

## VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

### PĚT LET ČINNOSTI VÝZKUMNÉHO ÚSTAVU VODOHOSPODÁŘSKÉHO JAKO VEŘEJNÉ VÝZKUMNÉ INSTITUCE

Rok 2011 byl posledním uceleným rokem prvního pětiletého období existence Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka jako veřejné výzkumné instituce. Zákon o veřejných výzkumných institucích stanovuje funkční období Rady ústavu, která je volena zaměstnanci, jako pětileté a stejně tak i funkční období ředitele, kterého Rada na základě výběrového řízení vybírá. Rád bych se proto na tomto místě ohlédl nejen za rokem 2011, ale za celým pětiletým obdobím počínaje rokem 2007.

Celé toto období ve světě i u nás bylo velmi nestálé, a to jak z pohledu globálního, tak národní ekonomiky, ale i z pohledu politického. Pro ilustraci politické nestálosti období 2007–2011 nejlépe poslouží fakt, že se v tomto období vystřídal sedm ministrů životního prostředí, čtyři náměstci ministra ŽP – předsedové Dozorčí rady ústavu a čtyři ředitelé odboru ochrany vod MŽP. Ministerstvo životního prostředí také přestalo být poskytovatelem prostředků na výzkum, vývoj a inovace, a přestalo tedy podporovat výzkum v oblasti své působnosti. Navíc celosvětově probíhala a stále ještě probíhá ekonomická krize, která se samozřejmě odráží i v úsporných opatřeních v oblasti podpory výzkumu.

Na druhé straně bylo však nutné provést veškeré kroky, které pro ústav vyplývaly z jeho transformace na veřejnou výzkumnou instituci – počínaje novým mzdovým předpisem a zcela novým způsobem hospodaření ústavu konče. Uskutečnily se konkurzy na všechny manažerské pozice v ústavu, na jejichž základě byli vybráni noví náměstci ředitele pro odbornou a ekonomickou činnost a ve většině případů také noví vedoucí odborů. Nově byl zřízen odbor aplikované ekologie. Byla však také provedena racionalizační opatření, a to především v oblasti podpůrných činností infrastruktury výzkumu. Kromě běžného každodenního chodu ústavu, údržby a obnovy majetku bylo provedeno více než sto dalších zásadních změn. Z nich lze na tomto místě zmínit například certifikaci systému jakosti ISO 9001:2000, oslavu 90. výročí založení ústavu za přítomnosti prezidenta Klause, otevření nové budovy pobočky v Brně, zavedení nového korporátního designu, růst publikačních aktivit výzkumných pracovníků ústavu, převedení rutinních agend do elektronického oběhu, včetně elektronického schvalování aj. Ústav se znovu etabloval v mezinárodních profesních organizacích, stal se organizátorem semináře Národní dialog o vodě, byla vytvořena „technologická linka“ na

podávání projektů, zaveden nový systém vzdělávání zaměstnanců, systém motivačního a zásluhového odměňování výzkumných pracovníků, vyřešena problematika softwarových licencí a další – úplný výčet je samozřejmě nad rámec tohoto úvodního slova.

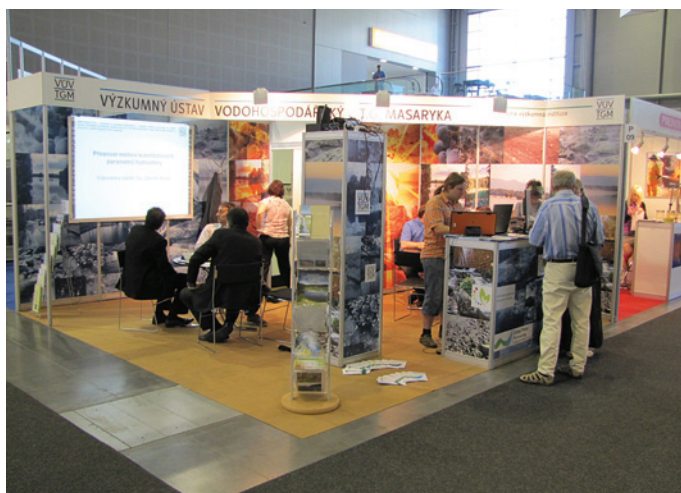
Ústav ale především musel zabezpečit financování svých činností. Vzhledem k tomu, že Ministerstvo životního prostředí přestalo být poskytovatelem prostředků na podporu výzkumu, vývoje a inovací, bylo nutné získávat finanční prostředky na výzkum v oblasti vody a odpadů z jiných zdrojů. A nejenak tomu bylo i v roce 2011. V průběhu roku bylo podáno více než 110 návrhů nových výzkumných projektů do výzev na podporu výzkumu a vývoje, a to především do programů Technologické agentury ČR – programy Alfa, Omega, Centra kompetence, dále také do Programu bezpečnostního výzkumu Ministerstvem vnitra, výzev Grantové agentury ČR, programu KUS Ministerstva zemědělství, programu NAKI Ministerstva kultury a dalších.

