

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

JAKÉ ZMĚNY ČEKÁJÍ VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA

Zákonem č. 341/2005 ze dne 28. 7. 2005 se mění v příloze zákona vymezené státní výzkumné příspěvkové organizace na zcela novou právní formu: veřejnou výzkumnou instituci. Tato změna se týká i VÚV T.G.M.

Co je předmětem změny?

Přeskupit, upravit a doplnit stávající činnosti, orgány a strukturu organizace tak, aby mohla plnit své výzkumné poslání, ale také náležitě využít svých dalších možností v evropském výzkumném prostoru. Nové uspořádání by mělo nahradit některé již nefunkční principy příspěvkových organizací a přizpůsobit je charakterem i příležitostmi standardním evropským výzkumným organizacím. Řadu změn zákon přímo určuje: orgány, instituce, strukturu zřizovací listiny, fondy atp. Další změny umocňuje spolu se zřizovatelem nastavit takřka „na míru“. Otázka, jak hluboké změny budou a jak obtížná bude jejich realizace, závisí i na tom, zda jsou, nebo nejsou (a v jaké míře) nové prvky zákona obsaženy v již existujících funkcích ústavu.

Účinnost zákona je od 1. 1. 2007. S opatřeními k transformaci se již začalo. Jejich hlavní část případně na rok 2006. K některým ústav poskytnuté podklady a jsou věci zřizovatele, s jinými se musí vypořádat sám.

Principy zákona vycházejí z fungování veřejných vysokých škol, institucí Akademie věd, ale také neziskových inovačně orientovaných výzkumných kapacit, známých z okolních zemí. Reflektují i specifika ústavů, kterým – podobně jako VÚV T.G.M. – kromě hlavní, výzkumné činnosti zůstává odpovědnost za další činnosti pro podporu státní a veřejné správy. A to i přesto, že většinu podle zákona transformovaných organizací tvoří ústavy AV ČR, kterým přináší právní subjektivitu, ale které podporu státní správy nemají v prioritách.

Vrcholným orgánem veřejné výzkumné instituce je 5–15členná Rada. Má obdobu v samosprávných orgánech vysokých škol nebo vědeckých radách. Je volena výzkumnými pracovníky instituce z vlastních i externích kandidátů a má zásadní pravomoci v oblasti koncepce, výzkumného vedení i řízení organizace. Zahnuje i některé funkce správní rady, jak ji známe z obchodních společností.

Dozorčí rada spolu s povinností nezávislého auditu hospodaření funguje prakticky stejně jako v jiných státech kontrolovaných oblastech, kde je již zřízena. Je významným nástrojem dozoru zřizovatele nad institucí.

V ekonomické oblasti je nejzásadnější změnou převod majetku do vlastnictví výzkumné instituce. V řízení osobních nákladů pak přechod ze současných regulovaných a limitovaných platů ke stanovení mzdy vnitřním předpisem.

Ke klíčovému dokumentům instituce patří zřizovací listina a v jejím rámci výčet činností, které určují její účel. Problém přechodu od původní k nové je v tom, že stávající zřizovací listina není pouze seznam závazných prací pro potřeby resortu svěřených ústavu. Obsah zřizovací listiny určoval po léta i profilaci profesionálů i strukturu majetku ústavu. Tedy odborný potenciál, který je největší hodnotou instituce. Problém změny zřizovací listiny nelze proto řešit ani dramatickým zapsáním „nových“ činností, ani prostým převzetím stávajících. Další věcí je, že zákon předepisuje v nové zřizovací listině rozdělit hlavní – výzkumné, další a jiné činnosti. Dosavadní zřizovací listina toto dělení nezná už proto, že vznikala za situace, kdy se veřejné prostředky k její podpoře a v nich prostředky výhradně pro výzkum nerozlišovaly. A v rámci příspěvkové organizace se pak nemohla zásadně měnit.

Řešení kontinuity činností však nebude tak obtížné, jak by se z toho zdálo. Schopnost prokazatelně vymezit a vést úkoly podle jejich finančního zdroje – tedy výzkumné a ostatní – je běžnou praxí každé organizace s podílem veřejných prostředků na výzkum a vývoj (podle zákona č. 130/2002 Sb.). Toto rozdělení ve víceletém období a rekapitulace potřeb zřizovatele poměrně bezpečně určí, co v seznamu činností patří k hlavní – výzkumné, nebo další činnosti, popř. kde je možná podpora formou činnosti jiné, a co zůstane, event. co je možné zrušit a co nutné doplnit.

Ze zákona též vyplývá, že činnosti se liší i tím, že hlavní činnosti jsou povinné, další a jiné možné – ale za podmínky, že jsou ve zřizovací listině zapsány.

Jak se v tomto konceptu promítnou potřeby státní a veřejné správy – konkrétně zřizovatele? Tato otázka je živá hlavně v institucích, které vznikly s charakterem „státních ústavů“ – typicky i VÚV T.G.M. – a které navíc mají resortní zařazení a nadresortní působnost. Výzkum a podpora veřejného sektoru se v jejich činnosti prolínala vždy. Tato účelná kombinace je prověřena časem a lze ji najít i v obdobných oborových institucích v Evropě, až již vznikly podobně jako české již ve dvacátých letech minulého století nebo zcela nedávno v reakci na komunitární požadavky.

Rozdělení účelu na základní – výzkumný a další ovšem neznamená automaticky, že stabilní podpora zřizovatele a veřejného sektoru visí pouze na další, odborné činnosti, která je dnes financována především příspěvkem na činnost. Spíše naopak, větší část servisu pro stát vychází z výzkumu, tj. výsledků hlavní činnosti. Ohlédneme-li se totiž zpět, pak výsledky veřejného výzkumu najdeme jako nezbytnou a nezaměnitelnou část na počátku většiny veřejných děl, ochrany veřejných zájmů a jejich nástrojů, včetně legislativních. Podpora zřizovatele je tedy silně a možná i silněji odvozena ze základní, tj. výzkumné činnosti a obavy o její ztrátu po transformaci pramení z nepochopení. Ve vazbě na hodnocení výsledků výzkumu pak tato činnost má charakter přímé aplikace výzkumných poznatků ve specifické oblasti státní a veřejné správy. Je to trochu odlišné od aplikace v průmyslu, zemědělství nebo privátních službách. Aplikace nemá vždy podobu nového stroje, materiálu nebo technologie (i když i takové výsledky ve VÚV T.G.M. vznikají), ale efektem je především stabilita, kvalita účinnosti i úspornost funkcí státu a veřejného sektoru.

Pro instituci bude rozhodující – ale to není nic nového – aby velmi striktně odlišila, z jakých veřejných zdrojů je výsledek financován a jakou činností získán. A to možné je. Jako druhotná se potom jeví otázka, zda bude stát „obsluhován“ formou nevýzkumných služeb, nebo – tak jak je tomu i nyní – spíše aplikací výzkumu.

Transformace ústavu bude úkolem, který bude – kromě neztenčené intenzity výzkumné i odborné činnosti – probíhat v roce 2006. Je důležité, že zdroje ústavu se opírají o víceleté projekty a že základní řídicí, organizační i ekonomické systémy – jak prokázaly závěry četných nezávislých kontrol – jsou funkční a v dobré kondici. Existuje i poměrně jasná představa o tom jak postupovat při převodu jednotlivých prvků ústavu (již zmíněná definice pole působnosti, pracovníci a jejich odměňování, organizace a řízení odborných týmů, majetek, přístrojové vybavení atp.).

V roce 2005 Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka dokončil definitivně obnovu pražské pobočky po ničivé povodni v roce 2002, Ostrava má již nový objekt dlouho a Brno se přestěhuje z pronájmu do zcela nové budovy počátkem letošního roku. Dodatečné a jednorázové úkoly transformace tedy nebudou dále doplňovány těmito mimořádnými úkoly. Odborná činnost naopak „pojede“ paralelně. I kdyby dodatečné úkoly narostly do rozměru jako ty po povodni, vliv na výkon to mít nebude. Věříme si.

Ing. Lubomír Petružela, CSc.
ředitel



Foto L. Ramešová

VÝZKUMNÝ ZÁMĚR „VODA“ PO PRVNÍM ROCE ŘEŠENÍ

Josef K. Fuksa

V březnu 2005 vydalo Ministerstvo životního prostředí Výzkumnému ústavu vodohospodářskému T. G. Masaryka v Praze ROZHODNUTÍ o poskytnutí dotace na podporu vybraného řešení výzkumného záměru a podmínkách poskytnutí institucionálních finančních prostředků ze státního rozpočtu České republiky podle zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků a o změně některých souvisejících zákonů (dále jen „zákon“) v rámci Programu státní podpory výzkumu a vývoje v roce 2005–2011 v souladu se zákonem č. 218/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění. Dotace byla poskytnuta na výzkumný záměr předložený k výběrovému řízení v roce 2004:

Výzkum a ochrana hydrosféry

– výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů.

Předmětem výzkumného záměru je komplexní dlouhodobý výzkum v oblasti obecně vymezené názvem. Obecná strategie výzkumného záměru spočívá v zajištění trvalého předstihu obecného poznání v oblasti řešení před potřebami praktických aplikací, tedy zpracováním reálných systémů hodnocení příslušných jevů a procesů v životním prostředí, jednotlivých antropogenních tlaků, priorit jejich závažnosti a nebezpečnosti, zpracováním systémů nápravných a ochranných opatření, včetně návrhů mechanismů pro cílení a funkci legislativních nástrojů. V jednotlivých směrech řešení jsou kombinovány metody laboratorního a terénního měření relevantních charakteristik systémů s měřeními a kvantifikací vlastních procesů, které v ekosystémech probíhají. Výstupy budou zpracovány s ohledem na využitelnost pro modelování procesů a predikci a pro zařazení do systémů standardních databází. Výzkumný záměr je plánován na období 2005–2011. Obecně jsou během řešení plánovány dvě kontrolní etapy (v jednotlivých subprojektech zpravidla 2006 a 2009), kdy bude plán a strategie řešení revidován na základě dosažených výsledků a vývoje situace, včetně vývoje společenské potřeby.

Řešení je organizováno do šesti tematických okruhů, řízených Zpravodaji, které zahrnují další jednotky – subprojekty:

- A – Hydrologie;
- B – Společenstva a organismy;
- C – Antropogenní vlivy na povrchové vody;
- D – Vztahy krajina – voda (množství, jakost);
- E – Legislativní nástroje, bilanční, predikční, hodnotící a informační systémy;
- F – Odborná podpora implementace Rámcové směrnice pro vodní politiku ES.

Podstatnou součástí oddílu F je koordinace a řízení Záměru. Naopak podpora implementace Rámcové směrnice je obsažena explicitně v podstatné části subprojektů a implicitně prakticky ve všech. Při zpracování žádosti a dalších podkladů byly v duchu zákona 130/2002 Sb. respektovány další výzkumné projekty a záměry tak, aby nedocházelo k duplicitě a veřejné prostředky na výzkumnou činnost byly použity řádně a prokazatelně.

Řešení v roce 2005

Vlastní výzkumné práce byly plně zahájeny po ujasnění struktury a postupu řešení s poskytovatelem, prakticky od května 2005. Některá témata jsou pokračováním nebo transformační dosavadních úkolů ústavu, řada témat byla formulována nově, v souladu s vývojem situace a předpokládanými potřebami aplikovaného výzkumu v oblasti udržitelného užívání a ochrany hydrosféry. Ve většině případů jsou součástí zahajovací fáze řešení analýzy problematiky, rešerše a plány rozvoje řešení. K 30. 11. 2005 byl zpracován soubor zpráv za jednotlivé tematické oddíly a předložen poskytovateli k hodnocení.

Hodnotící zpráva je složena ze zpráv tematických oddílů A–E a zpráva za oddíl F, která zahrnuje přímou podporu Rámcové směrnice (ta je obsažena také ve všech ostatních oddílech) a zprávu o postupu prací, protože v této části je lokalizována také koordinační a organizační činnost. Ke zprávě oddílu D je připojen rozsáhlý soubor výstupů – výzkumných i poskytujících podporu státní správě a samosprávě,

Zprávy oddílů jsou zpracovány s důrazem na hodnocení výzkumných aspektů řešení, v duchu zákona 130/2002 Sb. (v platném znění) a perspektivně zákona 345/2005 Sb. (zákon o veřejných výzkumných institucích). Součástí výzkumných prací, které mají dlouhodobý charakter, je samozřejmě průběžná produkce výstupů přímo využitelných pro podporu poskytovatele, tj. Ministerstva životního prostředí a dalších orgánů. Pro oblast vodní politiky je v současné době zásadní implementace směrnice 2000/60/EC Evropského parlamentu a Rady

z 23. října 2005 ustavující rámec pro činnosti Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice či WFD), která do klasického „vodního hospodářství“ integruje přístup k ochraně a udržitelnému užívání akvatické složky životního prostředí v podstatně širších souvislostech. Praktické výstupy tedy lze z podstatné části komentovat z pohledu tezí Rámcové směrnice, samozřejmě se zásadním rozlišením na krátkodobé a dlouhodobé horizonty výstupů. V jednotlivých oddílech lze zvláště označit tyto aspekty:

A – Hydrologie

Předmětem řešení jsou na prvním místě otázky související se změnou klimatu, se zaměřením na extrémní jevy (povodně a případy hydrologického sucha). K řešení této problematiky přispívají analýzy historických dat, modelová řešení hydrologické bilance a extrémních odtokových situací i průběžné sledování a vyhodnocování projevů měnícího se klimatu v experimentálních povodích.

Nejpodstatnějším výstupem je rozbor možností kompenzace dopadu klimatické změny pomocí vodních nádrží (v časovém horizontu několika desetiletí). Tento výstup byl zpracován z podnětu MŽP a MZE a byl jim předán jako podklad pro rozhodnutí ve věci ochrany území, ve kterých je potenciálně možné v budoucnosti nádrže zřídit. Přípravou nové generace scénářů klimatické změny pro ČR byly vytvořeny předpoklady pro další řešení této aktuální tematiky.

Řešitelé reagovali i na výskyt extrémních povodní v roce 2005. Vyhodnocení odtoku z přívalového deště na malém zemědělsky využitelném povodí přineslo cenné výsledky a doporučení pro zmenšení extrémních odtoků racionálním využitím pozemků v povodí.

Prakticky použitelným výstupem, který může přispět ke zmenšení chyb vyhodnocení průtoků v zimním období, je studie vlivu ledových jevů na průtokový režim.

Neméně podstatný je výsledek posouzení přesnosti bezdotykových hladinměřů, který ukázal na potřebu pravidelné kontroly a kalibrace měřidel u uživatelů vod, kteří podle zákona č. 254/2001 Sb. jsou povinni zajistit správné měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových a platit z vypouštěných odpadních vod poplatky. Tato povinnost dosud není uživateli uložena a měření mohou být zatížena nepřiměřenou chybou.

B – Společenstva a organismy

Předmětem řešení je problematika efektivního monitoringu a ochrany společenstev vodních organismů. S ohledem na výzkumné cíle jsou výstupy orientovány na konstrukci predikčních modelů, které vyhodnocují variabilitu společenstev pod vlivem geomorfologie toku a atmosférických změn. Tyto analýzy nemají pouze teoretický význam pro rozvoj znalostí ekologie vodních ekosystémů, ale přinášejí řadu přímých výstupů pro praxi. V jednotlivých částech oddílu B jsou to především:

Rybí společenstva

Časové změny ve složení vzorku v bodovém i podélném profilu toku. V této části je moderními statistickými metodami hodnocena variabilita vzorku a je odvozována přesnost předpovědi i zpětného dopočtu chybějících dat. Jde o unikátní systém využitelný jako metoda pro hodnocení ekologického stavu WFD i v dalších oblastech (záplavy).

Komplexní návrh managementu, ochrany a zajištění reprodukce v NP a CHKO Šumava je unikátní projekt, kdy bude navržena pro ucelený a rozlehlý územní celek jednotná strategie ochrany a sledování vývoje ekosystému tekoucích vod. Navazuje na síť typově referenčních lokalit pro Rámcovou směrnici.

Implementace směrnice 78/659/EHS definující základní podmínky života ryb v říční síti ČR je přímou aplikací směrnice pro potřeby zřizovatele. Navazující monitoring přináší informace o plnění limitů v jednotlivých úsecích rybných vod a postupném zlepšování situace. Praktické výstupy monitoringu jsou zpětně využívány ve výzkumu odhadů variability společenstev ryb.

Zajištění podmínek výskytu zvláště chráněných druhů organismů

Postupně vytváření první centrální databáze o distribuci chráněných vodních mlžů v ČR včetně údajů o chemizmu vody a dalších parametrech prostředí. Podobný přístup byl aplikován i v případě chráněných koryšů.

Vyhodnocení těchto údajů přineslo jako výstupy:

Soupis návrhů pro úpravu vody v modelové lokalitě;

Stanovení parametrů a principů kontroly ČOV na profilech se zvyšující citlivostí.

Fytoplankton

Byla přesně stanovena vypovídací hodnota této složky společenstva pro monitoring kvality vody. V říční síti ČR, kde převážně chybí makrofyt, je fytoplankton dominantní autotrofní složkou, která citlivě reaguje na přísun sloučenin dusíku a fosforu. Využitelnost predikčních modelů je vysoce ceněna v problematice využívání říční sítě jako zdrojů pitné vody a dále při hodnocení kvality vody pro potřeby Rámcové směrnice.

C – Antropogenní tlaky na vodní ekosystémy

Předmětem řešení je postižení ovlivnění strukturálních a funkčních charakteristik vodních ekosystémů a procesů probíhajících ve vodním prostředí řadou antropogenních tlaků. Cílem je získání poznatků o původu, charakteru a dopadech tlaků a současně i možnostech jejich hodnocení, a také kompenzace. Je zkoumán vliv dopadu antropogenních tlaků na strukturální charakteristiku společenstev organismů, vliv těchto tlaků na zatížení jednotlivých složek vodních ekosystémů (voda, sedimenty, biota) cizorodými látkami a sledování transformačních a degradačních procesů těchto látek. Vedle chemických parametrů jsou zahrnuty i tlaky způsobené radioaktivními látkami, mikrobiální kontaminací a popřípadě dalšími vlivy (zvýšený odnos DOC z povodí).

Kromě poznatků ryze odborného charakteru s dlouhodobějším přínosem poskytují výsledky činností za rok 2005 řadu praktických aktuálních výstupů k využití jako podkladových materiálů pro činnost MŽP. Jde o následující výstupy:

Výzkum strukturálních charakteristik společenstev. Studie pro makrozoobenthos, orientovaná na ověření systému používaného Rámcovou směrnicí, ukazuje, že nad rámec přístupů požadovaných Rámcovou směrnicí (ekologický stav vodních útvarů) a v ČR zavedených lze použít řadu dalších typologií a hodnocení. Byly splněny povinnosti ČR vůči Registru interkalibračních lokalit vedeného Evropskou komisí. Pro rozšíření podkladů k využití makrozoobenthosu pro charakterizaci vodních útvarů byla zpracována databáze pro uložení archivních „papírových“ dat a byla do ní převedena data od roku 1967.

Byla zpracována obecná metodická rešerše ke stanovení strukturálních charakteristik mikrobiální složky vodních ekosystémů. Jako podklad pro další výzkum byla na základě imisních limitů nařízení vlády 61/2003 Sb. zpracována studie návrhu přípustných emisních hodnot vypouštění standardních ukazatelů mikrobiálního znečištění do toků z různých kategorií čistíren odpadních vod a zhodnocení vliv velkých aglomerací na jakost vody v tocích.

Zvláštní pozornost je věnována specifickým polutantům, které se po odeznění masivního znečišťování toků (tj. po postavení čistíren odpadních vod, regulaci výroby atd.) stávají společně s živinami (P, N) nejvýznamnější složkou znečištění.

Byl zpracován přehled o výskytu specifických polutantů na území ČR a vypracován seznam skupin nových chemických látek, u kterých je na základě výsledků výzkumných prací, projektů a legislativních předpisů znám jejich negativní dopad na vodní prostředí a které doposud nejsou rutinně sledovány v rámci národních monitoringů. Současně byl vypracován i obecný přehled možností jejich analytického stanovení. Na významných kontaminovaných lokalitách Labe byly odebrány vzorky sedimentů a tkáně ryb a uloženy k pozdějším standardním analýzám. Další práce byly rozděleny na skupinu PPCP (+ endokrinních disruptorů) a skupinu alkylfenolů.

Byla zpracována obsáhlá rešerše k výskytu, působení a transformaci hormonálních látek s endokrinní aktivitou (endocrine disruptors) a PPCP (Pharmaceutics a. Personal Care Products), tedy látek, které se do vodních ekosystémů nedostávají z výroby, ale z používání populací. Kromě studie používání jsou zahrnuty i procesy při jejich průchodu čistíren odpadních vod a možnosti jejich působení a transformace v ekosystémech. Tato tematika má zásadní význam pro hodnocení chemického stavu vodních útvarů podle Rámcové směrnice i zásadní význam pro ochranu ekosystémů a společenstev např. před „falešnými signály“, které tyto látky v systémech nesou. Přehled zahrnuje i základní analytické postupy.

Studie sledování výskytu alkylfenolů, alkylfenoethoxylátů a bisfenolu A zahrnuje látky s pravděpodobně endokrinním účinkem, produkované průmyslem. Přinesla podklad pro další výzkum a volbu charakteristik chemického stavu vodních útvarů v monitoringu chemického stavu vodních útvarů podle Rámcové směrnice.

V oblasti sledování radioaktivních látek jsou výsledky úkolu vedle výzkumného charakteru přímo využitelné v praxi jako podklady pro posouzení vlivu starých zátěží z těžby uranu a vlivu jaderných elektráren na vodní ekosystém.

Pro hodnocení a klasifikaci zátěže říčních sedimentů těžkými kovy a metaloidy byla zpracována rešerše literatury z oblasti stanovení přirozeného geogenního pozadí. Součástí je přehled o možnostech jeho stanovení a současných výsledcích na území ČR.

D – Krajina a voda

Oddíl řeší aktuální a rozsáhlou problematiku interakce vodního a suchozemského prostředí. Jednotlivým faktorem je hledání takových metod hospodaření v krajině, které budou mít minimální negativní dopad na vodní prostředí. Kritéria pro jeho hodnocení jsou nutně rozdílná např. ve zvláště chráněných územích a pro lesní či zemědělskou kulturní krajinu. U silně zatěžených povodí nebo umělých vodních útvarů pak půjde spíše o omezení negativního vlivu. Vodní prostředí je chápáno v duchu Rámcové směrnice jako stanoviště vodních organismů, zdroj pitné i užitkové vody pro člověka, jakož i hodnotná součást jeho

životního prostředí. Pro zatím přehlížené úlohy ochrany vod (čištění vod z rozptýlené zástavby, čištění drobných zdrojů zástavěných do oligotrofních chráněných území) je pak potřebné vyvinout a ověřit nové čistírenské technologie či systémové nástroje. Výstupy aplikovaného charakteru lze shrnout do oblastí:

Studie a podklady pro management zvláště chráněných území (NP a CHKO Šumava, ŠUNAP, CHKO Slavkovský les, CHKO Litovelské Pomoraví, NPP Prameny Blanice v CHKO Blanský les).

