumnou základnu oboru a řešit nahromaděné problémy.

Směrování výzkumu v oblasti odpadů do VÚV je dáno návaznostmi na zavedenou analytiku ve všech potřebných oborech a na praxi a zkušenosti v kalové problematice. Bez vlivu nejsou ani skutečnosti, že určité způsoby nakládání s odpady (u nás tradičně a dosud převážně praktikované skládkování) mají či mohou mít výrazný vliv na vody (povrchové a zvláště podzemní), že likvidace tekutých odpadů má mnoho společného s řešením odpadních vod a že je možné účelně provázat dílčí informační soustavy.

Rozvojové a výzkumné činnosti jsou cíleny především k podpoře státní správy, včetně vytváření legislativních podmínek pro připojení k EU jako nedílné součásti řešení. Cílem je zachytit přesně současný stav, a to i v podobě digitalizovaných údajů s použitím geografických informačních systémů. Tím se umožní hodnocení výhledu v této oblasti a především určení rozsahu nezbytných opatření k trvalé shodě situace (jak legislativní, tak i skutečné) v odpadovém hospodářství v České republice s předpisy EU. Vedle toho ovšem nelze pominout aspekt propojování informací v jednotlivých složkách ŽP, kde se přímo nabízí příprava unifikace voda – odpady.

Problematika vlastního výzkumu odstraňování a zneškodňování odpadů se vzhledem ke své šíři soustředí především na:

- zpracování (a následně) inovace kritického přehledu metod odstraňování a zneškodňování odpadů, používaných v zahraničí a v ČR;
- ověřování účinnosti vybraných metod zneškodňování odpadů a jejich následného vlivu na životní prostředí.

Konkrétně jde o následující okruhy činností:

- posuzování návrhů a zavádění technologických procesů zpracování odpadů komunálního a průmyslového sektoru,
- řešení problematiky využívání čistírenských kalů a odpadů, zvláště v zemědělství a při rekultivaci krajiny,
- výzkum metod snižování koncentrací škodlivých látek v čistírenských kalech a odpadech,
- řešení otázek hygienického zabezpečení čistírenských kalů a jejich stabilizace,
- sběr, zpracování a verifikace informací o ukládání odpadů a čistírenských kalů,
- zpracování podkladů a návrhů pro normativní opatření a metodické návody,
- odborná gesce nad plněním úkolů v rámci procesu aproximace, které vyplývají pro VÚV T.G.M. ze směrnic platných v EU.

Významnou součástí činnosti je též evidence, a to ve dvou oblastech:

- evidence nakládání s čistírenskými kaly,
- evidence pro inventarizaci zařízení a látek, které obsahují nebo mohou obsahovat PCB.

Evidence bude vedena ve strukturách relačních databází využívajících nástroj datového modelu HEIS VÚV (Oracle ve formátu aplikací, které jsou vyvíjeny v prostředcích Oracle Developer/2000: Oracle Forms, Oracle Graphics a Oracle Reports).

Dále následuje stručný přehled jednotlivých výzkumných projektů vztahujících se k uvedené problematice a řešených ve VÚV T.G.M.:

Výzkum pro OODP MŽP v oblasti využití čistírenských kalů

Předmětem úkolu je především získat a analyzovat další údaje a informace o množstvích a složení kalů, o stavu kalového hospodářství a vý-

znamných producentech kalů v členění za republiku a regiony a o způsobu nakládání s kaly ve vazbě na jejich kvalitu. Hlavní cíle lze charakterizovat následovně:

- vývoj a ověření nástrojů pro hodnocení účinnosti nového zákona o odpadech a návrhu prováděcího předpisu o podmínkách využití čistírenských kalů v zemědělství a případné návrhy na doplnění vyhlášky,
- zhodnocení možností různých metod využití kalů (např. kompostování),
- návrh a ověření funkčního systému metod zjišťování parametrů kalů v rámci celého cyklu nakládání s kaly,
- návrh koncepce nakládání s kaly,
- ekonomické vyhodnocení dopadu nových právních předpisů v oblasti nakládání s kaly na producenty a státní správu.