Ústav pořádá stejně jako v předchozích letech Národní dialog o vodě v Medlově, v květnu se také uskutečnila společná prezentace GWP a VÚV na veletrhu WATENVI v Brně a v průběhu roku proběhla celá řada odborných seminářů v Praze, Brně a Ostravě. Ústav byl v průběhu roku 2011 aktivním členem Rady veřejných výzkumných institucí aplikovaného výzkumu (RAV) a účastnil se celé řady jednání týkajících se aktuálních legislativních, ekonomických a provozních problémů organizací typu veřejné výzkumné instituce stojících mimo Akademii věd ČR.

Významnou oblastí činnosti instituce byly aktivity spojené s prezentací ústavu a zapojení do mezinárodních organizací. Ústav organizoval zasedání evropského sdružení výzkumných ústavů působících v oblasti hydrologie – Euroqua v Praze. Zaměstnanci ústavu v roce 2011 stejně jako v předchozích letech výrazně zvýšili publikační aktivity v impaktovaných a recenzovaných periodikách, sbornících a monografiích, zaměřili se na prezentace na mezinárodních konferencích, na evropské a národní patenty, užité vzory a další standardní výstupy vědecké práce.

Hodnocení roku 2011 může být kladné. Úspěšně byly ukončeny všechny projekty VaV MŽP a výzkumné záměry „Výzkum a ochrana hydrosféry“ a „Výzkum pro hospodaření s odpady“. Nově pak byla získána celá řada projektů, které se zaměřují na nové oblasti výzkumu v oblasti vod a odpadů a navazují na tradici tohoto výzkumu ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, veřejné výzkumné instituci. Chtěl bych proto na tomto místě všem zaměstnancům a partnerům poděkovat za vykonanou práci v roce 2011 a popřát hodně štěstí v roce 2012.

**Mgr. Mark Rieder**  
ředitel



Stánek VÚV na veletrhu WATENVI v Brně



Pohled na budovy VÚV

# IDENTIFIKACE A HODNOCENÍ OBJEKTŮ A ZAŘÍZENÍ SE ZDROJI RIZIK KONTAMINACE VODNÍHO PROSTŘEDÍ NEBEZPEČNÝMI CHEMICKÝMI LÁTKAMI PŘI POVODNÍCH

Pavel Danihelka, Magdalena Karberová, Libor Chlubna

## Klíčová slova

vodní prostředí – nebezpečné látky – kontaminace životního prostředí – havárie – povodně

## Souhrn

V rámci řešení projektu VaV SPII 1a10 45/07 „Komplexní interakce mezi přírodními ději a průmyslem s ohledem na prevenci závažných havárií a krizové řízení“ (VŠB-TU Ostrava, 2007–2011) byl vypracován návrh metodiky pro identifikaci a hodnocení lokalit se zdroji rizik kontaminace životního prostředí nebezpečnými látkami při povodních a pro klasifikaci míry rizika. Pro identifikaci a hodnocení těchto lokalit byla zvolena indexová metoda, která využívá jednak index povodňového potenciálu a index protipovodňového zabezpečení hodnocené lokality, jednak index nebezpečnosti látky pro vodní prostředí a index zranitelnosti povrchových a podzemních vod vůči potenciální havárii s účastí nebezpečné látky, stanovené podle schválené Metodiky pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí „H&V index“ [1].

## Úvod

Úniky nebezpečných chemických látek, vedoucí k závažným haváriím, ohrožují nejen zdraví a životy obyvatel, ale také životní prostředí – vodu, půdu a biotu. K havarijnímu úniku nebezpečných chemických látek může docházet i v případě extrémních živelních událostí – povodní. V záplavových územích se vyskytují lokality kontaminované nebezpečnými chemickými látkami (staré ekologické zátěže obsahující nebezpečné látky jako výsledek dřívější průmyslové činnosti, místa bývalých skládek nebo likvidace odpadů, opuštěné bývalé průmyslové areály apod.) a objekty a zařízení, které tyto látky skladují nebo s nimi nakládají ve výrobě nebo v provozu. Tyto lokality mohou v případě povodně představovat potenciální riziko pro kvalitu životního prostředí, především vodních ekosystémů, pokud dojde k úniku nebezpečné chemické látky do vodního prostředí. Chemické znečištění povrchových a podzemních vod představuje dlouhodobá rizika pro vodní organismy, akumulaci nebezpečných látek v ekosystému a úbytek biologické rozmanitosti, jakož i ohrožení lidského zdraví.