Příprava podkladů (stav lokalit, vyhodnocení jakosti vody a zdrojů znečištění na šesti hlavních lokalitách) pro druhou fázi Záchraného programu perlorodky říční v ČR pro AOPK ČR (dokončeno 2005) a další studie spojené s ochranou perlorodky.

Příprava podkladů pro návrh na řešení problematiky konfliktů vodního zákona a zákona na ochranu přírody a krajiny při vyklízení dřevní hmoty v meandrujících tocích v ZCHÚ a sledování funkce ochrany břehů před erozí využitím kotvených potopených stromů.

Systémová revize zemědělského znečištění vod pro použití při standardní ochraně vod podle Rámcové směrnice.

Příprava koncepčního modelu pro systémové řešení ochrany podzemních vod na všech úrovních (k využití zejména pro OOV MŽP).

Podklady a studie pro zřizování a hodnocení systémů nakládání s odpadními vodami z malých sídel a obcí (v kategoriích pod 500 EO až do 2000 EO), včetně popularizačních a dotazníkových akcí.

Studie zatápění zbytkových jam povrchových dolů – Pokračování dlouhodobého sledování zatápění zbytkových jam po těžbě (Chabařovice a Most) a zhodnocení biomanipulačních zásahů na vznikajícím jezeře Chabařovice.

E – Nástroje

Předmětem řešení je vývoj a aplikace nástrojů souvisejících jak s vlastním věcným řešením (modely, analýzy apod.), tak s podporou řešení výzkumného záměru ve smyslu infrastruktury (databáze, mapy apod.).

V 1. etapě řešení (roky 2005–2006) práce většinou navazují na předchozí analýzy potřeb a jejich vývoje v nejbližších letech, jde i o revize současných systémů a nástrojů z hlediska jejich efektivnosti, současných a budoucích potřeb v rámci Evropské unie, použitelnosti na úrovni uživatelů a průchodnosti pro provoz státní správy apod. Popis řešení a dosažené výsledky jsou v souhrnné zprávě uvedeny v 19 kapitolách uspořádaných tematicky podle zaměření na vývoj nových postupů a nástrojů hodnocení vzorkování, hodnocení vlivu, sběru dat, přes kapitoly věnované mezinárodní spolupráci až k informační a metodické podpoře přípravy plánů v oblasti vod a hledání postupů k posouzení účinnosti přijímaných opatření. V příloze souhrnné zprávy je v elektronické verzi k dispozici osmnáct výstupů řešení (zprávy, články, přednášky, databáze, postery, prezentace).

Celým řešením postupuje zásadní impuls daný Rámcovou směrnicí (2000/60/ES). Výstupem bezprostředně s ní svázaným je např. zpráva „Zásady zpracování VHB a využití jejich výstupů pro přípravu plánů oblastí povodí“.

Vývoj a rozvoj hydroekologického informačního systému (HEIS VÚV), digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) i rastrových podkladů 3D modelů povodí se realizují tak, aby byly sladěny požadavky jejich infrastrukturní role při řešení VZ1 s požadavky Rámcové směrnice i s požadavky jinými, např. z prolnutí s Informačním systémem veřejné správy v oblasti Voda. Tyto práce jsou na jedné straně vysoce odbornou vývojovou a výzkumnou činností a na druhé straně naléhavě očekávané výstupy jsou bezprostředně využitelné jako odborná podpora výkonu státní správy.

Toto konstatování platí ve větší či menší míře i pro výstupy zaměřené na vzájemný vztah vlivu emisí ze zdrojů znečištění a chemického stavu povrchových vod, zdokonalování systémů hodnocení, jejichž cílem je směřování k dosažení dobrého chemického stavu povrchových vod, snížení zatížení povrchových vod nebezpečnými látkami a ochrana povrchových vod před účinky radioaktivity a tepelného znečištění. Součástí řešení je rovněž aktuální, v současnosti novým způsobem řešená problematika bakteriálního ovlivnění povrchových vod odpadními vodami z komunálních zdrojů znečištění. Jedním z několika výstupů řešení této oblasti je např. „Program na snížení znečištění povrchových vod nebezpečnými látkami“.

Významně lze bezprostředně využít výstupů v praxi vnímat v části řešení věnované mezinárodní spolupráci v hlavních povodích ČR a spolupráci na hraničních vodách. Zde je evidentní, že rutinní činnost prováděná v režimu pravidelných a oficiálních jednání musí být jednak ovlivňována tak, aby byla v souladu s celkovým vývojem odborného poznání, jednak musí být často podporována specifickými analýzami a studii výzkumného charakteru.

Zcela mimořádný dosah by měly postupně mít zatím pouze předběžné a dílčí výstupy zaměřené na posouzení účinnosti přijatých technických, administrativních, právních a ostatních opatření. V této části výzkumného záměru je zajištění předstihu obecného poznání před prak-

tickými aplikacemi velice patrné a vysoce žádoucí. Již nyní avizovaný problém spočívající v konfrontaci realizace v budoucnu navržených opatření s trvajícím platností a účinností vodoprávních rozhodnutí je zřetelným příkladem efektivního výstupu výzkumného záměru.

Výsledek hodnocení a pokračování prací

Dne 20. 12. 2005 byly na oponentním řízení předložené výsledky úvodního roku řešení přijaty jako podklad k zahájení dalších fází řešení výzkumného záměru. Z hlediska dlouhodobého řešení budou práce orientovány několika základními směry:

- Klimatická změna a její dopad na vodní hospodářství, na vodní politiku a na další oblasti hospodářství se vztahem k užívání a ovlivňování vodního prostředí.
- Změny tlaků na vodní systémy dané vývojem čištění odpadních vod, vývojem produkce znečišťujících látek do odpadních vod a vývojem technologií čištění odpadních vod. Zvláštní důraz bude kladen na specifické polutanty v průmyslových vodách, např. organické látky typu alkylfenolů, a zejména na látky, které jsou do odpadních vod produkovány přímo lidskou populací. To jsou především tzv. PPCP (Pharmaceutics a. Personal Care Products) a endokrinní disruptory z hormonálních přípravků. Na rozdíl od látek produkovaných průmyslem, a tedy kontrolovatelných na úrovni vypouštění z výroby PPCP, zahrnují látky jako léčiva, farmaka, kosmetické prostředky apod., které se do komunálních odpadních vod dostávají po použití obyva-

telstvem. Při současném stavu čistírenských technologií a neznámém efektu a osudu těchto látek v tocích je to typická úloha předjímající konkrétní společenskou potřebu praktických řešení.

- Procesy tvorby podzemních a povrchových vod na horních tocích a interakce akvatických a krajinných prvků, včetně vlivů rozptýleného osídlení, malých obcí a začleňování opuštěných technologických prvků do krajiny.
- Systémy pro indikaci tlaků na přírodu a jejich dopadů na akvatickou složku – od metodik základního monitoringu po sofistikované systémy hodnocení.
- Výzkum nástrojů, kterými je možno regulovat a řídit trvalé užívání a ochranu vodní složky ekosystémů, krajiny, a hydrosféry obecně. To zahrnuje nástroje legislativní, technické, ekonomické, bilanční a další. Základem řešení výzkumného záměru je spolupráce mezi všemi řešiteli, tedy i uvedené směry řešení spolu na všech úrovních komunikují. Můžeme prohlásit, že výzkumný záměr odstartoval a začíná produkovat výsledky – současně s řešením dlouhodobých výzkumných směrů také výsledky podporující současné operativní potřeby státních orgánů a veřejnosti. Součástí práce je i publikační činnost, včetně popularizace výsledků řešení pro veřejnost.

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 330

VÝZKUMNÝ ZÁMĚR „VÝZKUM PRO HOSPODAŘENÍ S ODPADY V RÁMCI OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A UDRŽITELNÉHO ROZVOJE“

Marie Kulovaná

Na základě Rozhodnutí o poskytnutí dotace na podporu vybraného řešení výzkumného záměru Ministerstva životního prostředí byl ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v Praze zahájen projekt výzkumného záměru „Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje (prevence a minimalizace vzniku odpadů a jejich hodnocení)“. Projekt byl zahájen v 1. pololetí roku 2005.

Problematika odpadů je v rámci Evropské unie řešena od doby vydání Rámcové směrnice Rady 75/442/EHS o odpadech, která vstoupila v platnost v roce 1975 a stala se základním stavebním kamenem pro tvorbu národních právních předpisů v odpadovém hospodářství v jednotlivých státech Evropy, včetně České republiky.

Každý stát EU musí řešit problematiku nakládání s odpady v souladu s touto Rámcovou směrnicí s ohledem na vývoj národní ekonomiky a s přihlédnutím i k dalším mezinárodním úmluvám, především Basilejské úmluvě, Stockholmské úmluvě, Aarhuské úmluvě a 6. akčnímu programu pro životní prostředí. Rámcová směrnice je průběžně doplňována, rozšiřována a upřesňována dalšími právními předpisy, do kterých se promítá jak současná úroveň znalostí a technického pokroku v jednotlivých oblastech nakládání s odpady a obaly, tak i stupeň ochrany životního prostředí podle ekonomických možností jednotlivých zemí. V současné době vrcholí diskuse nad návrhem zásadní revize Rámcové směrnice.

Koncepce EU ve věci politiky hospodaření s odpady vychází ze základního principu hierarchického nakládání s odpady, který upřednostňuje v první řadě zamezení vzniku odpadů, poté jejich zhodnocení (které zahrnuje materiálové využití, opětovné použití a energetické využití) a teprve v poslední řadě jejich odstranění (spálení bez energetického využití a uložení na skládku).

Se stoupajícím technickým rozvojem se zvyšuje nejen množství odpadů, ale současně s tím se rozšiřuje i spektrum vznikajících odpadů, kterými je nutné se zabývat.

Práce výzkumného záměru jsou rámcově členěny do čtyř tematických celků: Mezinárodní spolupráce a implementace legislativy EU v oblasti odpadového hospodářství, Rozvoj integrovaných systémů nakládání s odpady v ČR, Vývoj analytických metod pro oblast nakládání s odpady a Evidence a hodnocení skládek a starých zátěží. Jednotlivé kapitoly jsou tvořeny samostatnými subprojekty. Kapitola Mezinárodní spolupráce a implementace legislativy EU v oblasti odpadového hospodářství se promítá do všech jednotlivých částí výzkumného záměru. U jednotlivých subprojektů byly využívány k řešení výstupy získané z databáze Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH). Problematika Integrovaných systémů nakládání s odpady je promítnuta především do oblastí zpracování a úpravy odpadů, vybraných odpadů a biologicky rozložitelných odpadů.

Implementace předpisů Evropské unie do českých právních předpisů samozřejmě probíhala již před vstupem ČR do EU, ale průběžně jsou přijímány nové právní předpisy a dokumenty. Proto v rámci jednotlivých subprojektů všichni řešitelé sledovali probíhající dění ve svých oborech a sbírali poznatky, jak tuto problematiku řeší odborníci v jiných zemích.

Účast na mezinárodních projektech přinesla navázání důležitých pracovních kontaktů s možností dalšího rozvoje spolupráce při řešení společných projektů v oblasti odpadového hospodářství. Získané poznatky z mezinárodních seminářů a setkání byly využity při pracích na jednotlivých projektech. Budou také uplatňovány nejen při vývoji a výzkumu nových technologií pro úpravy odpadů, využívání odpadů, včetně jejich konečného odstranění, ale i při přípravě právních předpisů a tvorbě technických norem.

V rámci kapitoly Rozvoje integrovaných systémů nakládání s odpady byla pozornost soustředěna především na oblast biodegradabilních odpadů, oblast technologií úprav odpadů, zpětný odběr, autovraky a elektroodpady.

V oblasti hospodaření s biodegradabilními odpady byl podrobně sledován stav v ČR a Evropě, včetně vývoje problematiky kolem dopadů nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o veterinárních a hygienických pravidlech pro vedlejší výrobky živočišného původu, které nejsou určeny k lidské spotřebě. Rozsáhlý materiál se týká dopadů tohoto nařízení na způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a možnosti jejich využívání, zejména přísných pravidel pro kompostárny a bioplynové stanice.

Současně pokračovaly práce na dokončování podkladů pro návrh české vyhlášky o biologickém zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Průběžně získávané informace o technologiích zpracování biologicky rozložitelných odpadů kompostování byly využity k aktualizaci databáze zpracovatelských zařízení pro BRO v České republice. Aktualizovaný přehled provozovaných zařízení je k dispozici široké odborné veřejnosti na webových stránkách Centra pro hospodaření s odpady (CeHO) a stránkách BIP (Informačního bodu o bioodpadech).

V problematice kalů z ČOV je třeba nadále věnovat pozornost detailnějšímu průzkumu stavu podmínek používání kalů na zemědělské půdě a následné kontrole, zejména se zaměřením na oblast evidence – spolupracovat, doplňovat a ověřovat data o produkci a složení kalů tak, aby poskytované údaje byly v souladu se skutečností a mohly být podávány reálné a odpovídající informace jak pro potřeby reportingu EU a OECD, tak i všech dalších požadovaných relevantních výkazů. V letošním roce byla podrobně zpracována oblast Moravskoslezského kraje.

Důležitou sledovanou oblastí byl výzkum vlivu kuchyňských drtičů na kaly z ČOV. Zatím je zřejmé, že se provozovatelé vodovodů a kanalizací a další odborníci přiklánějí k zákazu nebo omezení drtičů kuchyňských odpadů. Na druhé straně, provozovatelé stravoven a jídelen by rádi nadále drtiče využívali, především kvůli zákazu zkrmování zbytků z kuchyní a stravoven. Experimentální ověření bude po počátečním pokusu pokračovat i v následujícím roce, aby bylo možno důkladně posoudit všechny aspekty používání drtičů.

Hlavním výstupem z úkolu Databáze technologií úprav odpadů je rozsáhlá databáze, která je přístupná na internetových stránkách VÚV T.G.M. (<http://www.vuv.cz>). Přehled termického zpracování odpadů podrobně zpracovává jednotlivé způsoby využití energetického potenciálu odpadů. Pro rok 2006 je plánováno ověření účinnosti vybraných technologií z hlediska dopadů na životní prostředí.

Zpětný odběr některých výrobků podle zákona o odpadech funguje v podstatě teprve tři roky a stále se nacházejí mezery a nedostatky. Zatím není možné s určitostí říci, s jakou účinností bude zpětný odběr v následujícím období realizován a jakou měrou se bude naplňovat cíl, tj. separace těchto komodit z komunálního odpadu. I přes zvyšující se snahu povinných osob plnit své zákonné povinnosti se dosud setkáváme s nízkým počtem a málo informovanými povinnými osobami. Je proto velice důležité šířit osvětovou činnost, provádět dostatečné množství kontrol a pečlivě informovat poslední prodejce.

Metoda zkoumání životního cyklu výrobku (LCA) zahrnuje široké spektrum problémů týkajících se životního prostředí a umožňuje komplexní způsob jejich řešení. Vypracování kvantitativní metodologie poskytuje LCA spolehlivý základ pro rozhodování. Je ovšem nutné dodat, že LCA oproti jiným metodám (např. analýze nákladů a užitků, CBA) opomíjí sociální i ekonomické aspekty. Dalším problémem je v současnosti značná nejednotnost v metodice. V České republice je metoda LCA v naprostých počátcích, její výuka na vysokých školách a popularizace mezi odbornou veřejností jsou však zřejmou podmínkou pro její další rozvoj. V letošním roce byly provedeny především rešeršní práce, zjišťující, jak je podobná problematika řešena v zahraničí.

Velmi sledovanou komoditou je oblast autovraků, elektroodpadů a odpadů z plastů. Pro vyhodnocení dopadů omezení nebezpečných složek v obou komoditách je navrženo sledovat jejich obsah v lehkých frakcích z drcení těchto odpadů a ve sledování pokračovat do doby, kdy se začnou zpracovávat vozidla nebo elektrozařízení, u kterých bude již obsah nebezpečných složek omezen při výrobě.

Problematika hodnocení skutečných vlastností odpadů, včetně analytických metod pro stanovení jednotlivých škodlivin, což je hlavní náplní kapitoly Vývoj analytických metod pro oblast nakládání s odpady, není záležitostí pouze České republiky. Tento problém má celá Evropská unie, a proto se snaží standardizovat normy a postupy těchto analýz.

V roce 2005 byly zahájeny práce na přípravě metodiky pro hodnocení obsahu těžkých kovů v bateriích, v dalším roce budou pokračovat práce na standardizaci analytických metod pro tato stanovení. Při těchto pracích je třeba ověřit společné standardní analytické metody stanovení Hg, Cd a Pb v alkalických manganových článcích s využitím analytických metod – AAS, ICP-AES a „studených par“, které používají zahraniční asociace výrobců elektrochemických článků.

V roce 2005 byly zahájeny práce na standardizaci postupu stanovení organického uhlíku ve výluhu při jiném než vlastním pH.

Vzhledem k tomu, že odpady jsou většinou pevné heterogenní materiály, v nichž škodliviny mohou být obsaženy v málo rozpustné formě, a klasické „ekotesty“ ve vodném výluhu proto nemusejí mít dostatečnou vypovídací schopnost, byly zahájeny práce na aktualizaci Metodického pokynu pro hodnocení ekotoxicity s důrazem na využití kontaktních testů. Z výsledků zkoušek ekotoxicity vyplývá větší citlivost sady kontaktních biotestů ve studii na testované vzorky ve srovnání se sadou testů akvatických. K testování byly vybrány vzorky s různou kontaminací, včetně kombinovaného znečištění (těžké kovy a organické látky). Výsledky potvrdily, že rozdílné vlastnosti kontaminantů mají rozdílný vliv na testované organismy, proto by bylo vhodné pro odpady znečištěné určitými kontaminanty zvolit testy na konkrétních organismech. V příštím roce budou práce pokračovat dalšími testy, k testování budou vybrány druhy odpadů především s cílenou kontaminací (konkrétní těžké kovy, konkrétní organické škodliviny). Série testů by bylo vhodné použít v celém rozsahu organismů, aby bylo možno určit vhodnou sadu biotestů pro konkrétní skupiny odpadů v závislosti na druhu kontaminantu (a jeho formě). U některých odpadů by však bylo možno uvažovat o omezení testů ve vodném výluhu s důrazem na testy v kontaktním uspořádání. Cíleněji by měla být využita metoda s luminiscenčními bakteriemi, kdy je vzorek v suspenzi, protože by bylo vhodné využít jeho citlivosti a v neposlední řadě i rychlosti při hodnocení výsledků.

Se změnou právních předpisů, především s vydáním vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, a vývojem vědy a techniky v oblasti hodnocení vlastností odpadů je třeba aktualizovat i některé další metodické pokyny, především Metodický pokyn ke Vzorkování odpadů a Metodický pokyn k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů, který by v sobě zahrnoval i postupy předúpravy vzorku pro stanovení ukazatelů v pevné matici. S novou vyhláškou se objevila potřeba nového metodického pokynu, ve kterém by byly podrobně zpracovány postupy a problémy tvorby Základního popisu odpadu.

Problematika nebezpečných odpadů byla řešena s důrazem na perzistentní organické polutanty (POPs), se zřetelem k požadavkům Stockholmské úmluvy. Je patrné, že připravenost zemí na splnění závazků Stockholmské úmluvy je různá. Česká republika nicméně patří mezi připravenější země, řada problémů je již řešena a pro ostatní jsou připravena opatření. Řešení problematiky POPs v odpadech je komplikované, protože se těžko identifikují odpady, ve kterých se POPs mohou vyskytovat. V případě vytipování konkrétních odpadů jsou dostupná pouze data o produkci odpadů a nakládání s nimi, nikoliv o koncentraci POPs v daném odpadu; kvalitativní údaje neposkytuje ani Integrovaný registr znečištění (IRZ).

Poslední část Evidence a hodnocení skládek a starých zátěží, včetně problematiky PCB, je velmi rozsáhlá. Z analýzy postupu hodnocení kontaminovaných míst vyplynulo, že navrhovaná metodika určování priority kontaminovaných míst poskytuje výsledky, které lépe odpovídají skutečnosti než předcházející způsob prioritizace; původní metodika nemohla rozlišovat mezi lokalitami s nejvyšším rizikem a lokalitami, o kterých nejsou známy žádné informace.

Nejdůležitější výstupy (mapová schémata) budou k dispozici na webových stránkách VÚV T.G.M. V následujícím období budou v popsaném směru výzkumu pokračovat další činnosti vedoucí k vylepšení a zpřesnění základní centrální databáze ekologických zátěží SEKM. V současné době je index priority přiřazen pouze u menší části lokalit, proto budou aktualizovány mapy zatížení prostředí podle jednotlivých kritérií a výsledného indexu priority v závislosti na aktuálním obsahu SEKM.

V rámci výzkumných prací byly metodami terénního průzkumu a rešerší odborných podkladů zpracovány a zhodnoceny případové studie dvou vybraných problémových starých ekologických zátěží – oprávněnou u Kaznějova a bývalé obalovny Milevsko. Pro obě lokality byla vypracována doporučení dalšího postupu v souvislosti s ekologickou zátěží, neboť obě představují nemalé riziko pro lidské zdraví a ekosystémy.

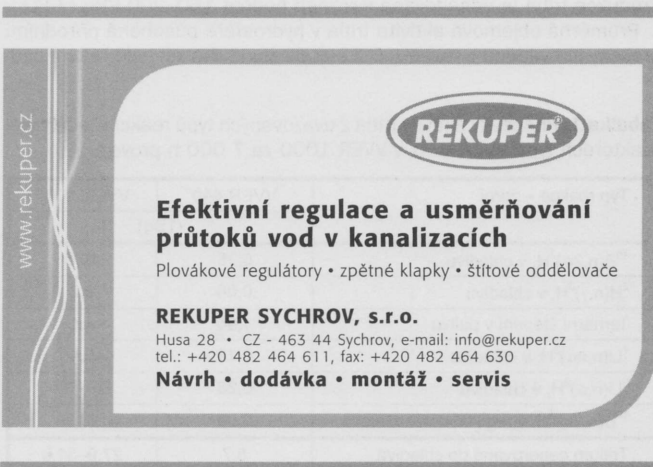
V rámci řešení problematiky PCB a ostatních POPs ve starých zátěžích, včetně starých skládek, byly identifikovány a evidovány další lokality kontaminované PCB. Získané informace byly zhodnoceny z pohledu platných právních předpisů a byla rozšířena databáze míst kontaminovaných PCB. Výstupy z identifikace starých skládek budou využity k vylepšení databáze SEKM. V rámci dalšího postupu prací navrhneme zpracovat stejnou metodikou území celé ČR.

Z výsledků řešení v oblasti přesné identifikace lokalit, které mohou znamenat ohrožení životního prostředí, vyplývá zpřesnění evidence skládek nebezpečného odpadu. V následujícím období bude výzkum zaměřen na zpřesnění evidence dalších zařízení pro nakládání s odpady. Konečným cílem je kromě doplnění stávajících databází i vytvoření atlasu jmenovaných zařízení.