Výzkum pro OODP MŽP v oblasti analytiky odpadů

Ze směrnic Rady 99/31/EEC o skládkách odpadů a 91/689/EEC o nebezpečném odpadu vyplývá pro stát vstupem do Evropské unie řada povinností. Ty jsou podkladem pro stanovení základních cílů tohoto úkolu:

- dopracování příloh vyhlášky o podrobnosti nakládání s odpady vztahující se k dané problematice,
- laboratorní ověření navržených analytických metod,
- příprava podkladů pro zabezpečení odborné způsobilosti laboratorů k hodnocení odpadů,
- návrh nových metod monitorování skládek,
- úprava metodického pokynu k hodnocení vyluhovatelnosti skládek,
- otevření výzkumu chování jednotlivých složek odpadů v souvislosti s mísitelností na skládkách.

Výzkum pro OODP MŽP v oblasti problematiky PCB

Ze Směrnice Rady 96/59/ES ke zneškodňování polychlorovaných bifenyly a polychlorovaných terfenyly vyplývají pro ČR jako kandidáta na členství v EU povinnosti provést kontrolované zneškodnění PCB, dekontaminaci či zneškodnění zařízení obsahující PCB, jakož i zneškodnění upotřebených PCB s cílem jejich úplného odstranění.

Základními úkoly implementačního plánu pro úplné a kontrolované zneškodnění PCB jsou:

- vypracování plánu zneškodnění, popř. dekontaminace inventarizovaných zařízení s PCB,
- vypracování plánu sběru a následného zneškodnění zařízení, která nepodléhají inventarizaci,
- začlenění požadavků směrnice do národní legislativy.

Cílem úkolu je připravit inventarizaci zařízení o objemu větším než 5 l s koncentrací PCB nad 50 mg/kg. Týká se to nejen zařízení, která obsahují nebo obsahovala PCB, ale všech zařízení, která by mohla PCB obsahovat. Navrhnout systém odběru vzorků a připravit jednoduchý analytický postup stanovení PCB.

Využití vodní dopravy v odpadovém hospodářství (projekt VaV č. 803/230/127)

V ČR je zcela mimořádná situace daná existencí vyuhlených prostor v severočeském regionu, které by bylo možné využít k technicky a environmentálně zabezpečenému ukládání odpadů. V současné době je již v těchto lokalitách provozována řada skládek regionálního významu. Otázkou zatím zůstává efektivní dopravní propojení míst zdrojů odpadů se severočeským regionem.

Předpokládaným výsledkem řešení navazujícím na uvedená fakta bude vytvoření logistického systému nakládání s odpady v dopravně spádové oblasti labsko-vltavské vodní cesty a navazující nadregionální systém nakládání s odpady s využitím páteřní komunikace labsko-vltavské vodní cesty pro cílovou oblast cca 2 mil. obyvatel.

Cílem projektu je přesunout přepravu odpadů a druhotných surovin ve vyšší míře na labsko-vltavskou vodní cestu a tím ji racionalizovat.

S VÚV T.G.M. na úkolu spolupracují Český ekologický ústav a Vodní cesty, a. s.

Výzkum a vývoj v oblasti nakládání s odpady chápeme jako dlouhodobý či trvalý úkol, jehož naplňování bude odpovídat požadavkům praxe formulovaných především zřizovatelem (MŽP). Záměr je pochopitelně otevřen i dalším relevantním požadavkům.

Ing. Dagmar Sirotková
VÚV T.G.M. Praha
tel. 02/2019 7270

Pět let provozu počítačové sítě ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka

V letošním roce uběhlo pět let od zahájení provozu počítačové sítě ve VÚV T.G.M. Při této příležitosti požádala redakce o rozhovor vedoucího sekce služeb Ing. Jaroslava Veselého, CSc., a vedoucího správy LAN Ing. Radoslava Řehulku.

Jaké hlavní důvody vedly k realizaci počítačové sítě ve VÚV T.G.M.?

Hlavním impulzem pro koncepční budování počítačové sítě ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka byla objektivní potřeba přechodu od původně nesystematické (nahodilé) k systematické a koordinované počítačové podpoře vědy a výzkumu v ústavu. Doplňujícím impulzem byly jak pozitivní zahraniční zkušenosti spolupracujících organizací s využíváním počítačů jako pracovních nástrojů (např. v ústavu RIZA v Nizozemsku aj.), tak i akcelerující domácí vývoj v aplikaci moderních počítačových, komunikačních a informačních technologií v oblasti „voda“.