Absence metodiky pro identifikaci lokalit se zdroji rizik kontaminace životního prostředí nebezpečnými chemickými látkami při povodních v české legislativě se projevila při řešení požadavků Pracovní skupiny pro prevenci havárií, pracující v rámci činnosti Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje (MKOD). Šlo o zpracování seznamu kritických průmyslových lokalit z hlediska potenciálních rizik souvisejících s haváriemi – úniky nebezpečných chemických látek (Accidental Risk Spots – ARS Inventory) a seznamu kontaminovaných míst (Contaminated Sites – CS Inventory) zahrnujících lokality v Podunajském regionu, které jsou kontaminovány látkami nebezpečnými pro vodu a které jsou vystaveny riziku povodňových záplav. Hlavním impulzem pro tyto dunajské aktivity byla ekologická havárie v lednu 2000 v Rumunsku, kdy došlo ke katastrofálnímu zamoření řek Tisy a Dunaje kyanidy a těžkými kovy obsaženými v kalech unikajících při protržení hráze odkaliště, ve kterém byl uskladňován odpad ze zlatého dolu poblíž rumunského města Baia Mare.

V širším kontextu je tato problematika klíčová vzhledem k Úmluvě Evropské hospodářské komise OSN (UNECE) o přenosu havárií přes hranice států a je v souladu s požadavky směrnice 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Water Framework Directive), speciálně jejího článku 11(3)(l).

Pro stanovení seznamů ARS Inventory a CS Inventory byly v rámci činnosti MKOD zpracovány metodiky, které však nejsou implementovány do legislativy ČR. Zkušenosti z jednání MKOD ukazují, že zpracování a pravidelné aktualizace těchto seznamů za ČR jsou velmi problematické a řídí se především subjektivními názory členů pracovní skupiny AP TG a pracovníků ČIŽP.

## Metodiky MKOD – M1 a M2

Jedním z podkladů pro sestavení seznamů ARS Inventory a CS Inventory je metodika M2 Methodology/Checklist pro průzkum a hodnocení rizik pro kontaminovaná místa v záplavových územích, tj. v územích s potenciálním povodňovým nebezpečím. Checklist for the Investigation and Risk Assess-

ment of Contaminated Sites in Flood Risk Areas (Umweltbundesamt, Vienna) vychází z metodiky pro průzkum a hodnocení rizik pro kontaminovaná místa v záplavových územích, který zpracovala Expertní skupina pro prevenci a kontrolu havárií (APC EG) pracující do roku 2005 v MKOD. Metodika byla vypracována v rámci řešení Regionálního projektu řeky Dunaje (DRP), zajišťovaného Rozvojovým programem spojených národů (UNDP) a Organizací pro celosvětové problémy životního prostředí (GEF). Doporučení uvedená v metodice obsahují řešení první etapy v intencích metodiky M1 (M1 Methodology) – jako předběžného hodnocení kontaminovaných lokalit v rizikových záplavových územích a druhé etapy – Metodiky M2 (M2 Methodology), kdy se uvedené problémové oblasti dále vyhodnocují, přičemž se bere v úvahu povodňově-záplavový potenciál území a stav protipovodňových opatření v hodnocených lokalitách.

U metodiky M1, která je navržena pro předběžné hodnocení kontaminovaných lokalit v rizikových záplavových územích, jsou použity hodnoty míry ohrožení pro vodu, které se nevztahují k nebezpečným látkám, ale k nebezpečí, jež může být očekáváno v souvislosti se specifickým typem odpadu nebo oboru, a odvozují se na základě zkušeností získaných během počátečního vyhodnocování rizik v potenciálně kontaminovaných lokalitách v německém spolkovém státě Sasko. Pro každý typ odpadu – v rámci Evropského katalogu odpadů a pro každý obor – v rámci Katalogu odpadů v Německu jsou zjišťovány a stanovovány třídy míry nebezpečí  $r_0$  (risk-value  $r_0$ ) v klasifikačním rozmezí podle zatřídění od 1 do 5. Tyto hodnoty  $r_0$  berou v úvahu pouze potenciální riziko, jaké lze očekávat od určitého typu odpadu nebo průmyslového oboru.