Výzkum v oblasti PCB se v letošním roce zabýval praktickým ověřením postupu dekontaminace transformátoru s náplní o koncentraci PCB 143,3 mg/kg (suma 6 kongenerů). Získané údaje (snížení kontaminace o 96,6 %) naznačují, že bude účelné vyzkoušet dekontaminaci transformátoru s náplní o koncentraci PCB vyšší než 500 mg/kg. Rovněž je důležité pokračovat v analýzách vzorků kromě klasické kongenerové analýzy také metodou A_{mod} . Použité metody je třeba porovnat a vyhodnotit. Sjednocení stanovení celkového obsahu PCB v různých maticích je důležitou podmínkou pro hodnocení a bilancování obsahu PCB v životním prostředí.

I přes relativně krátkou dobu existence Centra pro hospodaření s odpady (od roku 2001) jsou výsledky a závěry prací jednotlivých subprojektů výzkumného záměru v konkrétních oblastech nakládání s odpady důležitým přínosem nejen pro Ministerstvo životního prostředí jako zadavatele tohoto výzkumného záměru, ale i pro další odborníky a instituce nejen v oblasti odpadového hospodářství. Proto je důležité, aby práce pokračovaly i v dalších letech a byly dořešeny v souladu s plány a cíly návrhu výzkumného záměru.

Ing. Marie Kulovaná
VÚV T.G.M. Praha, CEHO
tel. 220 197 327, e-mail: marie_kulovana@vuv.cz



REKUPER

Efektivní regulace a usměrňování průtoků vod v kanalizacích

Plovákové regulátory • zpětné klapky • štítové oddělovače

REKUPER SYCHROV, s.r.o.
Husa 28 • CZ - 463 44 Sychrov, e-mail: info@rekuper.cz
tel.: +420 482 464 611, fax: +420 482 464 630
Návrh • dodávka • montáž • servis

VLIV ODPADNÍCH VOD Z JE TEMELÍN NA OBSAH TRITIA VE VLTAVĚ A LABI

Eduard Hanslík, Diana Ivanovová, Pavel Šimonek

Klíčová slova

tritium, testy jaderných zbraní, jaderné elektrárny, odpadní vody

Souhrn

Byl hodnocen vliv odpadních vod z JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi. Do hodnocení byly zahrnuty vlivy reziduální kontaminace povrchových vod tritiem po testech jaderných zbraní v minulém století, zdrojů přírodního tritia a jaderných zdrojů mimo území ČR. Pozorovaný pokles ubývání reziduálního obsahu tritia, tzn. na tocích neovlivněných odpadními vodami JE Temelín, se prodlužuje a na základě sledování je kolem osmi let. Měření zvýšení objemové aktivity tritia pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín odpovídá dříve provedené prognóze. Maximální hodnota objemové aktivity tritia na odtoku z VN Orlík 36,2 Bq.l⁻¹ zjištěná v lednu 2004 představovala 0,9 % z imisního standardu pro tritium podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Vypočtený odtok aktivity tritia pod VN Orlík odpovídal údajům JE Temelín o vypuštěné aktivitě tritia s odpadními vodami. Vyhodnocená atmosférická depozice aktivity tritia na českém úseku povodí Labe v roce 2004 byla 42,8 TBq. Vypočtený příspěvek k odtoku aktivity tritia v profilu Labe-Hřensko v důsledku provozu JE Temelín byl v roce 2004 19,1 TBq.

Problematice tritia v životním prostředí je věnována velká pozornost laické i odborné veřejnosti v souvislosti s provozem jaderných elektráren. Vypouštění tritia s odpadními vodami jaderných elektráren do životního prostředí je běžné v celosvětové praxi. Důvodem diskuse je i skutečnost, že hodnoty vypouštěných aktivit tritia do povrchových vod a do dalších složek životního prostředí jsou ve srovnání s ostatními radionuklidy o několik řádů vyšší. Pro získání komplexní představy o zdrojích a výskytu tritia v prostředí je třeba uvést, že hlavní zdroj tritia v uplynulém období, jehož vliv přetrvává, byly pokusné výbuchy jaderných zbraní v atmosféře. Emise tritia do prostředí do roku 1963, kdy byla uzavřena dohoda mocností o omezení zkoušek jaderných zbraní, jsou odhadovány na 114,7 EBq (114,7 · 10¹⁸ Bq). V roce 1980 představovala zbytková aktivita tritia z jaderných výbuchů 43,3 EBq, v roce 1990 24,6 EBq a v roce 2000 14,1 EBq [1]. Z toho lze odvodit, že v roce 2012 to bude stále ještě aktivita tritia 7,1 EBq.

Vedle tohoto největšího zdroje tritia vzniká tritium nepřetržitě v horních vrstvách atmosféry jadernými reakcemi vyvolanými kosmickým zářením. Rychlé neutrony vznikající působením kosmických paprsků vyvolávají tritiovou reakci ¹⁴N(n,³H)¹²C. Přírodní procesy tvorby tritia zkoumal Libby [2]. Později se problematikou tvorby tritia zabýval např. Nir a kol. [3]. Zjištěná rychlost produkce tritia působením kosmického záření je na základě publikovaných výsledků v celosvětovém průměru 0,16–0,20 jádra tritia na plošný centimetr zemského povrchu za sekundu. Hodnotě 0,19 jádra tritia cm².s⁻¹ odpovídá rovnovážná celosvětová bilance aktivity tritia 960 PBq (960 · 10¹⁵ Bq). Na základě poznatků z družic uvádějí Flamm a kol. [4], že intenzivní sluneční činnost vede ke vzniku dalších 0,4 jádra tritia cm².s⁻¹, což představuje více než dvojnásobek produkce vyvolané kosmickým zářením. Inventura zásob přírodního tritia je odhadována na 2,6 EBq (stejná reziduální aktivita tritia po zkouškách jaderných zbraní bude dosažena přibližně v roce 2030). Produkce tritia je odhadována v rozpětí hodnot 150–200 PBq.r⁻¹ [1].

Průměrná objemová aktivita tritia v hydrosféře působená přírodními procesy je uváděna v rozmezí 0,12–0,59 Bq.l⁻¹. Na základě řešení sed-

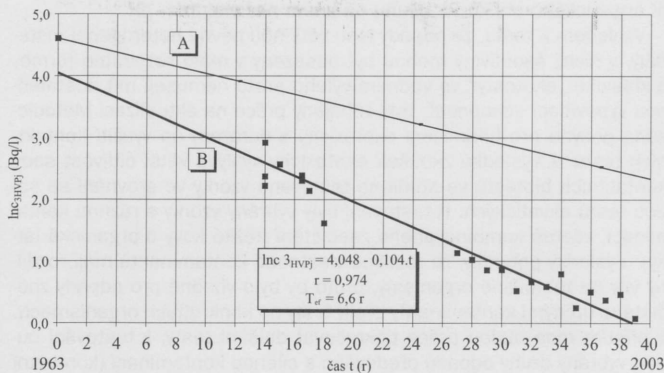
misložkového modelu je rovnovážná koncentrace tritia ve vzdušné vlhkosti 0,61 Bq.l⁻¹, v povrchových tocích 0,38 Bq.l⁻¹ a v povrchových vrstvách oceánů 0,06 Bq.l⁻¹. V lidském organismu je uváděna objemová aktivita tritia na úrovni 0,46 Bq.l⁻¹. Těto aktivity tritia odpovídá dávka ve tkáních člověka 1,2 · 10⁻⁵ mGy.r⁻¹. Dávka z přirozeně vznikajícího tritia tak představuje jen velmi malý podíl dávky působené přírodními zdroji ionizujícího záření, která je uváděna kolem 3 mGy.r⁻¹ [5].

S rozvojem jaderné energetiky dochází k produkci řady radionuklidů včetně tritia a jejich částečnému uvolňování do životního prostředí. Pro naše území je aktuální tvorba a uvolňování tritia vznikajícího při štěpných reakcích v tlakovodních reaktorech typu VVER 440 MW a 1000 MW. Na základě teoretických výpočtů publikoval Tvrzník [6] reakce vedoucí k produkci tritia do chladiva primárního okruhu. Výsledky jsou stručně uvedeny v tabulce 1.

Tritium vypouštěné z jaderných zařízení do životního prostředí se přeměňuje na tritiovanou vodu (HTO) a stává se součástí normálního koloběhu vody v přírodě. Většina současného inventáře tritia ve světě se tak dostane do oceánů prostřednictvím dešťových srážek, odtoku řek a přímé výměny vodních par obsažených ve vzduchu a mořské vodě. V oceánech dochází k ředění tritia při procesech mísení. Protože se tritium stává po emisi do prostředí součástí koloběhu vody v přírodě, bez schopnosti sorpce na pevných látkách, mají jeho výpusti význam pro celosvětovou populaci.

Vývoj objemové aktivity tritia v povrchových vodách po ukončení testů jaderných zbraní

Úroveň kontaminace povrchových vod tritiem neovlivněných výpusti z jaderných elektráren a dalších jaderných zařízení odpovídá především tritiu uvolněnému při zkouškách jaderných zbraní. Po ukončení atmosférických jaderných zkoušek v období 1963–1964 byla průměrná objemová aktivita tritia ve 20 řekách na území Spojených států přibližně 100 Bq.l⁻¹ [7]. V dalším období byl sledován pokles objemových aktivit, a to s větší rychlostí, než odpovídá fyzikálnímu poločasu rozpadu tritia. Důvodem je skutečnost, že dochází k migraci do hlubších vrstev oceánů apod., a tím k poklesu objemové aktivity tritia v důsledku ředění. Bogen a kol. [8] uvádějí, že došlo k prodloužení pozorovaného poločasu ubývání tritia z původních tří let v počátečním období po testech jaderných zbraní na pět let kolem roku 1978.



Obr. 1. Vývoj objemové aktivity tritia v povrchových vodách neovlivněných výpusti odpadních vod z JE Temelín za období 1963–2003

Ke sledování tritia ve vodním prostředí v tomto období je třeba poznamenat, že nebylo rutinně prováděno a bylo výsledky pracovišť vybavených zařízeními pro detekci beta záření s velmi nízkou energií. S využitím údajů publikovaných v zahraničí [9] i vlastních měření [10] byl hodnocen dlouhodobý vývoj objemové aktivity tritia v dalším období, resp. od roku 1978. Pro popis závislosti byla použita rovnice kinetiky 1. řádu:

$$\ln c_{3HVP,j} = -\lambda_{ef} \cdot t + q \quad (1)$$

kde $c_{3HVP,j}$ je roční průměrná objemová aktivita tritia v povrchových vodách, odpovídající kontaminaci po testech jaderných zbraní, jeho tvorbě přirozenými procesy a uvolňování z jaderných zařízení (pozadí) na základě výsledků terénních měření za období 1978–2003 (Bq/l),

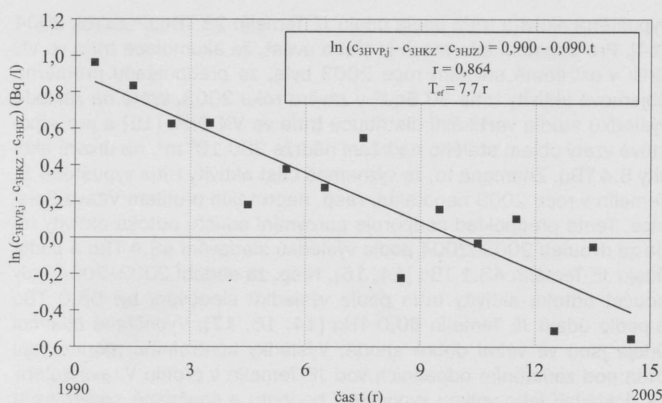
λ_{ef} efektivní (pozorovaná) rychlostní konstanta pro pokles objemové aktivity tritia z testů jaderných zbraní (r⁻¹),

t roky sledování (r).

V semilogaritmickeém měřítku je na obr. 1 vyjádřen pokles objemové aktivity tritia od ukončení testů jaderných zbraní [7] za předpokladu, že k poklesu objemové aktivity tritia z počáteční hodnoty 100 Bq.l⁻¹ dochází jeho radioaktivním rozpadem (A). Z hodnocení vývoje měřených objemových aktivit tritia (B) na obr. 1, je zřejmé prodloužení jeho pozorovaného poločasu ubývání v souladu s dříve publikovanými pracemi [8].

Tabulka 1. Příspěvky aktivity tritia z uvažovaných typů reakcí v jaderných reaktorech typu VVER 440 a VVER 1000 za 7 000 h provozu

Typ reakce – zdroj	VVER 440	VVER 1000
	(TBq)	
¹⁰ B(n,2α) ³ H, v chladivu	6,25	19,5
² H(n,γ) ³ H, v chladivu	0,06	0,2
Ternární štěpení v palivu	1,94	4,1
⁷ Li(n,α) ³ H, v chladivu	0,14	0,4
⁶ Li(n,α) ³ H, v chladivu	0,26	3,7–7,4
¹⁰ B(n,2α) ³ H, v regulačních kazetách	0,08	22,3
Tritium generované do chladiva	8,7	27,9–31,6



Obr. 2. Vývoj objemové aktivity tritia v povrchových vodách neovlivněných výpustmi odpadních vod z JE Temelín opravené o přirozené složky a příspěvek jaderných zařízení za období 1990–2004

V závěru hodnoceného období je zřejmé, že dochází k dalšímu zpomalování poklesu objemových aktivit tritia. K tomu přispívá skutečnost, že na relativně nízkých objemových aktivitách tritia (pozadí) se podílí významnou měrou konstantní složka – příspěvek tvořený kosmickým zářením a příspěvek z jaderných zařízení výpočtově uvažovaný také jako konstantní, jak bylo podrobně uvedeno výše. Z těchto důvodů byla časová etapa poklesu objemové aktivity tritia za období 1990–2004 zpracována samostatně na obr. 2. Pro popis vývoje objemové aktivity tritia v povrchových vodách byly použity výsledky sledování tritia ve Vltavě nad JE Temelín, v Lužnici a Otavě. Roční průměrné objemové aktivity tritia c_{3HVPj} byly korigovány o přirozenou složku vznikající kosmickým zářením c_{3HKZ} a o odhad příspěvku z jaderných zařízení přenosem atmosférou c_{3HJZ} .

Průměrná objemová aktivita tritia v těchto neovlivněných proflech nekorigovaná na pozadí byla v roce 2002 na úrovni $1,1 \text{ Bq.l}^{-1}$, v roce 2003 byla $1,4 \text{ Bq.l}^{-1}$ a v roce 2004 $1,1 \text{ Bq.l}^{-1}$ (do průměrných hodnot byly započteny výskyty tritia pod úrovní nejmenší významné aktivity c_{Nv} na úrovni této hodnoty).

Pro kinetiku ubývání objemové aktivity tritia korigované o přirozenou složku a příčinek jaderných zařízení byla odvozena hodnota efektivního poločasu $7,7 \text{ r}$ ($T_{ef} = \ln 2 / \lambda_{ef}$).

Vliv provozu JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi

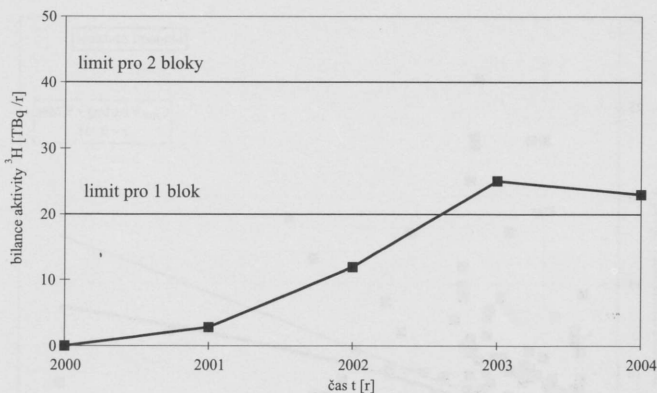
Limit pro aktivitu tritia vypouštěnou s odpadními vodami JE Temelín byl stanoven v Rozhodnutí OkÚ České Budějovice [11] na 40 TBq.r^{-1} pro dva bloky elektrárny. Aktivita tritia vypouštěná s odpadními vodami postupně vzrůstala s rozvíjením zkušebního provozu, jak je zřejmé z obr. 3.

Z hlediska aktivity tritia vypustila elektrárna v roce 2000 $0,007 \text{ TBq}$, v roce 2001 $2,8 \text{ TBq}$, v roce 2002 $11,9 \text{ TBq}$, v roce 2003 $25,1 \text{ TBq}$ a v roce 2004 to bylo $23,0 \text{ TBq}$. Vypouštěná aktivita tritia představovala v roce 2002 $29,8 \%$, v roce 2003 $62,8 \%$ a v roce 2004 $57,5 \%$ z limitu aktivity a efektivní dávky podle Rozhodnutí OkÚ [11]. Je zřejmé, že limit podle Rozhodnutí OkÚ [11] byl spolehlivě dodržován.

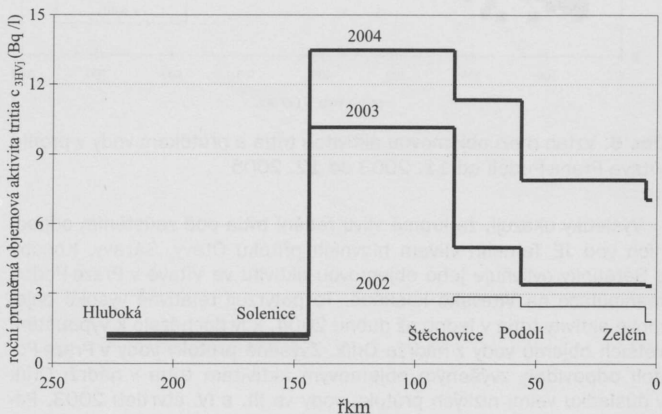
Z hlediska hodnocení primárního limitu dávky pro tritium při provozu dvou bloků elektrárny $0,32 \mu\text{Sv.r}^{-1}$ podle [11] odpovídá vypuštěná aktivita tritia extrapolovaná na celý rok 2004 dávce $0,18 \mu\text{Sv.r}^{-1}$, což v relativních jednotkách představuje také $57,5 \%$ limitu dávky pro tritium. Z porovnání s výše uvedeným rozdělením dávek z přírodního pozadí se však jedná o velmi malý příspěvek.

V podélném profilu Vltavy pod zaústěním odpadních vod JE Temelín již bylo zaznamenáno zvýšení objemových aktivit tritia. Roční průměrné objemové aktivity tritia v úseku Vltava-Hluboká až Vltava-Praha-Podolí jsou za období 2000–2004 uvedeny na obr. 4.

V roce 2001 ještě nebyly zjištěny koncentrace tritia ve Vltavě pod zaústěním odpadních vod větší než horní mez rozmezí hodnot za předchozí období. V roce 2002 se jednalo o začínající vliv zkušebního provozu JE Temelín. V roce 2003 charakterizovaném podprůměrnými srážkami, a tím i nízkými průtoky vody, byl již vliv odpadních vod vypouštěných z JE Temelín signifikantní a roční průměrná objemová aktivita tritia v profilu Vltava-Solenice byla $10,2 \text{ Bq.l}^{-1}$, v profilu Vltava-Štěchovice $5,3 \text{ Bq.l}^{-1}$, v profilu Praha-Podolí $3,4 \text{ Bq.l}^{-1}$ a v profilu Vltava-Zelčín $3,3 \text{ Bq.l}^{-1}$. V roce 2004 byla



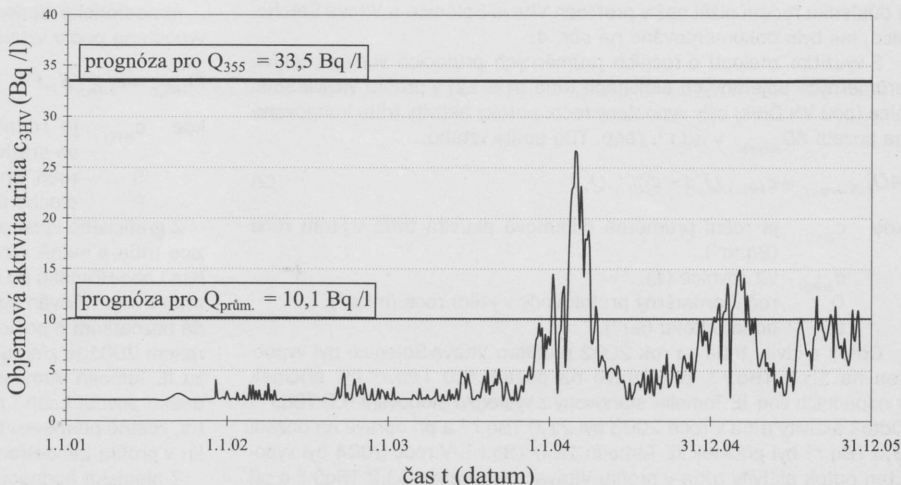
Obr. 3. Vývoj roční bilance vypouštěné aktivity tritia s odpadními vodami ETE za období 2000–2004



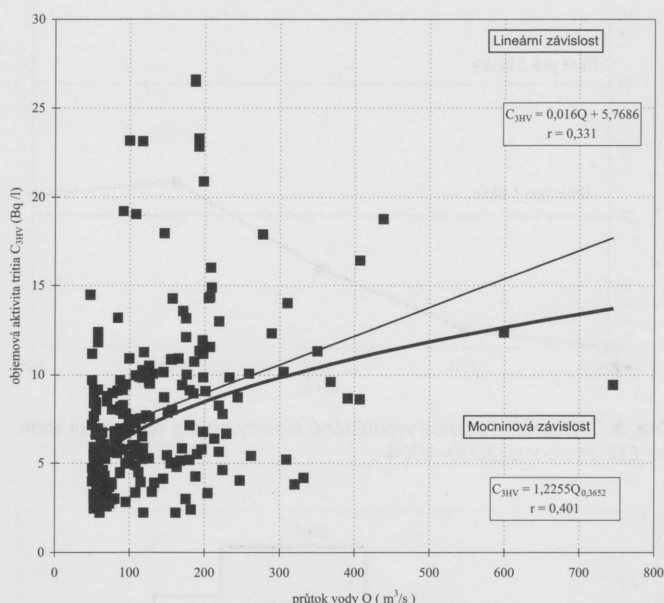
Obr. 4. Roční průměrné objemové aktivity tritia na neovlivněném profilu Vltava-Hluboká a ve Vltavě pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín za období 2002–2004

roční průměrná aktivita tritia v profilu Vltava-Hluboká (nad zaústěním odpadních vod JE Temelín) méně než $1,2 \text{ Bq.l}^{-1}$. V následujících profilech pod zaústěním odpadních vod v profilu Vltava-Solenice to bylo $13,5 \text{ Bq.l}^{-1}$, v profilu Vltava-Štěchovice $11,3 \text{ Bq.l}^{-1}$, v profilu Praha-Podolí $6,4 \text{ Bq.l}^{-1}$ a v profilu Vltava-Zelčín $7,1 \text{ Bq.l}^{-1}$ (do průměrných hodnot byly započteny výskyty tritia pod úrovní nejmenší významné aktivity c_{Nv} na úrovni této hodnoty). Roční průměrné hodnoty do roku 2004 vykazovaly vzestupný trend odpovídající postupnému nárůstu výkonu JE Temelín doprovázenému nárůstem vypouštěné aktivity tritia.