Od roku 1995 vložil VÚV T.G.M. do racionální aplikace vybraných informačních a komunikačních technologií (Information and Communication Technologies, ICT, resp. někdy jen IT) a do vývoje informačních systémů (IS) pro podporu vodohospodářského výzkumu a orgánů státní správy a samosprávy ve vodním hospodářství (např. [1, 2]) nemalé finanční prostředky. Informace z praxe nasazování ICT naznačují obecně platnou skutečnost, že teprve v samém závěru 90. let, resp. na počátku nového milénia jsme byli, resp. budeme schopni plně docenit význam vynaložených prostředků do aplikace moderních IS/IT. To potvrzuje i obecná změna orientace v chápání významu a role nových IS/IT a nezbytného hardware a software pro jejich realizaci. Zdůrazňovány bývají tři aspekty: primární a ústřední role zákazníka (spotřebitele IS/IT), procesní uspořádání firem (organizací) a efektivní zřetězení dodavatelů IS/IT [3].

Jaké byly počátky budování sítě?

Počátky budování počítačové sítě ve VÚV T.G.M. spadají do poloviny roku 1995. Tehdy byla zahájena realizace strukturované kabeláže a páteřní sítě pro lokální počítačovou síť (Local Area Network) na pracovišti VÚV T.G.M. v Praze a na pobočkách v Brně a Ostravě. Skutečný provoz počítačové sítě byl zahájen počátkem července 1996, kdy bylo do LAN připojeno prvních 11 stacionárních osobních počítačů (PC). Od počátku byla počítačová síť provozována se třemi servery (primárním, sekundárním a komunikačním) a síťovým operačním systémem Windows NT verze 3.5.1, později byla instalována vyšší verze Windows NT 4.0.

Koncem srpna 1996 bylo v rámci 1. etapy budování LAN v Praze zprovozněno 29 počítačů. V září 1996 schválilo vedení VÚV T.G.M. – v souladu s vyhlášenými standardy nadřízeného ústředního orgánu MŽP – balík programů pro počítačovou podporu administrativy Microsoft Office 95 jako ústavní standard pro kancelářský software: textový editor Word pro tvorbu dokumentů, tabulkový procesor Excel pro vytváření dvourozměrně uspořádaných soustav údajů (dat) a databázový systém Access pro vytváření relativně „malých“ databází věcně souvisejících údajů.

V září 1996 byl už také možný plný přístup do globální (celosvětové) počítačové sítě Internet (včetně služeb World-Wide-Web, Gopher, FTP) a bylo realizováno e-mailové propojení s nadřízeným ústředním orgánem zprovozněním pevné telefonní linky mezi MŽP a VÚV T.G.M.

V říjnu 1996 byla zahájena 2. etapa rozšiřování sítě LAN ve VÚV T.G.M. Praha. Na připojených PC byl instalován operační systém Windows 95, kancelářský software MS Office Standard, klient MS Exchange a nová verze WWW prohlížeče MS Internet Explorer 3.0. Následně byla otestována dálková komunikace mezi VÚV T.G.M. Praha a pobočkou VÚV T.G.M. v Brně na úrovni elektronické pošty a realizovalo se připojení serveru IBM RS/6000 (pro realizaci HEIS ČR) a prvních tří pracovních GIS stanic (WS) Intergraph do sítě LAN v Praze.

K polovině prosince 1996 byla dokončena 3. etapa připojování nově zakoupených PC a dalších existujících (doposud individuálně používaných) PC do LAN VÚV T.G.M. Praha. Tím se počet PC a WS připojených do LAN v Praze zvýšil na 93 (včetně 3 centrálních serverů, databázového a účtářského serveru).

Již od roku 1994 (tedy dříve, než vznikla celoustavní počítačová síť) se samostatně provozoval „účtářský“ server s přímým napojením 8 PC pro počítačovou podporu ekonomického informačního subsystému (EkIS) s operačním systémem Novell NetWare verze 3.12 a aplikačním ekonomickým softwarem ABRA a INSYCO. V rámci 2. a 3. etapy rozšiřování LAN bylo existující technické a programové vybavení (hardware a software bez síťového Novell Netware) integrováno do LAN v Praze.