Soustavná pozornost je věnována sledování vývoje objemové aktivity tritia v profilu Vltava-Praha-Podolí. Vzorky jsou odebrány s četností 2krát týdně, vesměs v pondělí a ve čtvrtek. Vývoj objemové aktivity tritia, včetně roku 2005, je uveden na obr. 5. Minimální detekovatelná aktivita tritia při měření v tomto profilu byla nastavena na cca $2,2 \text{ Bq.l}^{-1}$.



Obr. 5. Vývoj objemové aktivity tritia ve Vltavě v profilu Praha-Podolí za období 2001–2005 a prognóza objemové aktivity tritia včetně pozadí za předpokladu průtoku vody Q_{355} a $Q_{prům.}$ a rovnoměrného vypouštění tritia s odpadními vodami JETE na úrovni limitu 40 TBq/r



Obr. 6. Vztah mezi objemovou aktivitou tritia a průtokem vody v profilu Vltava Praha-Podolí od 11. 2003 do 12. 2005

Výsledky ukazují, že kromě vlivu ředění tritia pod zaústěním odpadních vod JE Temelín vlivem hlavních přítoků Otavy, Sázavy, Kocáby a Berounky ovlivňuje jeho objemovou aktivitu ve Vltavě v Praze-Podolí manipulace na Vltavské kaskádě. To potvrzují relativně vysoké objemové aktivity tritia v lednu až dubnu 2004, kdy docházelo k vypouštění větších objemů vody z nádrže Orlík. Zvýšené průtoky vody v Praze-Podolí odpovídaly zvýšeným objemovým aktivitám tritia v nádrži Orlík v důsledku velmi nízkých průtoků vody ve III. a IV. čtvrtletí 2003. Podobná situace se opakovala v zimním období v závěru roku 2004 a na začátku roku 2005, i když zvýšení objemových aktivit tritia bylo ve srovnání s extrémně suchým rokem 2003 nižší. Roční průměrná objemová aktivita na odtoku z nádrže Orlík v profilu Vltava-Solenice zjištěná v roce 2003 byla 0,25 % a v roce 2004 0,34 % z imisního limitu podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [12].

Výsledky dosavadního sledování tritia v profilu Vltava Praha-Podolí dobře souhlasí s prognózou vypočtenou za předpokladu rovnoměrného vypouštění aktivity tritia na úrovni limitu podle Rozhodnutí OkÚ [11] při průměrném průtoku vody a při průtoku Q_{355} v tomto profilu [9, 13].

Předpoklad, že manipulace na nádržích Vltavské kaskády, zejména na VN Orlík, významně ovlivňuje objemovou aktivitu tritia v profilu Vltava Praha-Podolí, dokládá grafické zpracování závislosti objemových aktivit tritia a průtoků vody v tomto profilu na obr. 6. Logicky by s rostoucím průtokem vody měla objemová aktivita tritia (jako konzervativní látky) klesat.

Výsledky měření však ukazují na tendenci k opačné závislosti, tzn. nárůstu objemové aktivity tritia s rostoucím průtokem vody, a to při použití lineární i mocninové funkce. Současně se ukazuje, že tyto závislosti jsou statisticky málo významné.

Roční průměrná objemová aktivita tritia v Praze-Podolí je však v důsledku ředění nižší než v profilech Vltava-Solenice a Vltava-Štěchovice, jak bylo dokumentováno na obr. 4.

S využitím znalostí o ročních průměrných průtocích vody a ročních průměrných objemových aktivitách tritia ($n = 12$) v profilu Vltava-Solenice (pod VN Orlík) byly vypočteny roční odtoky aktivity tritia korigované na pozadí $AO_{3HVkorig.,j}$ v $Bq.r^{-1}$, resp. TBq podle vztahu:

$$AO_{3HVkorig.,j} = c_{3HV,j} \cdot Q_j \cdot t - c_{3HP,j} \cdot Q_j \cdot t \quad (2)$$

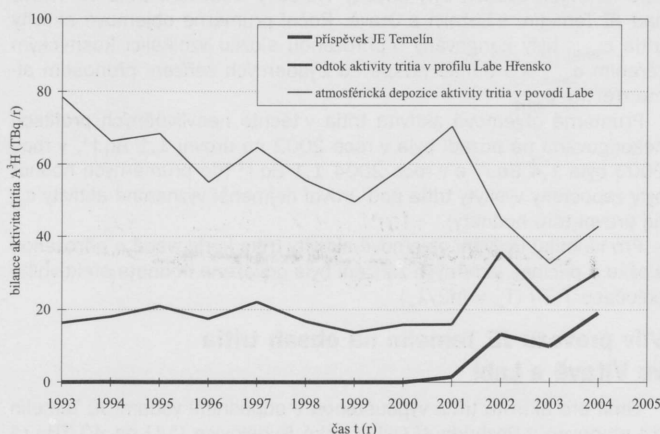
kde $c_{3HV,j}$ je roční průměrná objemová aktivita tritia v j-tém roce ($Bq.m^{-3}$),
 $c_{3HP,jk}$ viz rovnice (1),
 Q_j roční průměrný průtok vody v j-tém roce ($m^3.s^{-1}$),
 t doba odtoku ($s.r^{-1}$).

Odtok aktivity tritia za rok 2002 profilem Vltava-Solenice byl vypočten na 15,6 $TBq.r^{-1}$, při opravě na pozadí 6,0 $TBq.r^{-1}$ byl přičínek z odpadních vod JE Temelín stanovený z výsledků sledování 9,6 $TBq.r^{-1}$. Odtok aktivity tritia v roce 2003 byl 21,0 $TBq.r^{-1}$ a při opravě na pozadí 3,0 $TBq.r^{-1}$ byl přičínek JE Temelín 18,0 $TBq.r^{-1}$. V roce 2004 byl vypočten odtok aktivity tritia v profilu Vltava-Solenice na 33,9 $TBq.r^{-1}$ a při opravě na pozadí 3,5 $TBq.r^{-1}$ byl přičínek JE Temelín stanovený z výsledků sledování 30,4 $TBq.r^{-1}$.

Ze srovnání odtoku aktivity tritia opraveného na pozadí za rok 2004 v profilu Solenice 30,4 $TBq.r^{-1}$ vypočteného na základě sledování jeho objemové aktivity ve Vltavě je zřejmé, že tato hodnota je vyšší než

vypuštěná aktivita tritia podle údajů JE Temelín 23 $TBq.r^{-1}$ za rok 2004 [14]. Pro doplnění informace je třeba uvést, že akumulace tritia ve VN Orlík v extrémně suchém roce 2003 byla, za předpokladu průměrné objemové aktivity tritia 30 $Bq.l^{-1}$ v závěru roku 2003, vzata na základě výsledků studia vertikální distribuce tritia ve VN Orlík [15] a pro výpočtově vzaty objem stálého nadržce 280.10⁶ m³, na úrovni aktivity 8,4 TBq. Znamená to, že významná část aktivity tritia vypuštěné JE Temelín v roce 2003 neodtekla, resp. neprotekla profilem Vltava-Solenice. Tento předpoklad podporuje porovnání součtu odtoku aktivity tritia za dvouletí 2003–2004 podle výsledků sledování 48,4 TBq a podle údajů JE Temelín 48,1 TBq [14, 16], resp. za období 2002–2004, kdy součet odtoku aktivity tritia podle výsledků sledování byl 58,0 TBq a podle údajů JE Temelín 60,0 TBq [14, 16, 17]. Vypočtené bilanční údaje jsou ve velmi dobré shodě. Výsledky kontrolního monitoringu tritia pod zaústěním odpadních vod JE Temelín v profilu Vltava-Solenice dokládají jeho velkou vypovídací hodnotu a současně spolehlivost údaje od znečišťovatele.

Podobně byl hodnocen odtok aktivity tritia v profilu Labe-Hřensko. Odtok aktivity tritia byl vypočten podle vztahu (2) s použitím ročních průměrných objemových aktivit tritia $c_{3HV,j}$ a ročních průměrných průtoků vody Q v profilu Labe-Hřensko. Znalost referenční úrovně objemových aktivit tritia (pozadí) na profilech povrchových vod v povodí Labe neovlivněných odpadními vodami JE Temelín byla využita k výpočtu přičínku provozu JE Temelín k odtoku aktivity tritia v uvedeném závěrovém profilu. Pro tento dílčí výpočet byly v rovnici (2) použity roční průměrné objemové aktivity tritia $c_{3HV,j}$ v profilu Labe-Hřensko korigované na roční průměrnou objemovou aktivitu tritia zjištěnou v neovlivněných profilech $c_{3HVP,j}$ v povodí ($c_{3HVkorig.,j} = c_{3HV,j} - c_{3HVP,j}$). Výsledky jsou přehledně zpracovány na obr. 7.



Obr. 7. Vývoj atmosférické depozice aktivity tritia a odtok aktivity tritia k závěrovému profilu Labe-Hřensko za období 1993–2004 s vyznačením vlivu provozu JE Temelín za období 2001–2004

Sledování tritia v Labi v závěrovém profilu Hřensko a sledování tritia ve srážkových vodách na čtyřech stanicích na území ČR – Přimda, Závíšíň, Lužnice nad Lužnicí a Praha – umožnilo porovnat atmosférickou depozici aktivity tritia na území ČR, resp. povodí Labe na českém úseku a odtok aktivity tritia závěrovým profilem Labe-Hřensko.

Atmosférická depozice aktivity tritia $D_{3HS,j}$ v $Bq.r^{-1}$, resp. TBq byla vypočtena podle vztahu:

$$D_{3HS,j} = c_{3HS,j} \cdot S_j \cdot P \quad (3)$$

kde $c_{3HS,j}$ je roční vážená průměrná objemová aktivita tritia ve srážkách v j-tém roce ($Bq.m^{-3}$),
 S_j roční průměrný úhrn srážek v j-tém roce ($m^3.m^{-2}$),
 P plocha území (m^2).

Z grafického zpracování je zřejmý trend poklesu atmosférické depozice tritia a méně významný trend poklesu odtoku aktivity tritia profilem Labe-Hřensko do roku 2000, tzn. před obdobím, kdy odtok aktivity tritia byl ovlivňován odpadními vodami JE Temelín. Toto zjištění odpovídá poznatkům o poklesu objemové aktivity tritia ve srážkách. Počínaje rokem 2001 je zřejmý přičínek odtoku aktivity tritia odpovídající provozu JE Temelín. Atmosférická depozice aktivity tritia na území českého úseku povodí Labe i na úrovni roku 2004 převyšuje odtok aktivity tritia, včetně připsku tritia vypuštěného s odpadními vodami JE Temelín v profilu Labe-Hřensko.

Z hlediska hodnocení objemové aktivity tritia ve Vltavě pod zaústěním odpadních vod JE Temelín a v dalších profilech je možno konstatovat, že průměrné hodnoty jsou menší než 1 % z imisního standardu podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [12]. Průměrnými ani maximálními dosud zjištěnými objemovými aktivitami tritia ve Vltavě nebyl překročen ani indikativní parametr 100 $Bq.l^{-1}$ podle směrnice Rady [18].

Závěr

Hlavní zdroj kontaminace tritiem hydrosféry představovaly testy jaderných zbraní v minulém století. Tato kontaminace postupně ubývá v důsledku radioaktivního rozpadu tritia. Z bilančního hlediska však aktivita tritia tohoto původu v životním prostředí dosud převažuje. V současné době nabývají významu lokální zdroje tritia, kterými jsou odpadní vody z jaderných zařízení. V práci byla hlavní pozornost věnována hodnocení vlivu JE Temelín na obsah tritia ve Vltavě a Labi.

Maximální objemová aktivita tritia, dosud zjištěná na odtoku z VN Orlik v lednu 2004, byla 36,2 Bq.l⁻¹ a představovala 0,9 % z imisního standardu podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. a 36 % z indikativního parametru podle směrnice Rady.

Sledování tritia v profilech pod zaústěním odpadních vod JE Temelín ukázalo, že nejsou překračovány dříve prognózované úrovně v řece Vltavě, vypočtené za předpokladu rovnoměrného vypouštění aktivity na úrovni 40 TBq.r⁻¹ a mísení za podmínek zabezpečeného (Q₃₅₅) a průměrného průtoku vody v recipientu odpadních vod.

Roční odtoky tritia zjišťované na základě jeho sledování ve Vltavě a Labi souhlasí s údaji o vypouštěné aktivitě tritia podle údajů JE Temelín a potvrzují význam kontrolní funkce nezávislého monitoringu tritia v povrchových vodách. Roční odtok aktivity tritia v roce 2004 odpovídající vlivu provozu JE Temelín byl menší než atmosférická depozice tritia transhraničním přenosem na našem území.

Poděkování

Předložená práce byla zpracována s využitím výsledků řešení projektu Ministerstva životního prostředí, MŽP 0002071101.

Literatura

- [1] Tritium in the environment. NCRP Rep., No. 62, Washington, 1979.
- [2] Libby, WF. Atmospheric helium-3 and radiocarbon from cosmic radiation. Phys. Rev., 3, 1946, p. 671.
- [3] Nir, A., Kruger, ST., Lingenfelter, RE., and Flamm, EJ. Natural tritium. Rev. Geophys. 4, 1966, p. 441.
- [4] Flamm, EJ., Lingenfelter, RE., Mac Donald, JF., and Libby, WF. Tritium and helium-3 solar flares and loss of helium from the earth's atmosphere. Science, 138, 1962, 1, p. 48.
- [5] UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, UNSCEAR, 1993.
- [6] Tvrzník, M. Optimalizace vlivu jaderných elektráren na životní prostředí z hlediska vypouštění odpadních vod s obsahem tritia. Praha: EGP, 1981.
- [7] Bennet, BG. Environmental tritium and the dose to man. In Proc. 3th International Congress of the International Radiation Protection Association, Washington, 1973.
- [8] Bogen, DC., Welfrod, GA., and White, CG. Tritium distribution in man and his environment. In Behaviour of Tritium in the Environment. Vienna: IAEA, 1978.
- [9] Hanslík, E. a Mansfeld, A. Tritium v odpadech jaderného palivového cyklu a možnosti jeho odstraňování. Práce s studie, sešit 159, VÚV Praha. Praha: SZN, 1983.
- [10] Hanslík, E., Budská, E., Sedlářová, B. a Šimonek, P. Trendy změn obsahu radionuklidů v hydrosféře v okolí Jaderné elektrárny Te-

melín. In Sb. XVI. konf. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. ČSVTVS Praha, České Budějovice, 1999.

- [11] Rozhodnutí OkÚ České Budějovice, referátu životního prostředí čj. 10424/93/01-231/2-Si ze dne 8. 3. 2002, kterým se mění Rozhodnutí čj. Vod 6804/93/Si ze dne 15. 12. 1993 o povolení k nakládání s vodami a Rozhodnutí KÚ Jihočeského kraje čj. KUJCK 10012/2004 OZZL Ža ze dne 14. 4. 2004, kterým se povoluje vypouštění nerozpuštěných látek.
- [12] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostí povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- [13] Hanslík, E. aj. Výzkum vlivu Jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru. Zpráva VÚV T.G.M. Praha, 1995.
- [14] Fechtnerová, M. Zpráva o životním prostředí 2004. ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2005.
- [15] Hanslík, E. a Ivanovová, D. Obsah radioaktivních látek ve vodní nádrži Orlik a jejich přitocích po zahájení provozu JE Temelín. Zpráva VÚV T.G.M., 2004.
- [16] Fechtnerová, M. Zpráva o životním prostředí 2003. ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2004.
- [17] Fechtnerová, M. Zpráva o životním prostředí 2002. ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2003.
- [18] Směrnice Rady o jakosti vody určené pro lidskou potřebu 98/83/ES.

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

Mgr. Diana Ivanovová, Pavel Šimonek

VÚV T.G.M. Praha

tel. 233 333 801

Recenzoval Ing. Adolf Mansfeld, CSc., 19. 12. 2005.

Key words

tritium, nuclear weapons tests, nuclear power plants, waste water

Impact of the Temelín nuclear power plant operation on the tritium concentration in the Vltava and Elbe River (Hanslík, E., Ivanovová, D., Šimonek, P.)

It was assessed impact of the NPP Temelín operation on tritium concentration in the Vltava and Elbe River. The assessment included residual contamination of tests of nuclear weapons in the last century, estimation of naturally released tritium and impact of transboundary transmission of nuclear facilities pollution (outside of the Czech Republic). The effective half – live of tritium decrease in time was estimated at 8 years. The observed increase of tritium concentration under the NPP Temelín is in accordance with former estimations. Maximal tritium activity under the outfall from the Orlik reservoir was observed 36.2 Bq.l⁻¹ (January 2004). It represents 0.9 % of pollution limit for tritium according to the Czech Government Decree No. 61/2003 Coll. Estimated tritium outfall under the Orlik reservoir is in accordance with data from NPP Temelín. The atmospheric deposition of tritium on the Czech part of the Elbe River catchment in 2004 was estimated 42.8 TBq. The contribution to tritium outflow from the Czech republic by the Elbe River due to operation of NPP Temelín in 2004 was estimated 19.1 TBq.

POROVNÁNÍ VYPOVÍDACÍ SCHOPNOSTI FYTOBENTOSU A ZOOBENTOSU O JAKOSTI TEKOUČÍCH VOD

Milena Forejtníková¹, Jiří Heteša², Petr Marvan²

Klíčová slova

fytoENTOS, makrozoobentos, biotické indexy, povodí Odry, jakost vod

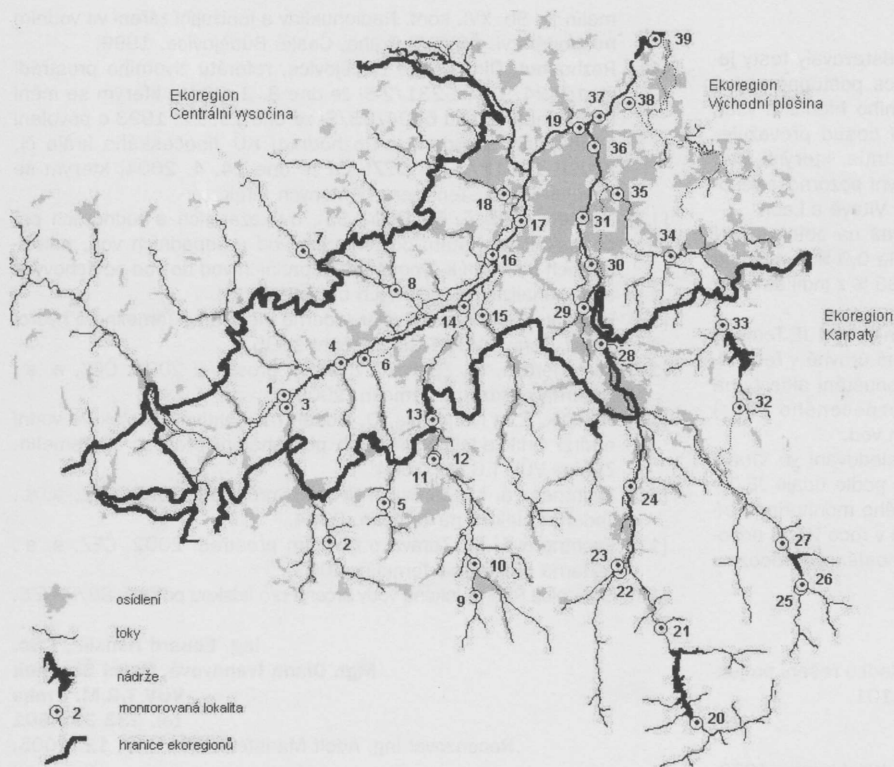
Souhrn

Na 39 různorodých lokalitách v povodí Odry byly v letech 2004 až 2005 provedeny odběry makrozoobentosu a fytoENTOSU. Po determinaci bylo každé společenstvo samostatně zhodnoceno včetně výpočtu některých biotických indexů a dále stanovena korelace mezi indexy pro makrozoobentos a fytoENTOS. Z porovnání hodnot saprobních indexů vyplývá poměrně dobrá shoda v hodnocení kvality vody. U konkrétních lokalit však mohou vyšší rozdíly naznačovat narušení přirozeného trofického režimu.

Vydání směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní

politiky (Water Framework Directive, WFD), otevírá široké možnosti uplatnění výsledků biologických rozborů při posuzování ekologického stavu vod. Přichází v době narůstajících problémů, kterými se postupně znehodnocování kvality vody čím dále tím více odráží v ekonomické sféře. Stačí připomenout rostoucí náklady na přípravu kvalitní vody vyvolané expanzí sinic. V textu WFD se opakovaně připomíná potřeba vzájemně propojeného sledování základních biologických složek vodních ekosystémů. V počátcích monitoringu kvality tekoucích vod se propojení odbornosti zoologa a algologa bralo jako účelné a žádoucí. Čas však vnesl do hodnocení podle rostlinných a živočišných složek u nás, ale i v sousedních zemích rozklad. Svou roli v ní sehrálo i určité zklamání vyvěrající z poznání, že změny v druhovém složení fytoENTOSU v říčních úsecích pod zdrojem bodového organického znečištění neposkytovaly tak jasný doklad probíhajícího samočištění, jaké poskytovaly změny ve složení makrozoobentosu. Mnohé projekty monitoringu u nás i v zahraničí tak úplně upustily od sledování rostlinné složky bentosu tekoucích vod. Teprve narůstající význam důsledků eutrofizace, provázející postupný rozvoj čistírenství a snižování významu organického znečištění, připomněl, že takto indikované zlepšení kvality vody po stránce organického znečištění nemusí znamenat přiblížení k přirozenému ekologickému stavu a že se tedy ukazuje jako žádoucí do monitoringu opětně začlenit hodnocení založené na analýze rostlinné složky bentických cenóz.

Na brněnském pracovišti Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka se provozuje systém biologického monitoringu spočívající ve stanovování saprobního indexu podle makrozoobentosu již



Obr. 1. Zájmové území v povodí Odry s vyznačením polohy 39 odběrových míst

od 70. let minulého století. Vznikl účelově pro posuzování vlivu organického znečištění zejména z bodových zdrojů na povrchové tekoucí vody. V letech 2004 a 2005 byl odběr vzorků na 39 lokalitách sítě dlouhodobě sledovaných míst v povodí řeky Odry rozšířen o paralelně odebírané vzorky fytozoozontu. Zastoupeny byly jak lokality z horského prostředí minimálně ovlivněné lidskou činností, tak lokality pod konkrétními zdroji znečištění na malých i větších tocích i závěrové profily dílčích povodí. Porovnání výsledků hodnocení kvality vody podle obou těchto biologických složek je náplní této studie.

Materiál a metodika

Rozmístění monitorovacích lokalit vyplývá z obrázku 1. Základní údaje o jednotlivých lokalitách přináší tabulka 1, vodivost je uvedena podle měření v době odběru vzorků.

Metodika odběru a hodnocení vzorků makrozoobentosu (MZB)

Odběr vzorků se provádí sítkou v souladu s ČSN 75 7703. Upřednostňuje se peřejnatý či proudivý úsek. Stanoviště se stagnující vodou se do odběru nezahrnují, neboť cílem tohoto monitoringu není posouzení ekologických kvalit dané lokality, ale výhradně posouzení jakosti (kyslíkových poměrů) protékající vody. Na odběrné lokalitě se obsah sítky vyklápí na misku a z misky se do zkumavky uloží dostatečný počet kusů od každého rozpoznatelného druhu či čeledi. Následně se provede odhad zbývajícího počtu kusů na misce. K další podrobnější determinaci se do laboratoře odváží pouze obsah zkumavky zafixovaný roztokem formaldehydu. Po determinaci provedené převážně až na úroveň druhů se poměrem zastoupení ve vzorku ze zkumavky rozdělí do druhů i počty kusů zapsané jako zbytek na misce. Protokol o odběru se vyplňuje přímo na lokalitě. Kromě údajů o vlastním odběru obsahuje také zápis o stavu lokality v době odběru pro posouzení možných dalších vlivů na složení společenstva.

K hodnocení MZB se použila aktuální verze počítačového programu Brouci vyvinutého ve Výzkumném ústavu vodohospodářském odvozuji tři varianty biotického (saprobního) indexu:

a) aritmetický průměr individuálních indexů S_i (podle tabulky přičleněné k ČSN 75 7716) vážený součinem $h_i \times g_i$ (s použitím g_i podle téže tabulky). Postup je v citované ČSN označen jako metoda Pantleho a Bucka, avšak na rozdíl od původní podoby zavádí pro taxony

rozdílné indikační váhy g_i . Příslušnost taxonu k určitému stupni saprobnity je nadto nahrazována hodnotami S_i odvozenými z tabelovaných valenčních hodnot),

b) medián odvozený podle ČSN 75 7716, p. 5, avšak s nahrazením grafického způsobu odvození numerickým výpočtem založeným na lineární interpolaci,

c) modus saprobního spektra podle [8] v podstatě založený na kvadratické interpolaci dat o podílech valence druhů v jednotlivých třídách kvality vody.

Údaje o počtu jedinců se k výpočtu indexů použily jednak přímo, jednak po transformaci na stupně hojnosti.

Metodika odběru a hodnocení vzorků fytozoozontu (FB)

Na lokalitách se odebíral vzorek epilítou získaný seškrabem z náhodně odebraných kamenů a vzorek epipelonu z povrchové vrstvy sedimentu; na některých lokalitách pak ještě vzorek makroskopicky patrných nárostů. Vzorky se zpracovávaly jednak *in vivo* (do 48 h po odběru), jednak v trvalých preparátech po oxidaci organického podílu buněk peroxidem vodíku. Zastoupení (hojnost h_i) rozlišitelných taxonů se vyjadřovalo stupni odhadní stupnice podle [12], přiřazenými druhům podle zastoupení živých jedinců (se zachovaným protoplastem). Při rozboru se zaznamenávaly všechny fototrofní organismy (nejen rozsivky). K hodnocení se použil počítačový program Biana, umožňující odvození většího počtu biotic-

Tabulka 1. Základní údaje o odběrových lokalitách

Číslo lokality	Název toku	Název lokality	Říční kilometr	Nadmožská výška	Eko-region	Geologický typ	Vodivost $\mu\text{S}/\text{cm}$
1	Odra	nad ústím Jičínky	59,9	243	P	K	323
2	Jičínka	nad N. Jičínem	14,0	330	K	V	443
3	Jičínka	ústí	1,4	245	P	K	660
4	Odra	nad Studěnkou	50,3	236	P	K	435
5	Sedlice	pod Štramberkem	14,6	297	K	K	538
6	Sedlice	ústí do Odry	1,0	237	P	K	555
7	Bílovka	nad Bílovcem	14,3	277	V	K	360
8	Bílovka	ústí	4,0	233	P	K	517
9	Lubina	nad Frenštátem	31,0	412	K	V	175
10	Lubina	pod Frenštátem	28,2	367	K	K	235
11	Lubina	nad Kopřivničkou	17,2	290	K	K	313
12	Kopřivnička	ústí	0,5	290	K	V	564
13	Lubina	pod Přiborem	13,8	267	K	K	399
14	Lubina	ústí	2,0	221	P	K	417
15	Ondřejnice	ústí	3,8	227	P	K	513
16	Odra	pod Polankou	25,4	215	P	K	459
17	Odra	Ostrava-Zábřeh	21,8	208	P	K	472
18	Porubka	ústí	1,1	210	P	K	510
19	Odra	nad Ostravicí	11,8	203	P	V	481
20	Ostravice	nad nádrží Šance	51,5	510	K	V	145
21	Ostravice	pod nádrží Šance	43,2	448	K	K	101
22	Čeladěnka	ústí	1,2	372	K	V	128
23	Frýdl. Ondřejnice	ústí	0,7	384	K	K	158
24	Ostravice	pod Frýdlantem	30,9	365	K	V	138
25	Morávka	nad nádrží Morávka	21,4	521	K	V	104
26	Skalka	ústí	0,0	521	K	V	97
27	Morávka	pod nádrží Morávka	17,7	475	K	K	87
28	Ostravice	pod Frýdkem	18,8	235	P	K	361
29	Olešná	ústí	0,5	223	P	K	266
30	Ostravice	nad Paskovem	11,9	225	P	K	280
31	Ostravice	Paskov pod	7,8	217	P	K	467
32	Lučina	Vojkovice	32,3	308	K	K	297
33	Lučina	pod nádrží	23,5	260	K	K	138
34	Lučina	pod Havířovem	11,3	231	P	K	325
35	Lučina	ústí	2,2	215	P	K	480
36	Ostravice	ústí	2,0	203	P	K	615
37	Odra	nad Bohumínem	10,0	200	P	K	813
38	Stružka	ústí	1,6	199	P	K	4260
39	Odra	Kopytov	1,0	194	P	K	863

Ekoregion: K – Karpaty Geologický typ: K – křemíčitý
P – Východní plošina V – vápnitý
C – Centrální vysočina

Tabulka 2. Korelační koeficienty k dvojicím indexů odvozených ze složení makrozoobentosu a fytozobentosu na téže lokalitě

Makrozoobentos (hojnost)						
	korelační koeficient			sklon		
	průměr	medián	modus	průměr	medián	modus
Epiliton						
modus	0,7608	0,7698	0,6490	1,900	1,831	2,217
medián	0,7941	0,8047	0,6837	1,335	1,309	1,515
průměr	0,7972	0,6075	0,6835	1,167	1,129	1,276
Epipelon						
modus	0,7411	0,7415	0,7411	1,745	1,690	1,845
medián	0,7553	0,7561	0,7531	1,246	1,303	1,427
průměr	0,7540	0,7554	0,7401	1,165	1,127	1,240
Epiliton + epipelon						
modus	0,8262	0,8327	0,7573	1,630	1,578	1,794
medián	0,8306	0,8384	0,7578	1,245	1,206	1,346
průměr	0,8307	0,8386	0,7537	1,078	1,046	1,152

kých indexů. Z nich se pro tuto studii použily pouze tři typy uvedené pod MZB, přičemž vážený průměr a modus se počítal stejně, ale medián se vypočítával z hodnot po arkussinusové transformaci [14].

Fyzikálně chemické parametry (koncentrace rozpuštěného kyslíku, pH, měrná elektrická vodivost a teplota vody) se měřily na místě odběru přístrojem Multiline P-4 (WTW).

Výsledky

V souboru 39 vzorků fytozobentosu se zjistilo celkem 310 taxonů, z nich 211 taxonů se použilo k indexovému hodnocení kvality vody. Z význačných průvodců fytozobentosu výše položených úseků toků lze jmenovat především rozsivky *Achnanthes pyrenaica*, *Achnanthes amphicephala*, *Diatoma vulgare v. grandis* (= *D. ehrenbergii*) a *Cocconeis neodiminuta* charakteristických pro flyšové pásmo Karpat, z dalších taxonů s širším rozšířením v xeno až oligosaprobniích vodách zejména *Diatoma hiemale* (vedle poměrně běžné v. *quadrata* /= *D. mesodon* / i její typická v. *hiemale*), *Hannaea arcus*, *Gomphonema ventricosum*, *G. tergestinum*, *Achnanthes minutissima*, *Cymbella helvetica* a *Achnanthes bioretii*. Na několika lokalitách (zejména v úsecích pod údolními nádržemi) se silně pomnožil invazivní druh *Didymosphenia geminata*, ještě před desítkou let z území ČR neznámý [3]. Jde zjevně o invazivní druh šířící se daleko mimo své původní území. Nebyl proto začleněn mezi vyhodnocované indikační druhy. Fytozobentos nížinných úseků toků je tvořen běžnými druhy mírně až středně znečištěných vod. Výjimku tvoří mikroflóra Odry na lokalitách 38 a 39 se zastoupením halofilních až mesohalobních rozsivek indikujících zvýšenou salinitu (mj. *Entomoneis cf. paludosa*, *Gyrosigma macrum*, *Navicula recens*, *Fragilaria fasciculata*, *Fr. pulchella*, *Achnanthes delicatula*, *Suriella ovalis*).

Tabulka 2 uvádí korelační koeficienty k hodnocení těsnosti vztahu mezi biotickými indexy z dat o složení MZB a FB. Z indexů pro MZB s indexy založenými na FB nejlépe koreluje medián a relativně nejhůře modus. Z indexů odvozených ze vzorků epilitonu nejlépe s hodnocením podle MZB koreluje medián, o málo horší shodu ukazuje průměr a nejhůře modus. Indexy založené na epipelonu (počítané pro vzorky

s počtem indikátorů větším než pět) vykazují k MZB celkově horší shodu, z části je to však dáno i jejich nízkým oživením. Pokud se však vezme průměr indexů S_L epilitonu a S_p epipelonu, vážený příslušným počtem indikátorů n_L a n_p podle vzorce pod 4.2.2 v ČSN 75 7716, tj. $(n_L S_L + n_p S_p) / (n_L + n_p)$, relace k zoologickým indexům se zvyšují. V tabulce 2 jsou indexy MZB počítány ze stupňů hojnosti. Použijí-li se údaje o počtech jedinců, korelační koeficienty se vesměs o něco sníží (zhruba o 0,04–0,06).

Pravá část tabulky 2 slouží k ilustraci sklonu závislosti mezi indexy založenými na MZB a FB. Čísla udávají směrnici přímky s nejmenším součtem čtverců vzdálenosti bodů (S_{MZB} , S_{FB}). Prakticky ve všech případech je tato směrnice vyšší než 1, a to někdy velmi podstatně. Z indexů pro FB měly poměrně nejmenší sklon průměry (1,2–1,4), ale poněkud vyšší mediány (1,4–1,6). Znamená to, že se zhoršující se kvalitou vody narůstá index podle FB rychleji než index podle MZB. Přitom převládají případy, kdy index podle FB byl nižší než index podle MZB. Výrazně vyšší index dal rozbor FB na lokalitě 10, na ní samotná přítomnost vláken *Sphaerotilus natans* s doprovodným společenstvem bičíkovců ukazovala silné lokální ovlivnění odpadními vodami, které rozbor MZB nezachytil.

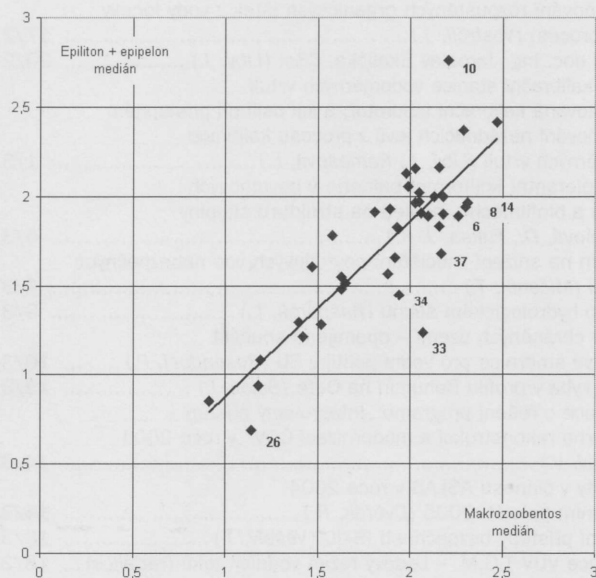
Graf 1 na obr. 2 znázorňuje vztah mezi indexy odvozenými ze složení MZB a spojených výsledků rozboru epilitonu a epipelonu. V grafu na obr. 3 je porovnávána závislost těchto indexů na nadmořské výšce. Indexy pro FB vykazují podstatně větší rozptyl kolem regresní přímky a jsou výrazněji ovlivňovány jinými faktory, už přímo nesouvisejícími s nadmořskou výškou.

Diskuse

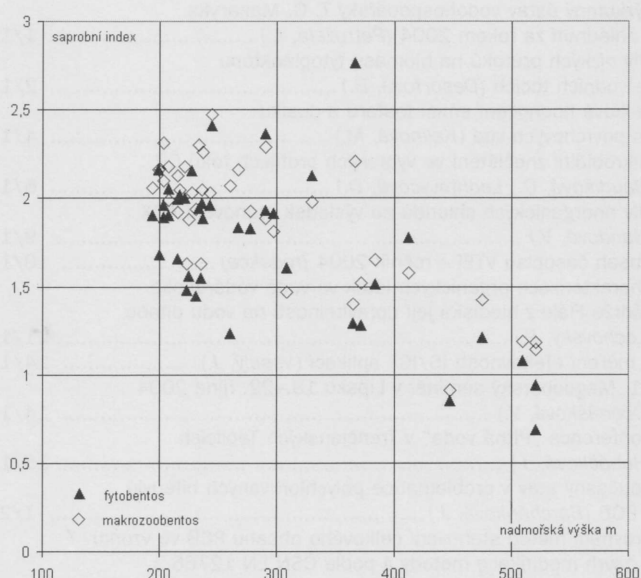
Z porovnání hodnot saprobniho indexu odvozených z rozboru MZB a FB vyplývá celkově poměrně dobrá shoda v hodnocení kvality vody, u jednotlivých konkrétních lokalit mohou však rozdíly dosahovat až několika desetin stupně Pantle-Buck-Sládečkovy škály.

V hodnoceném souboru dat převládají případy nižších indexů podle FB než podle MZB. Byly zjišťovány zejména na lokalitách situovaných ve flyšovém pásmu s řadou druhů specifických pro toto území, ale i pro některé nížinné lokality, u nichž se jako možný výklad rozdílu nabízí přechodně lepší kvalita vody (v závislosti na průtocích), která se u konzervativnějšího MZB neprojeví.

Druhového rozboru FB (a vůbec rostlinné složky vodních komponent) se obecně přikládá hlavní význam zdroje informace o trofické situaci na lokalitě [7]. Snaha o jejich podchycení byla v řadě zemí prováděna pokusy o budování zvláštního systému řasových indikátorů trofie odlišného od systému indikátorů saprobity *sensu stricto* (srov. např. [5, 9, 13]). Porovnání číselných charakteristik nároků fototrofií na trofii (kalibrovaných k aktuálním koncentracím hlavních nutrientů, N a P) s charakteristikami jejich vztahů k saprobite v jejím tradičním pojetí nicméně ukázala, že mezi oběma je poměrně velmi těsný korelační vztah (srov. např. [6]). Podle Sládečka [11] označují oba pojmy jen dvě tváře jednoho univerzálního systému. Podobně vyplývá i z pojetí saprobity u Casperse a Karbeho [1], kteří předložili návrh nahradit tradiční pojetí sledu Kolkwitz-Marssonových saprobniích zón přispívajícího útlumu rozkladných procesů ideou postupných změn poměru mezi rozkladnými (redukčními) a produkčními procesy. Spolehlivé odlišení obou aspektů, saprobniho a trofického, u řasových indikátorů se za-



Obr. 2. Porovnání saprobniho indexu odvozeného ze složení makrozoobentosu (na ose x) a fytozobentosu (spojené výsledky rozboru epilitonu na ose y); odlehilé hodnoty jsou doplněny číslem lokality



Obr. 3. Porovnání saprobniho indexu s nadmořskou výškou lokality (MZB – medián, FB – vážený aritmetický průměr mediánů z rozborů epilitonu a epipelonu)

tím jeví jako přinejmenším problematické. Naproti tomu propojení vypovídací schopnosti rozborů MZB a FM slibuje oba tyto aspekty přece jen od sebe odlišit (srov. [4]). Nadto začlenění rozborů FB do monitorovacích programů umožní hodnocení i takových lokalit, na nichž je obtížné hodnocení podle MZB (hluboké toky, kanalizované úseky s betonovým dnem).

Závěr

Výsledky rozboru vzorků makrozoobentosu a fytozobentosu (zejména epilitonu, ale i epipelonu, tedy vzorků z mikrobiotopu, který může mít blíže k podmínkám života organismů makrozoobentosu) potvrdily na jedné straně těsný korelační vztah v posuzování kvality vody oběma složkami, na druhé straně však ukázaly i určité rozdíly ve výpovědní hodnotě obou těchto stanovení. Principiálně nemají řasové indikátory tak dobré předpoklady pro detekci jakéhokoli narušení přirozeného stavu určité lokality na toku, jaké nabízí analýza struktury společenstva bezobratlých živočichů. Vyplývá to již z jejich různého postavení v potravní pyramidě. Řasy však mohou podstatně lépe než živočichové odhalit antropicky podmíněné narušení přirozeného stupně trofie. Pro jejich plné uplatnění v monitoringu v rámci implementace WFD na území ČR je nutná dohoda referenčních stavů pro několik základních oblastí a typů vod. Bavorský návrh [10] naznačuje takovou cestu, jeho konkrétní předložená podoba má však zatím řadu problematických aspektů. Na rozdíl od některých metod rozvíjených k hodnocení ekologického stavu podle zastoupení druhů makrozoobentosu se tento bavorský návrh nevzdává aplikací biotických indexů, které pro hodnocení podle fytozobentosu najdou patrně lepší uplatnění než porovnávání založené na principu úbytku druhů oproti jejich zastoupení na referenčních lokalitách. Významnou informací o stavu kvality vody může poskytnout už samotné zjištění větších rozdílů v indexovém hodnocení podle výsledků analýz živočišné a rostlinné složky říčního dna, a to i při aplikaci časově méně náročných odběrů vzorků, který je pro toto sledování využíván.

Literatura

- [1] Caspers, H. et Karbe, L. Trophie und Saprobität als stoffwechselfeldynamisches Komplex. Gesichtspunkte für die Definition der Saprobitätsstufen. Arch. Hydrobiol., 61, 1966, p. 453-470.
- [2] ČSN 75 7716 (1998): Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení saprobního indexu. Praha : Český normalizační institut, 19 s.
- [3] Gagyorová, K. a Marvan, P. Didymosphenia geminata a Gomphonema ventricosum (Bacillariophyceae) v Moravskoslezských Beskydech. Czech Phycology (Olomouc), 2, 2002, s. 61–68.
- [4] Heteša, J., Hrdina, V., Marvan, P. a Sukop, I. Bentická flóra a fauna toků CHKO Labské pískovce a jejich výpověď o deteriorizaci jakosti vody. In Rulík, M. Sborník referátů XII. limnologické konference Limnologie na přelomu století, Kouty n. Desnou, 18. až 22. 9. 2000. Olomouc : Univerzita Palackého, 2002, s. 75–79.
- [5] Kelly, M. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. Wat. Res. 32, 1998, No. 1, p. 236-242.

Obsah časopisu VTEI – ročník 2005

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka – ohlédnutí za rokem 2004 (Petružela, L.)	1/1
Vliv nízkých průtoků na biomasu fytoplanktonu ve vodních tocích (Desortová, B.)	2/1
Celkové hodnocení emisí fosforu a dusíku do povrchových vod (Kalinová, M.)	4/1
Mikrobiální znečištění ve vybraných profilech toků ČR (Baudišová, D., Leontovychová, D.)	6/1
Vliv anorganických chloridů na výsledek stanovení AOX (Handová, V.)	9/1
Obsah časopisu VTEI – ročník 2004 (redakce)	10/1
Charakterizace organických látek ve vodě vodárenské nádrže Fláje z hlediska její upravitelnosti na vodu pitnou (Lochovský, P.)	11/1
K měření efektivnosti IS/ICT aplikací (Veselý, J.)	14/1
11. Magdeburský seminář v Lipsku 18.–22. října 2004 (Očenášková, V.)	14/1
Konference „Pitná voda“ v Trenčianských Teplicích (Hubáčková, J.)	15/1
Současný stav v problematice polychlorovaných bifenylů – PCB (Barchánková, J.)	1/2
Srovnání metod stanovení celkového obsahu PCB ve vzorku – návrh modifikace metody A podle ČSN EN 12766-2 (Kuzilek, V., Tolma, V., Jech, L., Grabic, R.)	4/2
Současný stav nakládání s čistírenskými kaly v ČR – aktualizace za období 2002–2004 a další perspektivy (Michalová, M.)	8/2
Financování projektů ochrany vod (Grünwaldová, H.)	11/2

- [6] Marvan, P. Řasy, minerální složení vody a trofie (Hydrobiologický kurz). Rajecké Teplice : Národní referenční laboratorium pre oblasti vód na Slovensku, marec 2001.
- [7] Marvan, P. a Maršálek, B. Živiny a jejich realizace ve vodních ekosystémech. In Maršálek, B. a Halousková, O. (eds.) Cyano-bakterie. Brno, 21. ledna 2004, s. 79–84.
- [8] Mrázek, K. Index saprobity z hlediska statistiky a modelování. Vodní hospodářství, B 34, 1984, s. 315-320.
- [9] Rott, E., et al. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophie-indikation und autökologische Anmerkungen. Wien (Österreich) : Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, 1999, 248 p.
- [10] Schaumburg, J., et al. Instruction Protocol for the Ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bauersches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2004, 89 p.
- [11] Sládeček, V. Zum Verhältnis Saprobität Trophie. Arch. Hydrobiol., Ergebn. Limnol. (Stuttgart), 1977, No. 9, p. 79-93.
- [12] Sládečková, A. a Marvan, P. Fytozobentos. In Hindák, F. (ed.) Sladkovodné riasy. Bratislava : Slov. pedagog. naklad., 1978, s. 62–104.
- [13] Van Dam, H., Mertens, A., and Sunkeldam, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journ. Aquat. Ecology 28, 1994, No. 1, p. 117-133.
- [14] Zelinka, M. a Marvan, P. Saprobní index, jeho varianty a možnosti použití. In Sborn. MLVH „Biologické hodnocení jakosti povrchových vod“ (Praha), 50, 1986, s. 19–37.

Ing. Milena Forejtníková¹
 VÚV T.G.M., pobočka Brno, tel.: 541 321 325
 Jiří Heteša², Petr Marvan²
 Limni, s.r.o., Kalvodova 13, 602 00 Brno
 limni@alfapassage.cz

Recenzovala prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc., 16. 12. 2005.

Key words

phytobenthos, macrozoobenthos, biotic indexes, the Odra river basin, water quality

Comparison of Phytobenthos and Zoobenthos Predictive Ability about Running Surface Water Quality (Forejtníková, M., Heteša, J., Marvan, P.)