V dalších letech docházelo k rozšiřování počítačové sítě i jejich služeb, o které šlo konkrétně?

Do poloviny roku 1997 probíhala postupná instalace antivirové ochrany v podobě specializovaného softwarového balíku Avast pro všechny počítače připojené do LAN v Praze. Pro pobočky v Brně a Ostravě byl stanoven požadavek ochránit „svou“ místní LAN před virovou nákazou vhodně zvoleným antivirovým softwarem. Se správcem počítačové sítě na MŽP probíhala první jednání o vybudování lokálního WWW serveru pro prezentaci webových stránek VÚV T.G.M.

Do konce srpna 1997 bylo do LAN v Praze připojeno již 140 počítačů, včetně serverů pro cca 170 pracovníků (cca 30 počítačů sdíleli dva pracovníci). Tím skončila poslední, 4. etapa hromadného připojování počítačů do LAN ve VÚV T.G.M. Praha. Další oprávněné požadavky na instalaci nového, resp. rekonstruovaného PC se od té doby nadále řeší převážně individuálně.

Ve stejné době byl v rámci LAN zprovozněn WWW server, na kterém byly umístěny webové stránky celého VÚV T.G.M. V současné době se postupně připravují nové webové stránky, jejichž věcná struktura a hierarchické vrstvení odvolávek na detailnější informace jsou dány kombinací dvou základních pohledů na výzkumné práce a další činnosti VÚV T.G.M., a to z hlediska šesti nosných výzkumných záměrů a z hlediska dalších odborných prací a činností výzkumných a obslužných sekcí.

Ve 4. čtvrtletí 1997 se podařilo vybudovat výkonné mikrovlnné spojení mezi MŽP a VÚV T.G.M. Praha. Mikrovlnný spoj umožňuje přenos rychlostí 2 Mb/s, což oproti staršímu propojení rychlostí 64 Kb/s představovalo cca 30násobné zrychlení doby přenosu.

V průběhu roku 1998 byly zprovozněny další síťové aplikace vzdělávacího a informačního charakteru a vytvořeny nástroje pro systémový management LAN, zahrnující vzdálenou administraci klientských počítačů, inventarizaci hardware a software prostřednictvím nástrojů MS System Management Server, MS SQL Server a MS Access. Byl zpracován a vedením VÚV T.G.M. schválen návrh interní normy pro využívání počítačové techniky.

Počátkem roku 1999 byla instalována nová verze síťového operačního systému Windows NT 5.0 a kancelářského balíku MS Office 2000, nový ekonomický software Orsoft firmy Ortex, s. r. o., a personální software Odyssey 2001 firmy A.S.E.I., s. r. o., pro počítačovou realizaci komplexnějšího pojatého EkIS.

V polovině roku 1999 byl instalován nový server pro EkIS. Do provozu byl uveden nový systém pro automatické zálohování dat, uložených na centrálně spravovaných serverech. Na přelomu let 1999/2000 byly provedeny všechny uživatelské PC a WS na funkčnost systémového data tak, aby jejich funkce byla zajištěna i po přechodu na „magický“ rok 2000.

Jak se správa LAN podílí na budování informačního systému VÚV T.G.M.?

Na řešení této problematiky se správa LAN začala podílet od 2. pololetí 1998, a to zvláště na komunikačně administrativním subsystému. V průběhu roku 1998 se implementoval skupinový komunikačně administrativní software (groupware) Lotus Notes, který nahradil dosud využívaný produkt MS Exchange. V Lotus Notes se provozují některé úlohy hromadného charakteru (např. elektronická pošta, rezervace automobilů a zasedacích místností, průběžná aktualizace telefonního seznamu atd.). Do budoucna se plánuje v Lotus Notes počítačově realizovat interní elektronický oběh dokladů a další administrativně správní aplikace.

Jak je zabezpečována komunikace s pobočkami v Brně a Ostravě a s okolním prostředím?

V roce 1998 se prohloubilo propojení tří místních sítí LAN ve VÚV T.G.M., tj. LAN v Praze a na pobočkách v Brně a Ostravě, čímž se položily základy k vytvoření rozlehlé počítačové sítě typu WAN (Wide Area Network).

V počátečním stadiu byla síť WAN budována prostřednictvím pronajatých pevných telefonních linek, což umožnilo výrazně rychlejší transport elektronických dat mezi LAN v Praze, Brně a Ostravě oproti komutovaným telefonním spojům.