Collecting of macrozoobenthos and phytobenthos samples was held on 39 heterogeneous sampling sites in the Odra river basin in 2004 and 2005. After the species determination each community was individually evaluated, including the calculation of some biotic indexes. Furthermore, correlation analysis for macrozoobenthos and phytobenthos indexes was done. Comparison of zoobenthos and phytobenthos saprobic index values gives fairly good agreement in water quality evaluation. In a specific locality, wide difference in these indexes can suggest disturbance in natural trophic level.

Ověření využití anaerobně-aerobní technologie

(Mlejnská, E.)	14/2
Odstraňování rozpuštěných organických látek z vody ionexy (Miex proces) (Vostrčil, J.)	17/2
Zemřel doc. Ing. Jaroslav Skalička, CSc. (Libý, J.)	20/2
Česká kalibrační stanice vodoměrných vrtulí (akreditovaná kalibrační laboratoř) a její úsilí při postupném odstraňování nežádoucích jevů z procesu kalibrace vodoměrných vrtulí (Libý, J., Ramešová, L.)	1/3
Termotolerantní koliformní bakterie v povrchových vodách a biofilmech – pohled na strukturu skupiny (Baudišová, D., Fuksa, J. K.)	6/3
Program na snížení znečištění povrchových vod nebezpečnými látkami (Mičaník, T.)	7/3
Kniha o hydrologickém suchu (Kašpárek, L.)	9/3
Registr chráněných území – opomíjená součást	
Rámcové směrnice pro vodní politiku EU (Rosendorf, P.)	10/3
Umělá ryba v profilu Bohumín na Odře (Šajer, J.)	13/3
Informace o řešení programu „Integrovaný přístup při návrhu rekonstrukcí a modernizací ČOV“ v roce 2004 (Štátný, V.)	14/3
Aktuality v činnosti ASLAB v roce 2004	
a v prvním pololetí 2005 (Dvořák, R.)	15/3
Moderní přístupy bezpečnosti IS/IC (Veselý, J.)	18/3
Publikace VÚV T.G.M. – Ledový režim vodních toků (redakce)	18/3
Recenze – Využití metod umělé inteligence ve vodním hospodářství (Štěpánková, O.)	19/3
Přirůtky v knihovně VÚV (Hejlová, A.)	19/3
RNDr. Vilibald Kakos sedmdesátníkem (Munzar, J.)	20/3

NOVÉ VÝPOČETNÍ MOŽNOSTI A ENVIRONMENTÁLNÍ MODELOVÁNÍ

Šárka Blažková, Petr Salinger

Klíčová slova

environmentální modelování, GLUE, openMosix, nejistoty

Souhrn

Příspěvek popisuje současný stav v environmentálním modelování z hlediska požadavků na výpočetní sílu a vysvětluje, proč potřebujeme hrubou výpočetní sílu, tj. nezbytnost odhadu nejistoty predikcí. Je prezentován technický přehled o relativně levných možnostech jak takovou výpočetní sílu získat, s příkladem implementace systému openMosix.

V tomto příspěvku chceme nejdříve charakterizovat současný stav a trend v environmentálním modelování, co se týče jeho paradigmatu a současných výpočetních možností. Dále nabídneme alternativní, podle našeho přesvědčení lepší přístup, který se už ve světě začíná prosazovat a naznačuje, jak využít současný a budoucí potenciál k tomu, aby environmentální predikce měly kvalitu potřebnou pro využití v rozhodovací sféře. Podstatným rysem tohoto přístupu je odhad nejistot. V závěru budeme naše úvahy ilustrovat na nárocích na výpočet povodní dlouhé doby opakování.

1. GRID a environmentální modelování

GRID je nový hardware a software (middleware) založený na paralelních počítačích o vysokém výkonu, spojených rychlou sítí (fast network connections), takže se uživateli jeví jako jediný počítač. Je možno propojit distribuované databáze a servery (computational engines), takže bude (je) možno propojit modely mnoha různých environmentálních systémů přes hranice jednotlivých vědních oborů a přes národní hranice. To už se do určité míry uskutečňuje, např. US Inter-Agency Object Modelling System (OMS) [16] a UK Coastal Observatory System (<http://coastobs.pol.ac.uk/>).

Beven [5] klade otázku, jak tyto typy (interdisciplinárních) modelů budou implementovány. V minulosti (nebo ještě v současnosti?) byly rozsáhlé interdisciplinární systémy konstruovány jako rozsáhlé komplexní počítačové programy. Cílem bylo, aby tyto programy byly co nejobecnější. Je obtížné je používat pro obrovské požadavky na data a potřeby identifikace parametrů. S novými výpočetními technologiemi můžeme pokračovat stejným způsobem, se zařazením dalších procesů a podrobnějšího časového a prostorového rozlišení. Není však jasné, zda to při současném přístupu k distribuovanému modelování přinese skutečné zlepšení.

Beven [5] navrhuje jiný přístup k environmentálnímu modelování. Jedním z rysů nových možností je, že všechna místa v povodí, ve státě, na zeměkouli mohou být a budou modelována („everywhere is represented“). Až tato situace nastane, data budou mít větší důležitost než struktury modelů. Struktura modelu je jen prostředek, jak zdokonalovat popis každého místa v rámci procesu poznávání. Výsledkem může být nový způsob nazírání na environmentální modelování. Cílem už nemusí být snaha zahrnout všechno naše porozumění složitostem propojených environmentálních systémů do jediného matematického rámce s množstvím parametrů, které není snadné identifikovat pro žádné konkrétní místo [3].

Jedním z nejlákavějších rysů tohoto nového přístupu k environmentálnímu modelování je možnost implementovat modely dostupné z různých institucí jako proces poznávání specifických míst. Budeme mít modely všech míst, která nás zajímají. Avšak vzhledem k problémům měřítka, nelinearity a nesouměřitelnosti (pozorování a výsledků modelování) výsledky modelování určitého místa budou ve své podstatě nejisté, takže proces poznávání musí být implementován v rámci odhadu nejistot [5].

2. Hydrologické modely v rámci odhadu nejistot

V hydrologickém a obecně environmentálním modelování musíme počítat s nejistotami už z toho důvodu, že úloha (kalibrace parametrů) je matematicky špatně postavena (ill-posed, ill-conditioned), což plyne z přeparametrizovanosti modelů. Výsledek není jednoznačný, vyhovujících řešení je mnoho [4].

Metodou GLUE (Generalised Likelihood Uncertainty Estimation) [6, 1] tedy hledáme tato vyhovující řešení tím, že vytváříme sady parametrů metodou Monte Carlo. Parametry vzorkujeme z fyzikálně realistických rozmezí. Protože většinou nemáme informace o rozdělení na tomto intervalu, nejčastěji vzorkujeme z rovnoměrného rozdělení. Simulací provedeme mnoho, abychom dostatečně prozkoumali para-

metrický prostor, což je výpočetně náročné. Simulace potom rozdělíme na vyhovující a nevyhovující na základě srovnání s pozorovanými daty. Z vyhovujících simulací vyhodnotíme predikční meze tak, že každé simulaci přiřadíme věrohodnost na základě srovnání s pozorovanými daty (věrohodností může být např. koeficient determinace průtoku v závěrovém profilu povodí).

Zda jsme provedli dostatečný počet simulací, poznáme podle toho, že když přidáváme další simulace, predikční meze se už nemění. V obvyklých případech je počet simulací v řádu tisíců až desetitisíců. Dobrou orientaci získáme také v tzv. bodových grafech (doty plots), ve kterých je vynesena věrohodnost na svislé ose a hodnota příslušného parametru na vodorovné ose. Každý bod reprezentuje jednu simulaci. Pokud v grafu dominuje jedna nebo několik málo simulací (mají značně větší věrohodnost než ostatní), je potřeba ve výpočtech pokračovat.

Nárok na výpočetní techniku závisí samozřejmě také na typu modelu a na časovém kroku simulace. Pro povodňové průtoky na našem území je vhodný kratší časový krok než denní, nejčastěji tedy používáme hodinový. Použití plně distribuovaného modelu (kdy se bilancuje v každém výpočetním gridu) je náročné na výpočetní techniku i při jediné simulaci (bez uvážení nejistot). Možností, jak výpočetní čas zkrátit, je použití semidistribuovaného modelu, kdy pro gridy, které mají stejnou hodnotu topografického indexu, se výpočet provádí jen jednou. Samozřejmě záleží na tom, do kolika hodnot rozdělení topografického indexu diskretizujeme. U TOPMODELu (např. [2]) používáme často kolem 30 hodnot.

To, co jsme dosud řekli o hydrologickém modelování, se týkalo simulací, kdy modelujeme průtoky z pozorované řady srážek a popř. potenciální evapotranspirace a teplot. Taková řada může být dlouhá od jedné epizody o délce např. jeden den po několik desetiletí. Pro výpočet čáry překročení povodní je však i několik desetiletí málo, jak dobře víme ze statistických postupů určování návrhových povodní.

Před hydrologický model tedy předřadíme simulátor srážek a teplot a modelujeme řady o délce např. tisíc nebo 10 tisíc let. Z výsledků je zřejmé, že pro rozumné určení predikčních mezí potřebujeme, aby simulace byly asi o řád delší, než je doba opakování, kterou chceme určit. Pro stoletou povodeň bychom tedy měli modelovat řady o délce 1 000 let.

Rozdělení na vyhovující a nevyhovující simulace provádíme v tomto případě v první řadě na čáře překročení povodní odvozené z pozorovaných dat. Pozorovaná řada má délku např. 60 nebo 70 let. V prvním kroku úlohy modelujeme řady o stejné nebo podobné délce jako pozorovaná řada (např. 100 let), aby se mohl projevit efekt náhodnosti. I pozorovaná řada je jen jedinou realizací náhodného procesu a v dalším století (i ve stacionárních podmínkách) můžeme dostat řadu velmi odlišnou.

Po rozdělení na vyhovující a nevyhovující simulace modelujeme s vyhovujícími sadami parametrů dlouhé řady (např. 10 tisíc let) a s použitím váhových koeficientů (věrohodností) z předcházejícího kroku vypočteme predikční meze čáry překročení.

Toto je tedy typická aplikace, kdy závisí v první řadě na hrubé výpočetní síle. O možnostech implementace takových úloh pojednává následující odstavce.

3. Paralelní výpočty

V případě, kdy v první řadě záleží na hrubé výpočetní síle, je často možné úlohu rozdělit na samostatně řešitelné části, ty vyřešit nezávisle a z dílčích výsledků složit celkový výsledek. Pro řešení množství menších úloh lze s výhodou využít tzv. výpočetních clusterů či paralelních počítačů. Uvážíme-li i ekonomické aspekty, budeme si patrně muset vybrat výpočetní cluster složený z běžně dostupných počítačů s procesory řady ix86 či amd64.

Typy clusterů

Pod pojmem cluster rozumíme několik víceméně samostatných počítačů (často nazývaných uzly) propojených do jednoho funkčního celku. Obecně lze clustery nasazovat v několika typech úloh. Podle toho se také liší požadavky na hardwarovou a softwarovou konfiguraci celého clusteru. Podle typu úloh používáme clustery typicky v těchto oblastech:

- **výpočetní cluster** (high-performance computing),
- **rozdělování zátěže** (load balancing),
- **vysoká dostupnost aplikací** (high availability).

Dále se budeme věnovat jen clusterům výpočetním; zde je základní rozdělení.

Cluster na úrovni aplikace

Aplikace je předem připravena k provozování v daném typu clusteru, sama si řídí distribuci a komunikaci mezi jednotlivými podčástmi úlohy.

Typickými reprezentanty systémů takových clusterů jsou:

PVM http://www.csm.ornl.gov/pvm/pvm_home.html

Parallel Virtual Machine je nástroj na vytvoření distribuovaného

výpočetního stroje s předáváním zpráv a distribuovanou synchronizací procesů. PVM má podporu pro předávání zpráv mezi různými platformami (konverze datových formátů). Jde o virtuální stroj s možností dynamické rekonfigurace (přidávání a ubírání dalších uzlů za běhu aplikace). Dále je zde možnost přizpůsobení komunikační vrstvy PVM konkrétní topologii clusteru.

MPI <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi/>

Druhým často používaným prostředím kromě PVM je Message Passing Interface. Jde o API pro komunikaci mezi výpočetními kontexty. MPI má různé implementace pro různé výpočetní architektury. Pro Linuxové clustery se nejčastěji používá implementace MPICH. MPI neřeší start jednotlivých procesů na uzlech výpočetní sítě.

Cluster na úrovni operačního systému neboli SSI – Single System Image clustery

V tomto případě pro využití clusteru stačí rozdělení úlohy na části; to, na kterém uzlu a kdy se daná úloha řeší, zařídí víceméně samostatně operační systém. SSI je vlastnost systému, která před uživatelem skrývá distribuovanost a heterogennost dostupných prostředků a pro uživatele vytváří iluzi jednoho jednotného systému. Uživatel tak u SSI clusteru víceméně neví o struktuře clusteru, počtu a parametrech uzlů a vidí pouze cluster jako celek, jako jeden systém a také tak k němu přistupuje.

Klíčové vlastnosti:

- žádný hlavní uzel, distribuované prostředí,
- uživatelé nevidí jednotlivé uzly,
- netřeba měnit aplikace, aby mohly využít potenciál clusteru,
- automatický load-balancing, snadná správa.

V současné době jsou k dispozici rozšíření jádra Linuxu, která takový SSI nabízejí.

openMosix <http://openmosix.sourceforge.net/>
<http://openmosix.snarc.org/>

Systém openMosix umožňuje transparentní migrace procesů na uzly clusteru. Nové procesy jsou transparentně přesunovány z domovského uzlu na jiné uzly clusteru. I/O operace pak provádějí na původním uzlu, kde vznikly. Systém openMosix umožňuje několik typů uzlů v clusteru. Například uživatelské pracovní stanice mohou procesy pouze generovat, ale nesmějí na ně být migrovány procesy jiných uživatelů než uživatele příslušné stanice. Servery potom mohou přijímat procesy všech uživatelů.

OpenMosix je relativně jednoduchý systém, ale pro většinu výpočetně náročných aplikací vyhovující.

Klíčové vlastnosti:

- dynamická migrace procesů – migruje pouze zásobník, registry a programový čítač procesu,
- stránkování na žádost – z domovského uzlu na uzel, který provádí zpracování procesu, jsou přenášeny stránky pouze tehdy, dojde-li k jejich výpadku,
- memory ushering – migrace procesů z uzlů s nedostatkem volné paměti, aby se předešlo stránkování,
- parallel file I/O – pokud proces provádí intenzivní I/O operace, je snaha přemigrovat ho na uzel, který vlastní data, se kterými proces pracuje – I/O operace se pak provádějí lokálně a tedy mnohem rychleji,
- vše v jádře Linuxu, žádné externí knihovny,
- transparentnost vůči uživateli a aplikacím,
- možno použít v kombinaci s OpenAFS.

Dalšími obdobnými systémy jsou OpenSSI <http://openssi.org/> či zatím pouze experimentální Kerrighed <http://www.kerrighed.org/>. Všechny tři systémy jsou porovnány autory systému Kerrighed ve ftp://ftp.inria.fr/INRIA/publication/publi-pdf/RR/RR-5399.pdf.

SSI clustery se musejí vyrovnat s následujícími problémy:

- **rozdílná nominální rychlost uzlů** – každý uzel může mít jinou konfiguraci (procesor, paměť, ...), např. procesor může být P4/3200MHz a taky poněkud starší PIII, či dokonce i486/100MHz,
- **rozdílná aktuální rychlost uzlu** – nejčastěji dána kombinací nominální rychlosti a zátěže uzlu,
- **rozdílná rychlost komunikace** – cluster může být i geograficky distribuovaný, at již mezi městy či mezi budovami,
- **výpadek uzlu** – v ideálním případě se systém vyrovná i s neočekávaným výpadkem, často je dostatečné, pokud je systém schopen řešit výpadek plánovaný. To pak umožní transparentní odstávku PC, či využívání přes den jako pracovní stanice sekretářky a přes noc jako výpočetního uzlu.

4. Paralelní systém ve VÚV T.G.M.

A nyní se podíváme na jedno konkrétní nasazení SSI systému. Tento systém vznikal postupně, proto je vybaven různorodými počítači. V první fázi byly počítače přes den využívány jako běžné kancelářské počítače, v noci fungovaly jako uzly výpočetního systému. V současné době je již většina počítačů využívána jenom jako uzly tohoto výpočetního systému. Všechny počítače jsou vybaveny procesorem řady i386,

ethernetovou síťovou kartou 10/100 či 100/1000 Mbit/s a lokálním pevným diskem. Jako jádro operačního systému pro výpočetní část byl vždy využíván Linux. V současné době je systém vybaven distribucí Debian (<http://www.debian.org>), systémem openMosix ve verzi 2.4.26. Pro spojení mezi počítači slouží lokální ethernetová síť, počítače jsou spojeny přes multiportový switch, centrální uzel je připojen rychlostí 1 Gbit/s, ostatní výpočetní uzly jsou připojeny rychlostí ve směs 100 Mbit/s. Veškerá data k výpočtu jsou uložena na centrálním počítači, lokální disky jsou využívány pouze pro vlastní operační systém a odkládací oblast (swap).

Konkrétní popis jednotlivých počítačů – uzlů výpočetní sítě je uveden v následující tabulce:

	Počet PC	Procesor	Frekvence (MHz)	Počet procesorů na PC	Počet procesorů celkem	Paměť (MB)	Pevný disk (GB)
	1	Pentium II	450	1	1	256	9
	7	Pentium II	450	2	14	256	4
	2	Pentium III	450	2	4	256	10
	1	Pentium IV	1900	1	1	256	4
	3	Athlon MP	1800	2	6	512	20
	1	Pentium IV (ht)	2800	1	1	512	30
	2	Pentium IV (ht)	3200	1	2	2048	40
	1	Pentium IV (ht)	2800	2	2	1024	120
Součet	18				31	5120	

5. Zkušenosti

Frekvenční výpočty (tj. čáry překročení) pro malé povodí (bez rozdělení na dílčí povodí) trvaly v systému Linux na starších procesorech několik týdnů až měsíců (většina počítačů běžela v Linuxu jen v noci a o víkendech). Na jednom procesoru bylo možno za noc spočítat několik simulací o délce 10 tisíc let. Výsledky jsou popsány např. v práci Blažkové a Bevena [10].

Výpočetní náročnost vzrostla po vytvoření programu pro velké povodí rozdělené na dílčí povodí. Řada o délce 10 tisíc let na povodí složeném ze sedmi dílčích povodí se na jednom procesoru počítala tři noci. Studie je popsána v práci Blažkové a Bevena [11].

Ostatní uživatelé metody GLUE ve světě zvyšují počty simulací pro distribuované modely (v krátkých časových řadách) a pro modely jednodušší už se počty simulací pohybují v milionech. Cílem je co nejlepší prozkoumání parametrického prostoru.

V současné době se nároky na náš systém opět zvětšují. Počet simulací v krátkých i dlouhých řadách roste v souladu s vývojem výpočetní techniky. Přitom se pro každou simulaci ukládá jen omezený rozsah výsledků (sezónní maxima průtoků v každém roce, roční maxima vodní hodnoty sněhu, čára trvání průtoků, u dlouhých simulací též maximální hodinová a denní srážka). Chceme-li však z vyhovujících řad získat hydrogram odtoku, musíme dlouhé řady obsahující vybrané hydrogramy počítat znovu a tyto hydrogramy uložit v hodinovém kroku.

Čtenář si asi klade otázku, proč se nespokojíme s jednou „nejlepší“ simulací jako v prvních výpočtech s TOPMODELEM [7, 8, 9]. Odpověď je jednoduchá. Použijeme-li jinou vstupní řadu (průtoků nebo ročních maxim), je velmi pravděpodobné, že naše nejlepší simulace už nebude nejlepší. Parametry nové nejlepší simulace se mohou nacházet na úplně jiném místě v parametrickém prostoru. Náročnými výpočty popsanými v tomto příspěvku se snažíme docílit toho, aby většina možností budoucího vývoje byla obsažena v našich predikčních mezích.

S TOPMODELEM pracujeme už více než deset let a naše zkušenost potvrzuje teze vyjádřené v úvodu o procesu poznávání specifických míst. Pro každé povodí byl program modifikován v závislosti na jeho zvláštěnostech, dostupných datech a účelu modelování [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Z výše uvedených faktů vyplývá, že uživatel environmentálních modelů není a nebude zbaven nutnosti rozumět modelovanému problému. V průběhu výpočtů je nutno učinit řadu subjektivních rozhodnutí, zejména: výběr vztahů vyjadřujících věrohodnost a výběr predikčních mezí, tj. např. 95 % (to znamená, že 5 % případů může být větších než predikční mez). Tato rozhodnutí jsou však transparentní, je možno o nich diskutovat a přijatý výsledek je možno přenést do analýzy rizik.

Poděkování

Převedení paralelního systému na openMosix bylo uskutečněno v rámci grantu MŽP 0002071101, testování probíhá v rámci grantu MŽP VaV/650/5/03.

Literatura

- [1] Beven, KJ. Prophecy, reality and uncertainty in distributed hydrological modelling. Adv. Water Resour., 16, 1993, p. 41–51.
- [2] Beven, KJ. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. Chichester : Wiley, 2001.
- [3] Beven, KJ. Towards a coherent philosophy of environmental modelling. Proceedings of the Royal Society of London, Series A 458, 2002, p. 2465–2484.

- [4] Beven, KJ. A Manifesto for the Equifinality Thesis. *Journal of Hydrology*, 2005, in print.
- [5] Beven, K. Working towards integrated environmental models of everywhere: uncertainty, data, and modelling as a learning process. *HESS*, 2006, in print.
- [6] Beven, KJ. and Binley, AM. The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological Processes*, 6, 1992, p. 279–298.
- [7] Blažková, Š. a Beven, KJ. Modelování čar překročení maximálních průtoků frekvenční verzí TOPMODELu. *J. Hydrol. Hydromech.*, 43, 1995, 3, p. 148–172.
- [8] Blažková, Š. and Beven, KJ. Frequency Version of TOPMODEL as a Tool for assessing the impact of climate variability on flow sources and flood peaks. *J. Hydrol. Hydromech.*, 43, 1995, 6, p. 392–411.
- [9] Blazkova, S. and Beven, K. Flood frequency prediction for data limited catchments in the Czech Republic using a stochastic rainfall model and TOPMODEL. *Journal of Hydrology*, 195, 1997, p. 256–278.
- [10] Blazkova, S. and Beven K. Flood Frequency Estimation by Continuous Simulation for a Catchment Treated as Ungauged (with Uncertainty). *Water Resour. Res.*, vol. 38, no. 8, 10.1029/2001WR000500, 2002.
- [11] Blazkova, S. and Beven, K. Flood frequency estimation by continuous simulation of subcatchment rainfalls and discharges with the aim of improving dam safety assessment in a large basin in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, 292, 2004, p. 153–172.
- [12] Blažková, Š., Beven K., Kolářová, S., and Lang, M. Validation of synthetic tools by simulation. In Afouda, A., Gustard, A., Mkhandji, S., and Oberlin, G. (eds.) *FRIEND Third report 1994–1997*, Cemagref, 1997, p. 192–197.
- [13] Blazkova, S., Skaugen, T., Beven, K., Vetere Arellano, AL., Langsholt, EG., and Astrup, M. Techniques for extreme rainfall and flood runoff estimation. In Gustard, A. and Cole, GA. (eds.) *FRIEND – a global perspective 1998–2002*. Wallingford (UK) : Centre for Ecology and Hydrology (CEH), 2002, p. 18–22.
- [14] Blazkova, S., Beven, KJ., and Kulasova, A. On constraining TOPMODEL hydrograph simulations using partial saturated area information. *Hydrological Processes*, 16, 2002, p. 441–458.
- [15] Blazkova, S., Beven, K., Tacheci, P., and Kulasova, A. Testing the distributed water table predictions of TOPMODEL (allowing for uncertainty in model calibration): the death of TOPMODEL? *Water Resour. Res.*, vol. 38, no. 11, Doi: 10.1029/2001WR000912, 2002.
- [16] Leavesley, G., Markstrom, SL., Restrepo, PJ., and Viger, RJ. A modular approach to addressing model design, scale, and parameter estimation issues in distributed hydrological modelling. *Hydrological Processes*, 16, 2002, p. 173–187.
- [17] Pappenberger, F., Beven, K., Horritt, M., and Blazkova, S. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. *Journal of Hydrology*, 302, 2005, p. 46–49.
- [18] Werner, M., Blazkova, S., and Petr, J. Spatially distributed observations in constraining inundation modelling uncertainties. *Hydrological Processes*, Early View on the web 2004.

Ing. Šárka Blažková, DrSc.

VÚV T.G.M. Praha

tel. 220 197 222

Ing. Petr Salinger, PhD.

Petr.Salinger@seznam.cz

Recenzoval Ing. Josef Hladný, CSc., 4. 1. 2006.

Key words

environmental modelling, GLUE, openMosix, uncertainty

New computing possibilities and environmental modelling (Blažková, Š., Salinger, P.)

The contribution describes the current state of the art in environmental modelling from the point of view of the requirements on computer power. Reasons for the need of “brute force” in computation, namely the necessity to estimate uncertainty, are given. Technical overview of relatively cheap possibilities of getting such computer power with an example of openMosix is presented.

VODNÍ BILANCE A RÁMCOVÁ SMĚRNICE PRO VODNÍ POLITIKU EU

Václav Zeman

Klíčová slova

směrnice 2000/60/ES, vodní bilance, plány oblastí povodí, zásady zpracování vodní bilance

Souhrn

Ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka byla v rámci výzkumného záměru MŽP-0002071101 řešena otázka vztahu mezi směrnicí 2000/60/ES a vodní bilancí s cílem sjednocení postupů při zpracování podkladů pro plány oblastí povodí. Řešení zdůvodňuje nutnost úpravy věcné náplně vodní bilance a předkládá zásady zpracování jejich složek jako podkladu pro následnou tvorbu metodik pro sestavování bilance.

Směrnice vodní politiky Evropské unie 2000/60/ES [1], uveřejněná ve věstníku Evropského společenství Official Journal dne 22. prosince 2000, přistupuje k řešení problematiky udržitelného užívání vody v povodích komplexně a stanoví rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, brakických vod, pobřežních vod a podzemních vod. Implementace této tzv. Rámcové směrnice (dále RS) ve svém důsledku znamená pro každý členský stát potřebu/povinnost přizpůsobit jejím požadavkům režim řízení všech činností v povodí na území státu. Základním nástrojem správy povodí se tak stává příprava a aplikace plánu oblasti povodí.

Požadavky RS byly promítnuty i do české legislativy, zejména do zákona o vodách. Vodní zákon v § 25 určuje otázky pořizování plánů povodí a jejich účel. Na plány povodí úzce navazuje vodní bilance (zavedená v § 22, odst. 1), zejména pak její druhá složka, tj. vodohospodářská bilance. V § 21, odst. 2b je vedení vodní bilance uvedeno jako součást zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod, což je jeden z hlavních kroků postupu doporučeného směrnicí.

Sestavování vodohospodářské bilance má v ČR dlouhou tradici. Způsob zpracování je v současné době poplatný stavu před implementací směrnice. V zájmu odstranění duplicit vyplývá pro ČR jako nový členský stát EU povinnost přehodnotit současný přístup k vedení vodní bi-

lance, určit její úlohu v nastávajících podmínkách a včas se připravit na její účelné provádění. Z tohoto důvodu byla ve VÚV T.G.M. nejprve zpracována úvodní studie [2], návazně pak zásady zpracování vodní bilance [3]. Článek stručně informuje o obsahu těchto prací.

Pro uvedení do problematiky připomeneme (na nejhrubší možné úrovni podrobností) princip implementace RS: na základě vyhodnocení stavu vodních útvarů a dopadů vyvolaných vlivy, resp. hnacími silami v oblasti povodí¹, je nutné navrhnout opatření usměrňující aktivitu v povodí tak, aby bylo dosaženo požadovaných cílů.

Již na této úrovni podrobností můžeme intuitivně vymezit úlohu vodní bilance: určit stavy vodních útvarů ke zvolené časové úrovni (současnost, výhled) a porovnat je s cílovými hodnotami.

Jedním z prvních kroků řešení bylo vymezení úlohy bilance v procesu tvorby plánu oblasti povodí. Popíšeme schéma znázorněné na obr. 1.

Na **vodní útvary** (analogicky i na chráněná území), základní jednotky pro hodnocení stavu vod, působí **vlivy**, čímž může dojít ke změně **stavu vodního útvaru**. Jednotlivé ukazatele, potřebné pro zjištění stavu vodních útvarů, lze **monitorovat** a zjištěné hodnoty porovnávat s přípustnými hodnotami. V případě, že není k dispozici vyhovující monitoring, nebo řešíme-li otázku výhledu, je nutné (na základě znalostí o povodí a o současných/prognózovaných hodnotách vlivů, tj. v souladu s článkem 5 směrnice) provést odhad hodnot ukazatelů vhodnou metodou (použití výstupů modelů nebo expertních odhadů).

Stav vodního útvaru lze na základě vztahu zjištěných a přípustných hodnot ukazatelů popsat/kvantifikovat fyzikálními, chemickými a biologickými charakteristikami a porovnat s environmentálním cílem (EC), stanoveným v souladu s Přílohou V směrnice, pro vodní útvar. V případech, kdy není EC dosaženo, je nutné stanovit **příčiny** vedoucí k nevyhovujícím hodnotám jeho složek a navrhnout v oblasti povodí vhodná opatření.

Další oblasti činností popíšeme jen v nezbytném rozsahu:

Směrnice ES/2000/60 požaduje předložit veřejnosti k vyjádření/konzultacím **seznam významných vodohospodářských problémů**, a to v roce T-2²; obsahem by měly být zejména informace o riziku nesplnění environmentálních cílů v povodí pro výchozí, ale především výhledovou/plánovací časovou úroveň a hlavní příčiny neplnění EC, tj. konkré-

¹ Hnací síly jsou složky antropogenní činnosti (např. průmysl, zemědělství), vlivy pak jsou přímé účinky hnacích sil (např. odběry a vypouštění vody), působící změny průtoku/chemizmu vody. Stav vodního útvaru lze popsat fyzikálními, chemickými a biologickými charakteristikami.

² T ... rok publikace plánu oblasti povodí (1. plán v roce 2009, další v roce 2015 a 2021).

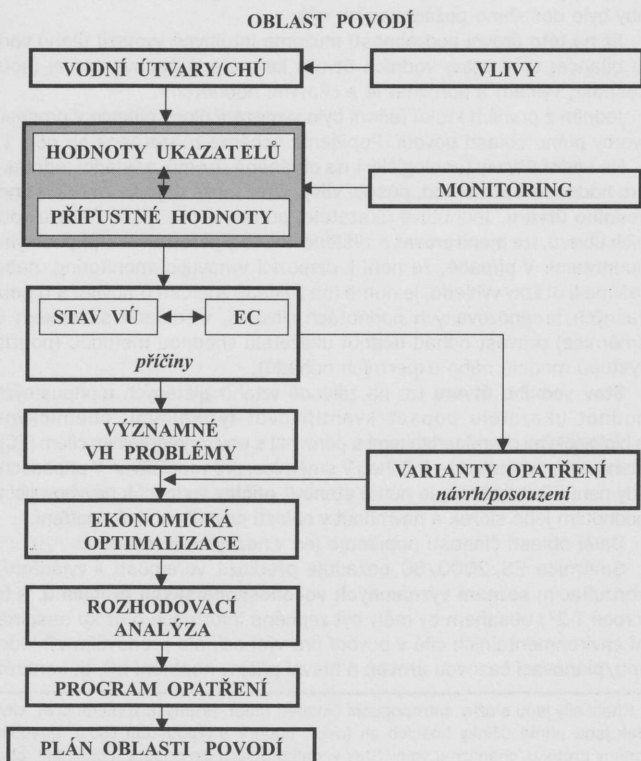
ní vlivy, případně jejich skupiny, jejichž dopady bude třeba v návrhu programu opatření eliminovat. **Návrh variant opatření** (včetně technicko-ekonomických parametrů i mimoekonomických dopadů) musí probíhat v návaznosti na další kroky (ekonomická optimalizace, rozhodovací analýza, program opatření) tak, aby návrh plánu oblasti povodí (ve variantách) mohl být předložen veřejnosti ke konzultaci do konce roku T-1³. Důležitým krokem je **ekonomická optimalizace** variant opatření, jejímž cílem je nalezení nejefektivnější kombinace opatření, včetně sledování nutnosti snížení hodnot EC či oddálení termínu jejich plnění (v souladu s článkem 4 Rámcové směrnice). Ekonomické údaje jsou jen jedním z podkladů pro konečná rozhodování. Je třeba zvážit i mimoekonomické dopady opatření (sociální, obecně ekologické, politické, ...) a dokázat je kvantifikovat a agregovat s výsledky ekonomické optimalizace. Tento proces zde byl nazván **rozhodovací analýza**. Náležitosti **programu opatření** určuje směrnice v článku 11. Stručně je lze charakterizovat jako opatření technická, legislativní a ekonomická.

Navržený postup vychází především z požadavků RS, ale též z poznatků získaných při výzkumu i praxi navrhování vodohospodářských soustav, na nichž se VÚV T.G.M. v minulosti významně podílel.

Naznačený proces tvorby plánu oblasti povodí je od činností souvisejících s evidencí/prognózou vlivů až po publikaci vlastního plánu pracovně velmi náročný a časově velmi napjatý. V zájmu zajištění přípravy by proto bylo účelné, aby řídicí orgány co nejdříve vyvolaly řešení procesu na podrobnější úrovni (objeví se další důležité činnosti) jako celku, s cílem identifikace vazeb mezi dílčími činnostmi a návazně zpracování metodik dílčích činností.

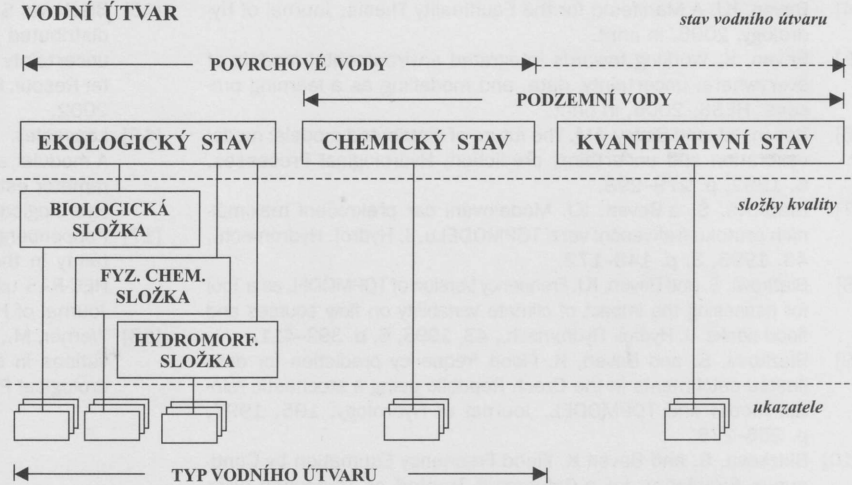
Vraťme se k roli vodní bilance v procesu plánování. Za bilanci (na úrovni podrobnosti obr. 1) budeme dále považovat činnost spočívající v určení hodnot ukazatelů pro identifikaci stavu vodního útvaru a jejich porovnání s přípustnými hodnotami ukazatelů. Na vodní bilanci bude navazovat určení stavu vodních útvarů a jejich porovnání s environmentálními cíli a stanovení konkrétních příčin nevyhovujícího stavu. Oblast bilance je na obr. 1 znázorněna odlišným podložením příslušného obdélníku. Variantně je možné za bilanci považovat souhrn činností z obou bloků, tj. od určení hodnot ukazatelů až po určení stavu vodních útvarů a příčin nevyhovujícího stavu. Tento problém se v současné době řeší; jedná se o doladění kompetencí mezi resorty zemědělství a životního prostředí.

Dále ukážeme nutnost úpravy věcné náplně vodní bilance. U bilance množství vod se vliv RS projeví tím, že současné hodnoty minimálních,



Obr. 1. Schéma zpracování plánu oblasti povodí

VODNÍ ÚTVAR



Obr. 2. Schéma okruhů hodnocení povrchových a podzemních vod

ev. minimálních zůstatkových průtoků bude nutné nahradit průtoky, resp. jejich režimy s ohledem na hydromorfologickou složku kvality ekologického stavu vod. K mnohem větším změnám však dojde v oblasti jakosti vod. V současné době se v rámci vodní bilance provádí porovnání zjištěných charakteristických hodnot ukazatelů s hodnotami ukazatelů podle různých norem (např. nařízení vlády 61/2003 Sb., ČSN 75 7221, ČSN 75 7214, směrnice Rady 75/440/EHS a 78/659/EHS). Přístup k současnému hodnocení jakosti vod lze přirovnat k hodnocení ukazatelů chemického stavu podle RS.

Rámcová směrnice rozlišuje ekologický a chemický stav povrchových vod a kvantitativní a chemický stav podzemních vod⁴. V těchto okruzích bude nutné provádět hodnocení. U ekologického stavu se rozlišují tři složky kvality (obr. 2). Tyto složky ekologického stavu a kvantitativní a chemický stav se hodnotí na podkladě měření/odhadu získaných hodnot ukazatelů a jejich srovnáním s přípustnými hodnotami, resp. z nich odvozené stavy útvarů se porovnají s environmentálními cíli útvarů.

Pro analýzu prováděnou v roce 2004 (v rámci zpracování charakterizace oblastí povodí) byly stanoveny tzv. pracovní cíle, tj. seznamy ukazatelů a jejich limitů. Pro představu: pro hodnocení chemického stavu útvarů povrchových vod byl vytvořen národní seznam obsahující 54 druhů zvláště nebezpečných látek a 67 druhů nebezpečných látek, přičemž se jedná pouze o koncentrace látek ve vodě (zbyývají ještě složky sediment a biota). U podzemních vod k tomu přistupují emisní limity pro látky obsažené v databázi informačního systému evidence zátěží. Jisté se jedná o mnohem širší pojetí hodnocení „jakosti“ vod, než uvažuje současná vodohospodářská bilance. Ekologickou stránku hodnocení povrchových vod pak současná vodohospodářská bilance nezahrnuje vůbec. Je zřejmé, že při změně podmínek v důsledku povinnosti implementovat Rámcovou směrnici nemá smysl provádět v detailu vodní bilanci dosud platným způsobem (proč, k čemu?) a paralelně hodnocení stavu vodních útvarů v duchu směrnice. Proto byly v dalších částech práce navrženy zásady zpracování vodní bilance tak, aby bylo, pokud možno, dosaženo souladu s platnou českou legislativou i s Rámcovou směrnicí.

Po uvedeném obecném vymezení činnosti, jež bude předmětem vodní bilance, určení jejího místa v procesu zpracování plánů oblastí povodí a zdůvodnění nutnosti úpravy (rozšíření) věcné náplně vodní bilance byly na podrobnější úrovni ve shora naznačeném pojetí definovány základní pojmy a účel zpracování jednotlivých složek bilance. Dalším krokem byla analýza vztahů mezi užíváním vody, bilancí a stavem vodních útvarů, na jejímž základě byla navržena struktura systému vodní bilance. Jedná se o systém sestávající ze subsystémů evidence dat, hydrologická bilance, vodohospodářská bilance a souhrnná vodní bilance.

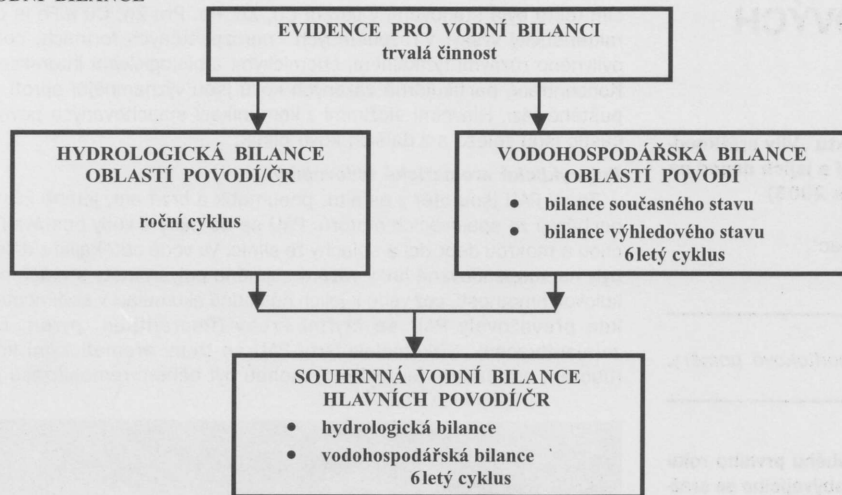
Hlavní část práce byla věnována návrhu zásad zpracování jednotlivých složek bilance, z nichž se bude vycházet při zpracování metodik. Zásady obsahují navrhované principy řešení (možné metody a možnosti jejího využití, vstupy/informační potřeba a výstupy řešení), vazby na další složky vodní bilance a z toho vyplývající požadavky na řešení, požadavky na externí spolupráci při zpracování metodik, popis problémů k řešení a návrhy opatření. Zásady se týkají těchto složek vodní bilance:

- evidence pro vodní bilanci,
- hydrologická bilance množství vody,
- hydrologická bilance jakosti vody,
- vodohospodářská bilance množství povrchových vod,
- vodohospodářská bilance jakosti povrchových vod,

³ Je patrné, že rok T-1 je z hlediska přípravy plánu značně náročný.

⁴ Pro potřeby plánování rozvoje užívání vody rozšíříme kvantitativní hodnocení povrchových vod, které směrnice zahrnuje pouze v hydromorfologické složce kvality ekologického stavu.

VODNÍ BILANCE



Obr. 3. Návrh struktury vodní bilance

- vodohospodářská bilance množství podzemních vod,
- vodohospodářská bilance jakosti podzemních vod,
- souhrnná vodní bilance.

Složka s názvem evidence pro vodní bilanci představuje informační zabezpečení vodní bilance, které bude vycházet z nově zjištěné informační potřeby dalších uvedených složek. Při realizaci budou v maximální možné míře využity stávající informační systémy. Otázkou, kterou bude nutné ve spolupráci se správci povodí vyřešit, je pokračování v sestavování vodohospodářské bilance minulého roku; myšleno je vlastní bilanční hodnocení. V případě, že bude zachována, bude prováděna v rámci této trvalé činnosti.

Při uvážení frekvence plánovacích cyklů zavedených RS lze znázornit výsledný návrh vodní bilance obrázkem 3.

Závěrem lze shrnout: Cílem řešení bylo upozornit na nutnost sjednocení postupů při sestavování vodní bilance a při hodnocení požadovaných

směrnic pro potřeby tvorby plánů oblastí povodí, vytvořit základy nového pohledu na vodní bilanci a navrhnout zásady zpracování jejich složek. V období 06/2005 až 12/2006 proběhne na podkladě těchto zásad zpracování metodik složek vodní bilance s ověřením na pilotním povodí.

Literatura

- [1] Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Pracovní překlad MŽP OOV, Praha, květen 2001.
- [2] Vodní bilance a implementace směrnice 2000/60/ES. Praha: VÚV T.G.M., srpen 2004.
- [3] Zásady zpracování vodní bilance a využití jejich výstupů pro přípravu plánů oblastí povodí. Praha: VÚV T.G.M., červen 2005.

Ing. Václav Zeman
VÚV T.G.M.

vaclav_zeman@vuv.cz

Recenzoval Ing. Libor Ansoerge, 2. 12. 2005.

Key words

Directive 2000/60/EC, water balance, river basin management plans, principles of water balance assessment

Water balance and Water framework directive (Zeman, V.)

Within the framework of a research intention MZP-0002071101, T.G.M. Water Research Institute carried out a problem concerning relationships between Directive 2000/60/EC and water balance, which is regularly assessed in the Czech Republic. The aim was to harmonise methods for preparation of background data for the river basin management plans. The results demonstrate that the balance assessment will have to be modified and they include principles for preparation of its new methods.

Přírůstky v knihovně VÚV T.G.M.

Odpadní vody – Wastewater 2005

Ve dnech 10.–12. května 2005 se v Teplicích konala již 6. bienální mezinárodní konference o odpadních vodách, pořádaná Asociací čistírenských expertů České republiky (AČE ČR). Přednáškový program konference byl rozdělen do několika specializovaných sekcí, volených s ohledem na požadavky a zájmy členů Odborných skupin AČE ČR.

Program prvního dne konference byl založen na plenárních přednáškách rozdělených do tří skupin: přednášky reprezentující partnerské asociace z Rakouska a Německa, přednášky představující největší čistírenské projekty v České republice, přednášky shrnující současný vývoj v oblasti biologického čištění odpadních vod, separace aktivovaného kalu či identifikace mikroorganismů aktivovaného kalu.

Přednáškový program druhého dne pokrýval následující témata: splašky a městské odpadní vody, kvalita aktivovaného kalu a jeho separace, stokové systémy, zpracování kalů a čištění kalových vod, intenzifikace čištění odpadních vod, odvodňování urbanizovaných území, vliv vypouštění odpadních vod na recipienty, čištění průmyslových odpadních vod.

Součástí konference byla i samostatná posterová sekce s informacemi o nejnovějším vývoji v oboru odvádění a čištění odpadních vod. Zároveň byl vydán sborník přednášek a sborník posterových sdělení prezentovaných na konferenci.

Přehrady Čech, Moravy a Slezska

Vojtěch Broža a kolektiv

První velkou obrazovou publikaci o českých přehradách vydalo v roce 2005 liberecké nakladatelství KNIHY 555.

Výpravná publikace přináší vůbec poprvé ucelený popis a charakteristiku všech nejvýznamnějších vodních děl na území České republiky, členěných podle jednotlivých povodí: Labe, Vltava, Ohře, Odry a Morava. Představuje 136 přehrad a jejich historii, od vzniku projektu přes budování až po současný stav. Kniha vznikla v autorském kolektivu pod vedením renomovaného vodohospodáře prof. Ing. Vojtěcha Broží, Dr.Sc., a podíleli se na ní pracovníci všech povodí ČR.