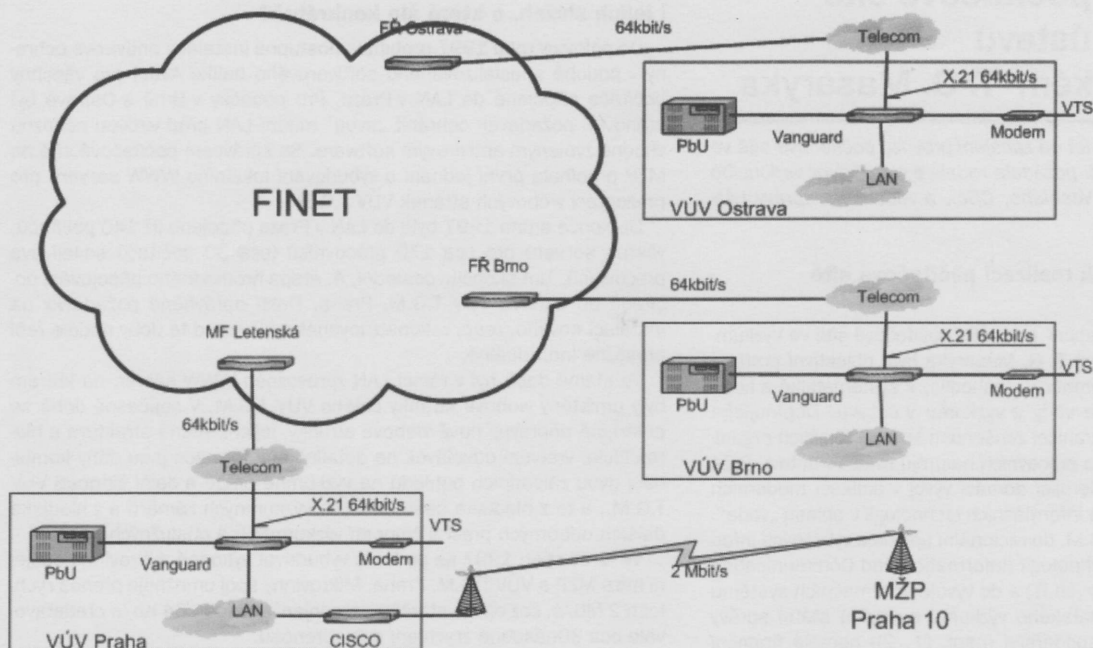
Ve 2. pololetí 1999 bylo propojení tří LAN realizováno na bázi virtuální „privátní“ počítačové sítě FINET Ministerstva financí. To umožňuje datový a hlasový přenos mezi LAN v Praze, Brně a Ostravě.

S okolním prostředím (MŽP, MZE, dalšími ústředními orgány a organizacemi, odbornou veřejností atd.) jsou uživatelé PC propojeni globální počítačovou sítí Internet prostřednictvím provideru MŽP.

V posledním období dochází k dalšímu zdokonalování komunikační infrastruktury, o jaké konkrétní kroky jde?

V roce 2000 byla provedena rekonstrukce vnitřní počítačové sítě VÚV T.G.M. tak, aby umožnila komunikaci s přenosovou rychlostí 100 Mb/s.

Obr. 1
Schéma propojení sítí
VÚV – MŽP – FINET



Rekonstrukce umožnila připojit některé uživatelské PC a WS na rychlejší komunikační linky. Rozšíření počtu uživatelských počítačů s propojením na rychlejší komunikační linky lze realizovat v závislosti na zdůvodněných potřebách a požadavcích uživatelů počítačů připojených do LAN. Koncem roku 2000 byl na pracovišti pražské správy LAN instalován server vyhrazený pro vzdálenou správu zdrojů počítačové sítě LAN v Praze.

V oblasti systémového a komunikačního software byl, vedle průběžné aktualizace operačních systémů, proveden upgrade komunikačního software Lotus Notes z verze 4.6 na verzi 5.0 jak v jeho serverové, tak i klientské části.

Vzhledem k rekonstrukci resortní počítačové sítě MŽP [4] se realizované změny pozitivně projeví i ve VÚV T.G.M., a to zrychlením připojení do LAN na MŽP i ke globální počítačové síti Internet.