Bohatý obrazový materiál (historické fotografie, dobové pohlednice, letecké snímky apod.) dokumentuje výstavbu vodních děl a technologická zařízení přehradních těles, jako jsou uzávěry spodních výpustí, sružené věžové objekty, bezpečnostní přelivy či vodní elektrárny. Nechybí ani mapky jednotlivých toků a příčné řezy hrází.

Vedle technického popisu přehrad, z nichž některé byly vyhlášeny kulturními památkami, kniha populární formou seznamuje s jednotlivými účely vodních děl, přírodními zajímavostmi v okolí a také s využíváním nádrží k rekreaci a sportu.

Vázaná celobarevná publikace má 256 stran a je tištěna na křídovém papíře.

Alena Heiclová

HYDROPROJEKT
AKCIOVÁ SPOLEČNOST

**PROJEKTOVÁNÍ, INŽENÝRSKÉ SLUŽBY,
KONZULTACE A DODÁVKY STAVEB NA KLÍČ**

PRAHA	BRNO	OSTRAVA	Č. BUDĚJOVICE
Táborská 31	Minská 18	Varenská 49	Zátkovo nábreží 7
tel.: 261 215 198	541 240 600	596 638 328	386 355 427
Fax: 261 215 186	541 214 973	596 638 329	386 354 646

PFT
Prostředí
a fluidní technika, s.r.o.

Podbělohorská 739, CZ 150 00 Praha 5
tel./fax: 257 215 581
telefon: 257 213 522
pft@pft-uft.cz
www.pft-uft.cz

**Dodavatel vstrojení
kanalizačních objektů**

- regulace odtoku z odleh. komor
- čištění dešťových zdrží
- ochrana kanalizace před velkou vodou

Virový ventil v suché šachtě
FluidCon

PROBLEMATIKA POVRCHOVÝCH SPLACHŮ ODTÉKAJÍCÍCH Z DÁLNIČNÍ SÍTĚ

(Informace o dílčích výsledcích výzkumného projektu „Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu Rámcové směrnice“ v roce 2005)

Danuše Beránková¹, Helena Brtníková¹, Josef Kupec¹, Jiří Huzlík², Vilma Jandová²

Klíčová slova

znečištění vod, povrchový splach z dálnic, srážkoodtokové poměry, polyaromatické uhlovodíky, těžké kovy

Souhrn

Příspěvek seznamuje s poznatky získanými v průběhu prvního roku řešení výzkumného projektu Ministerstva dopavy zabývajícího se srážkoodtokovými poměry na dálnicích a jejich vlivem na vodní útvary. Stručně jsou charakterizována nejdůležitější témata ze zpracované rešerše a popsány cíle projektu. Jsou zhodnoceny výsledky dosavadního měření na odtocích z dešťových usazovacích nádrží, které potvrzují významnost zátěže recipientů zejména v období tání sněhu, akumulaci polutantů v pevných maticích a problémové vyplavování chloridů.

Úvod do problematiky

Výstavbou dálnic a rychlostních komunikací dochází k nárůstu zpevněných ploch a při intenzivních srážkách k ovlivnění odtokových poměrů zejména u drobných toků. Současně se tímto způsobem, zařazeným mezi plošné zdroje znečištění, dostávají do vodního prostředí kontaminanty specifické pro silniční dopravu. Riziko ze znečišťování životního prostředí v okolí intenzivně využívaných komunikací, na kterých došlo za poslední roky k enormnímu nárůstu provozu, je vysoce aktuální. Provozem automobilů dochází k emisnímu uvolňování řady škodlivin, z nichž mnohé, jako např. PAU, patří do skupiny prioritních nebezpečných látek, které vyjmenovává i Rámcová směrnice (WFD).

Příspěvek seznamuje s prvními výsledky projektu VaV 1F54G/011/120 „Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu směrnice 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“. Poskytovatelem je Ministerstvo dopavy a na řešení projektu, které je plánováno na období 2005–2007, se spolupodílejí Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Centrum dopravního výzkumu a další odborníci.

Hlavním cílem projektu je ověření skutečné úrovně koncentrací polutantů v odtokových vodách z dálnic a posouzení jejich významnosti či nevýznamnosti z pohledu trvalé zátěže vodních ekosystémů. Dalšími cíli jsou odvození srážkoodtokových charakteristik pro měřené dálniční úseky, vypracování návrhů na aktualizaci stávajících oborových technických předpisů pro odvodňování komunikací aj.

V roce 2005 byly pracovní aktivity zaměřeny zejména na získávání podkladů, zahraničních zkušeností a zpracování rešeršní části. Na obrázcích jsou zdokumentovány dva různé typy dešťových usazovacích nádrží, které jsou využívány na dálničním systému v Německu v oblasti Kolína nad Rýnem. Na obrázku 1 je starší typ nádrže z 80. let a na obr. 2 nejnovější třístupňové zařízení s makrofyty, navazujícím zemním filtrem a zasakovací nádrží.

Problematika vztahující se ke znečištění ze silnic a dálnic je tematicky poměrně široká, ve zpracované rešerši byla rozčleněna do deseti částí. Jednotlivé okruhy jsou stručně popsány v následujícím textu.

Dopady silniční dopavy na životní prostředí

Kontaminanty z městského provozu jsou kumulativní s vlivem na toxicitu, zejména u komunikací, u nichž intenzita provozu přesáhne 30 000 aut za den. Konstrukce nepropustných ploch značně mění hydrologický cyklus větším množstvím vody odváděným do blízkých recipientů. Rozstřík z povrchů s nepropustným asfaltem se transportuje více polutantů než odtokem vody. Vznikající emise jsou připisovány abrazi a rozkladu asfaltu a pneumatik, korozi svodidel, depozici výfukových produktů a únikům z vozidel.

Nerozpuštěné pevné látky

Přítomnost pevných látek v odtoku poškozuje říční ekosystém zvýšením zákalu a zanášením sedimentem, na jehož nejjemnější jílovitou frakci (částice < 50 µm) jsou navázány polární organické molekuly a těžké kovy, které mohou působit akutní či chronickou toxicitu.

Těžké kovy

Toxické kovy, jako např. Cd a Pb, jsou nalézány v dálničním odvodnění ve stále klesajících koncentracích. Relativní mobilita při vyluhova-

cím testu byla stanovena v pořadí Cd, Zn, Pb. Pro Zn, Cu a Fe je charakteristický výskyt v rozpuštěných i nerozpuštěných formách, což je ovlivněno různými fyzikálními, chemickými a biologickými interakcemi. Koncentrace partikulárně vázaných kovů jsou významnější oproti rozpuštěné fázi. Hlavními složkami z komunikací splachovaných pevných částic jsou železo a z dalších kovů hliník.

Polycyklické aromatické uhlovodíky

Zdroji PAU jsou otěr z asfaltu, pneumatik a brzd aut, jemné částice pocházejí ze spalovacích motorů. PAU se do půdy a vody dostávají suchou a mokrou depozicí a splachy ze silnic. Ve vodě odtékající z dálnic byly na suspendované látky vázány zejména polyaromáty s vyšší molekulovou hmotností, což vede k jejich následné akumulaci v sedimentech, kde převažovaly PAU se čtyřmi kruhy (fluoranthen, pyren, benzo(a)anthracen). Nízkomolekulární PAU se třemi aromatickými kruhy (fluoren, anthracen, fenantren) mohou být během remobilizace pře-



Obr. 1. Starší typ dešťové usazovací nádrže z 80. let (1982, Německo)



Obr. 2. Nový třístupňový typ zařízení se zemním filtrem (2002, Německo)

měněny na rozpuštěnou formu nebo mohou i vytékat. V některých případech nebyla zjištěna korelace mezi délkou předchozího suchého období a množstvím PAU, což je zřejmě způsobeno ztrátou sloučenin z povrchu silnice vytékáním, fotooxidací nebo dalšími oxidačními procesy.

Účinek prvního splachu (first-flush effect)

Mnoho studií identifikovalo projevy prvního splachu (first-flush effect) tak, že je ve vodě odtékající v počáteční fázi relativně vysoká zátěž znečišťujících látek. Efekt prvního splachu je komplexní proces, který je závislý na faktorech jako charakter suché periody předcházející dešti, vlastnostech srážky i fyzikálně-chemických vlastnostech látek (rozpuštěná či nerozpuštěná forma, velikostní složení aj.).

Zimní údržba

Rozmrazovací prostředky (zejména NaCl a aditiva) aplikované na dálnicích a silnicích během zimního období způsobují velké problémy s kvalitou jak povrchové, tak i podzemní vody v okolí komunikací. Je to zapříčiněno zejména vysokým obsahem chloridových iontů (stovky miligramů až gramy/l). Současně se zvyšuje i toxicita rozpuštěných kovů.

Aditiva v posypových solích

Do posypových solí jsou přidávány protispěkové přísady – zejména hexakyanooželeznané sloučeniny (v ČR 75 mg CN/kg). Tyto kyanidové formy, které jsou následně ve vodním prostředí disociovány a rozloženy, jsou netoxické pro člověka nebo jen mírně toxické pro vodní biotu.

Toxicita

V dešťové vodě odtékající z urbanizovaných ploch se může projevit akutní toxicita a genotoxicita, což je ovlivňováno zdroji, obdobím, vlastnostmi srážky aj. Obecně byly určité toxické účinky zaznamenány, ale často jen ve splachu nebo při velkých odtokových množstvích z odvodňovaných silnic s velkým provozem do malých recipientů. Vysoká toxicita (testy *Daphnia magna*, *Microtox*) je zaznamenávána výhradně během zimních měsíců při dešti na sněhu nebo při tání.

Opatření pro odvedení a čištění dešťové vody z komunikací

Rozlišuje se několik typů opatření k zamezení znečišťování. K opatřením přímo u zdroje patří např. zavedení bezolovnatého benzínu, používání konstrukce svodidel bez zinku, zachycování polutantů ve svrchní vrstvě krajnic. Dále jsou navrhovány filtrace půdními filtry, suché a mokré usazovací nádrže, umělé mokřady, vegetační čištění aj. Nejlepší praxe pro nápravu a zlepšení stavu v podobě tzv. BMPs (Best Management Practices) je podrobně rozpracována v manuálech, které jsou známy např. z USA a Británie.

Porovnání propustného a nepropustného asfaltu

Propustný asfalt, který obsahuje nejméně 20% podíl pórů, zabraňuje akvaplaningu a rozstříku vody. Schopnost zadržet vodu zpomaluje její odvedení do výpusti a zmiňuje průtokovou špičku. Výsledky ukazují, že povrchový odtok z řádně udržovaného porézního asfaltu obsahuje nižší koncentrace znečišťujících látek. Hlavním mechanismem je filtrace, popř. zadržování rozpustných forem adsorpcí, uplatňují se



Obr. 3. Přítok vody z dálnice do DUN v období tání (D1, 81,5 km)

i biologické procesy (biosorpce, biodegradace – původní nebo i dodávanou mikrobiální biomasou). K udržování propustnosti je však třeba povrch pravidelně čistit. Uvolněné částice a polutanty jsou vysátý vodou, kal je separován a transportován jako odpad.

Výsledky měření

Výsledky dřívějších měření Centra dopravního výzkumu (CDV) v Brně zaměřené na sledování obsahů těžkých organických látek ve vodách, tj. monoaromátů benzenu, toluenu a xylenu, které jsou součástí paliv, ukázaly, že těžké polutanty neohrožují vodní prostředí a jejich obsah nepřekračuje ani hygienické limity stanovené pro pitnou vodu. Nesplnění imisních limitů pro povrchové vody bylo naopak zaznamenáno na retenčních nádržích pro nepolární extrahovatelné látky. Polyaromatické uhlovodíky v sedimentech přesahovaly hodnoty kritéria C – rizikové znečištění zemin ($\geq 500 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny) a vzorky svalové tkáně bioty hodnoty potravinářských limitů.

Při sledování kvality vod a sedimentů byly prováděny odběry vzorků dvěma způsoby, a to klasickými bodovými odběry a metodou pasivního vzorkování pomocí semipermeabilních membrán – SPMDs (Semi Permeable Membrane Devices). Právě metoda pasivního vzorkování se jeví jako velice perspektivní a výhodná pro potřebu zachycení trvalé zátěže, ke které dochází vlivem autopovození.

V rámci terénních prací realizovaných v projektu VaV v roce 2005 byly odebírány vzorky vody přítékající z dálničního odvodnění do dešťových usazovacích nádrží (DUN) jednak v období tání a dále při dešťových epizodách na několika lokalitách dálnice D1 ve směru Praha–Brno v oblasti Českomoravské vysočiny u vodárenské nádrže Švihov na toku Želivky. Celkem asi 16 těchto nádrží situovaných podél dálnice má za úkol zabránit vstupu znečištění do ochranného pásma tohoto vodního zdroje.

Chemické analýzy byly zaměřeny na širší spektrum znečišťujících látek (minerální látky, kovy i organické sloučeniny), které se mohou vyskytovat v dešťovém splachu a tzv. sněhové břečce v období tání. Stanovována byla také toxicita. S ohledem na seznam prioritních látek v oblasti vodní politiky uváděných v příloze X Rámcové směrnice jsou nejvýznamnějšími sledovanými látkami ze zástupců polyaromátů: benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthén, benzo(ghi)perylene, indeno 1,2,3-cd pyren, fluoranthén, z kovů jsou to Cd, Pb, Hg, Ni.

Získané výsledky potvrzují, že všeobecně detekovatelnými skupinami polutantů a při akumulaci např. ve zbytcích sněhu i problémovými jsou PAU, ropné látky, některé kovy, chloridy. K vyplavování chloridů ve vysokých koncentracích dochází dlouhodoběji. Výběr z dosavadních výsledků měření je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1. Výsledky analýz vybraných vzorků vod z okolí dálnice D1

Ukazatel	Jednotka	D1					
		61,5 km	61,5 km	61,5 km	81,5 km	81,5 km	81,5 km
		16. 3.	16. 3.	1. 6.	16. 3.	16. 3.	1. 6.
		sněh	přítok	přítok	sněh	přítok	přítok
Cl ⁻	mg.l ⁻¹	42,2	1 167	937	70,9	1 135	193
EL	mg.l ⁻¹	1,58	0,77	0,99	1,36	4,76	0,63
Pb	µg.l ⁻¹	85,7	2,7	4,3	54,6	17,9	5,4
Ni	µg.l ⁻¹	73	54,7	174	26,4	8,7	4
Cr	µg.l ⁻¹	29,1	6,4	2,5	21,5	6,6	5,9
Zn	µg.l ⁻¹	1 405	167	205	722	621	32
Al	µg.l ⁻¹	7 490	338	275	5 630	2 330	822
Fe	µg.l ⁻¹	15 540	470	283	11 820	4 220	291
Σ PAU	ng.l ⁻¹	363,3	139,5	< 39	187,6	253,8	< 37

Závěr

Účelem tohoto příspěvku bylo podat informaci o dosavadních výsledcích měření kvality odtokové vody z komunikací a aktivitách uskutečněných v rámci řešeného grantového úkolu VaV. Výsledky potvrzují významnost zátěže zejména v období tání sněhu, akumulaci polutantů v pevných maticích a problémové vyplavování chloridů. Vyhodnocení analýz prováděných v roce 2005 povede k redukci sledovaných ukazatelů, aplikaci nových odběrových metod a použití navrženého stacionárního odběrového zařízení se signalizací a také k širšímu využití metod pasivního vzorkování pomocí semipermeabilních membrán.

Literatura

- Adamec, V., Dostál, I., Dufek, J., Galle, D., Huzlík, J., Cholava, R., Jedlička, J., Kutáček, S., Marešová, V., Marvanová, S., Silová, R., Šeda, V., Šucmanová, M., Švanda, J., Trhlíková, B. a Tvarůžková, J. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2003). Brno : CDV, 2004. 201 s.
- Beránková, D. a Brtníková, H. Vliv srážkoodtokových poměrů dálnic a rychlostních komunikací a jejich dopad na vodní útvary ve smyslu směrnice 2000/60/ES. 1. část Rešerše. Brno : VÚV T.G.M., 2005. 101 s.

- Diefenthal, K. und Kocher, B. Entwicklung und Erfahrungen mit dem Bau von Retentionsbodenfilterbecken. Reinigungswirkung verschiedener Entwässerungsverfahren. (Prezentace.) Köln : Bundesanstalt für Strassenwesen, 2005.
- Dufek, J., Tříška, V. a Svoboda, F. Stabilizace a postupné snižování zátěže životního prostředí z dopravy v České republice. Brno : CDV, 2000. 68 s.
- Heinrich, J., Huzlík, J. a Marešová, V. Vliv dopravy na kontaminaci hydrosféry. In Výzkum spolehlivosti a bezpečnosti dopravy a vlivu dopravy na životní prostředí ve vztahu k trvale udržitelné mobilitě. Brno : CDV, 2004. 37 s.

¹VÚV T.G.M., pobočka Brno
tel. 541 321 224, e-mail: danuse.berankova@wri.cz

²Centrum dopravního výzkumu, Brno
tel. 541 633 742, e-mail: huzlik@cdv.cz

Publikace VÚV T.G.M.

Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR (s využitím zahraničních zkušeností)

Autoři: Josef Vostrčil – Jana Hubáčková – Marta Štamberová
Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2005. 160 s.
ISBN 80-85900-55-6

V posledních letech je vynakládáno velké úsilí na výzkum a vývoj nových vodárenských technologií, což je dáno jednak zpřísněním požadavků na kvalitu pitné vody, rozmanitostí spektra kontaminantů ve vodních zdrojích a jejich nízkými koncentracemi, ale také skutečností, že na vodu pitnou se zpracovává surová voda s rozdílnými přirozenými i získanými vlastnostmi.

Účelem publikace je shrnout hlavní charakteristiky surových vod, prezentovat poznatky o jejich upravitelnosti pro pitné účely a informovat o možnostech odstraňování organických látek jako prvotní příčiny zhoršení kvality surové vody.

Výběr optimální konfigurace úpravy vody, založený na kvalitě surové vody, je významný a praktický problém v úpravárenství a zaslouží si stálo pozornost. K optimalizaci zařízení vodáren s ohledem na charakter surové vody lze využít obdobné systémy analytického přiblížení, jako se používají u procesních zařízení chemického inženýrství. Pro optimální zařízení úpravy lze použít fyzikálně-chemické modely flokulace, usazování a filtrace; v neposlední řadě pak aplikace umělých neuronových sítí.

Pro výrazné zlepšení kvality pitné vody je z provedeného rozboru patrné, že prvním zásadním cílem ochrany ke zlepšení našich zdrojů vody by mělo být silné omezení emisí organických biologicky nerozložitelných nebo těžce rozložitelných látek do vodotečí. Na průmysl by měl být vnesen požadavek, aby do vodotečí přicházely pouze látky biologicky rychle rozložitelné anebo adsorpcí, popř. oxidací odstranitelné nebo převoditelné do neškodných látek. Vzhledem k produkci pitné vody je stupeň degradace mikroorganismy důležitým kritériem pro charakterizaci organických ve vodě rozpustných látek. Druhým kritériem pro charakterizaci organických rozpuštěných látek je jejich schopnost adsorpce na aktivním uhlí. Budoucí úprava povrchových vod k výrobě kvalitní pitné vody by měla podle charakteru surové vody sestávat ze základní úpravy vody s následnou chemickou nebo fyzikální úpravou. Základní dvoustupňová úprava by měla být obdobná konvenčním úpravám povrchové vody: předozonizace (je-li nutná), koagulace/flokulace, separace vloček, písková rychlofiltrace. Následná úprava by měla být provedena volbou mezi chemickou úpravou, zahrnující metody AOP, GAC, popř. UV dezinfekci nebo pomalou pískovou filtrací, a fyzikální úpravou, zahrnující popř. dávkování H_2SO_4 (zamezení srážení na membrá-

Key words

water pollution, highway surface runoff, rainfall-runoff relations, polyaromatic hydrocarbons, heavy metals

Surface runoff from highways – the interim result of the research project „Influence of highways and motorways on rainfall-runoff relations and their impact on water bodies pursuant to WFD“ in 2005 (Beránková, D., Brtníková, H., Kupec, J., Huzlík, J., and Jandová, V.)

The report provides information obtained during the first year of work on the Czech Ministry of Transport project focused on motorway rainfall-runoff relations and their impact on water bodies. The topics characterised are those that have resulted from the literature search and specific aims of the project. An evaluation was made of the results of the measurements carried out so far of the outflow from the storm-water sedimentation tanks proving the importance of recipients during periods of snow melting, as well as pollutant accumulation in solid matrixes and the detrimental wash-out of chlorides.

nách), membránovou filtrací (např. NF), filtrací mramorem (adjustace Ca a Mg), filtrací GAC a UV dezinfekci. Chemická úprava podstatně zlepšuje účinnost konvenční úpravy vody, fyzikální úprava pak představuje jistý revoluční vývoj v úpravě povrchové vody. Četné problémy však ještě zůstávají jak v kvalitě konečného produktu, tak v ceně.

V porovnání s klasickými používanými postupy umožňuje počítačové modelování zoptimalizovat provoz stávajících úpraven vody a navrhovat nové úpravy daleko rychleji a s mnohem menšími náklady. Jistým příkladem může být technologie počítačového modelování vodárny vyvinuté výzkumným střediskem francouzské společnosti Suez-Lyonnais des Eaux-CIRSEE.

Kniha je členěna do těchto kapitol:

- Z celosvětové historie úpravy vody pro pitné účely
Kapitola stručně shrnuje dějiny úpravy vody od dob nejstarších civilizací po současnost.
- Zdroje surové vody používané k úpravě vody na vodu pitnou
Přehled podzemních a povrchových vod v ČR pro odběry pitné vody (v tabulkách).
- Jakost surové vody ve vodních zdrojích
Uvádějí se kritéria hodnocení jakosti vod i způsob určení průměrného indexu upravitelnosti pro standardní metody úpravy vody. Třídy jakosti vod v ČR jsou zřejmé z mapky a tabulek v příloze.
- Některá pravidla navrhovaná v zahraničí pro úpravu vodních zdrojů
Autoři se zaměřili především na způsoby úpravy pitné vody, prezentované v zahraniční literatuře, které se snaží minimalizovat vedlejší produkty dezinfekce.

Těžiště publikace je v páté kapitole, obsahující tuto problematiku:

- Optimalizace některých úpravárenských procesů
 - Některé prostředky k optimalizaci provozu vodáren
 - Výpočtové technologické karty („spreadsheets“)
 - Diagramy
 - Klasické modelování
 - Umělá inteligence
 - Vodárenská technologie pro odstraňování organických látek z vody, zvláště prekurzorů vedlejších dezinfekčních produktů (DBP)
 - Chemická koagulace
 - Změkčování srážením
 - Chemická předoxidace
 - Klasické separační procesy
 - Ostatní technologie na odstraňování organických látek z vody

Součástí publikace je CD s obrázky a tabulkami.

Publikaci je možno získat za 160 Kč ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, Podbabská 30, 160 62 Praha 6, tel. 220 197 260, zuzana_kuckova@vuv.cz.

Redakce

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

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

Ročník 48

ISSN 0322 - 8916

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



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

**Podbabská 30
160 62 Praha 6**