Postupně dochází, obdobně jako v předchozích stádiích budování a rozvoje LAN a WAN, ke kvalitativní obměně už morálně a technicky nevyhovujících PC a kvantitativnímu rozšiřování jejich počtu. Přesto reálná obměna počítačové základny a zdokonalování počítačové vybavenosti pokulhává za představami a požadavky uživatelů.

Kvantitativní pohled na počítačovou vybavenost LAN na pracovištích VÚV T.G.M. v Praze, Brně a Ostravě ke konci června 2001 byl následující: do LAN v Praze bylo připojeno 186 počítačů (z toho 6 serverů), v Brně 32 počítačů (z toho 2 servery) a v Ostravě 29 počítačů (z toho 3 servery).

Jak vidíte další perspektivy v této oblasti?

Další rozvoj sítí LAN a WAN ve VÚV T.G.M. bude směřovat k uspokojování uživatelských nároků na zvyšování kvality a rychlejší obměnu počítačové základny, na vyšší přenosové rychlosti přístupu uživatelů PC na Internet a zrychlení interní a externí elektronické pošty.

Reálně lze předpokládat, že v nejbližších letech vzrostou nároky na přenosové kapacity LAN a WAN s ohledem na současný trend využívání multimédií v datové komunikaci. Lze také očekávat masovější využívání datové sítě pro integraci hlasových služeb, podobně jako se nyní využívá pro komunikaci mezi lokalitami v Praze, Brně a Ostravě. Reali-

zace tohoto záměru by napomohla snížení režijních nákladů za telefonní hovory po pevných linkách.

Tyto a další rozvojové záměry budou synchronizovány s rozvojovými trendy na MŽP, spojenými s vývojem komunikační infrastruktury v resortu životního prostředí a s racionální aplikací vhodných moderních informačních a komunikačních technologií a informačních systémů v celém resortu.

Počítačová síť VÚV T.G.M. by se měla stát integračním nástrojem nejen informační a datové podpory vodohospodářského a environmentálního výzkumu, ale měla by sloužit i pro pružné uspokojování informačních a datových potřeb orgánů státní správy a samosprávy a odborné (i laické) veřejnosti. Počítačové a komunikační základy k naplňování těchto potřeb byly za pět let provozu sítí LAN a WAN ve VÚV T.G.M. položeny.

Souhrnně lze konstatovat, že se většiny cílů z původního záměru vybudování kvalitní počítačové sítě pro podporu vodohospodářského výzkumu podařilo dosáhnout, leccos se průběžně daří vylepšovat. Některá dílčí počítačová řešení (např. aplikační software pro provoz ekonomického informačního subsystému) budou vyžadovat důkladnou analýzu a vyhodnocení racionality jejich aplikace v podmínkách VÚV T.G.M.

Literatura

- [1] Veselý, J. Hydroekologický informační systém České republiky. Státní správa a samospráva, 1996, č. 11, s. 8–9, 11.
- [2] Vučka, V. a Zeman, V. Hydroekologický informační systém Výzkumného ústavu vodohospodářského. VTEI, 43, 2001, č. 1, příloha Vodního hospodářství č. 2/2001, s. 1–4.
- [3] Basl, J. Aktuální pohled na trendy v podnikových informačních systémech. Účetnictví, 2001, č. 3, s. 50–51.
- [4] Studie proveditelnosti rekonstrukce resortní sítě Ministerstva životního prostředí (verze 0.63 z 23. dubna 2001). ICZ, a. s., 2001.

Ing. Jaroslav Veselý, CSc.
VÚV T.G.M. Praha, tel. 02/2019 7357
Ing. Radoslav Řehulka
VÚV T.G.M. Praha, tel. 02/2019 7304

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Ročník 43

ISSN 0322 - 8916

Redakční kruh: RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Šárka Blažková, DrSc., RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Ivan Koruna, CSc., Ing. Václav Matoušek, DrSc., Ing. Václav Štastný, Ing. Jan Vilímec

Kontakt: Mgr. Josef Smrťák – redaktor
Tel.: 02/2019 7282, fax: 02/311 38 04,
e-mail: smrtak@vuv.cz



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

Podbabská 30
160 62 Praha 6