Vyhodnocení podle metodiky M2 Methodology/Checklist by mělo umožnit kompetentním úřadům sestavit kontrolní seznam (Checklist), kde budou kontaminovaná místa klasifikována podle tříd založených na prioritách nápravných opatření. Navržená doporučení se týkají všech znečištěných míst, která jsou vystavena riziku povodní a která jsou kontaminována látkami nebezpečnými pro vodu, a měla by být aplikována i na kritické průmyslové lokality (ARS).

Final Report for UNDP/GEF Danube Region Project – Development of M2 Methodology/Checklist (Hermine Weber, Federal Environment Agency Ltd., Austria, 2006) [2] je aplikací metodiky M2 Methodology/Checklist v praxi. V podstatě se jedná o pilotní projekt využití této metodiky, kde je hodnoceno 97 kontaminovaných lokalit ze sedmi členských zemí EU v povodí Dunaje (z celkového počtu 13 členských zemí v povodí Dunaje v roce 2006) včetně ČR.

Problematickým faktorem je, že navržené hodnoty odpovídají potenciální havárii na evropské úrovni a průtokům Dunaje, což jsou parametry obtížně převoditelné do podmínek ČR, kde již podstatně menší havárie může mít významné dopady na vodní toky, včetně přeshraničního přenosu.

## Návrh metodiky pro identifikaci a hodnocení lokalit se zdroji rizik kontaminace životního prostředí nebezpečnými látkami při povodních a pro klasifikaci míry rizika

Návrh metodiky byl zařazen jako jeden z výstupů dílčího úkolu Mapování komplexních rizik zahrnujících technologické a přírodní prvky včetně povodní projektu VaV SPII 1a10 45/07 s názvem Komplexní interakce mezi přírodními ději a průmyslem s ohledem na prevenci závažných havárií a krizové řízení (VŠB-TU Ostrava, 2007–2011), jehož zadavatelem bylo MŽP ČR.

Jako vstupní podklady pro zpracování návrhu metodiky byly v rámci řešení projektu přeloženy a analyzovány výše uváděné metodiky MKOD – M1 a M2 a základní vstupní předpoklad byl, že návrh metodiky bude zpracován v intencích metodik MKOD.

Zadavatel požadoval, aby při návrhu metodiky byly využity již schválené metodické postupy pro hodnocení dopadů havárií s účastí nebezpečných chemických látek na životní prostředí, které jsou platné pro ČR, a také nebyl žádoucí požadavek na další průzkum u hodnocených lokalit, ale využití stávajících databází. Návrh metodiky měl být podle požadavku garanta zpracován pro provozované objekty a zařízení, které skladují nebezpečné chemické látky, nikoliv pro staré zátěže a brownfields.

Vymezení oblasti pro platnost návrhu metodiky bylo dáno schválenými vstupními předpoklady, které zahrnují požadavky garanta úkolu:

- podle návrhu metodiky budou hodnoceny objekty a zařízení, v nichž je umístěna nebezpečná chemická látka (dále jen NCHL) nebo přípravek, spadající pod zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií [3], pro které jsou dostupná data o přítomných NCHL a směsích a bezpečnostní programy a bezpečnostní zprávy zpracované na základě výsledků analýzy a hodnocení rizik závažné havárie včetně nebezpečí zaplavení v případě povodně. Návrh metodiky se zabývá pouze dopady závažné havárie na vodní prostředí – povrchové a podzemní vody,
- podle návrhu metodiky budou hodnoceny objekty a zařízení, které se nacházejí v povodňových rozlivech s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let,
- pro hodnocení dopadů potenciálních úniků NCHL a přípravků z provozovaných zdrojů na vodní prostředí bude využita Metodika pro analýzu

dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí, „H&V index“ [1],

- stanovení míry rizika potenciálního úniku NCHL v případě povodně pro povrchové a podzemní vody bude provedeno podle výsledného indexu rizika ve vztahu k potenciálnímu úniku – množství uniklé NCHL.

Pro identifikaci lokalit se zdroji rizik kontaminace životního prostředí nebezpečnými látkami při povodních byla zvolena indexová metoda, která využívá k identifikaci a hodnocení těchto lokalit jednak index povodňového potenciálu a index protipovodňového zabezpečení hodnocené lokality, stanovené v intencích metodiky M2/Checklist, jednak index nebezpečnosti látky pro vodní prostředí a index zranitelnosti povrchových a podzemních vod vůči potenciální havárii s účastí NCHL, stanovené podle metodiky „H&V index“ [1]. Jednotlivé indexy nabývají v souladu s metodikou „H&V index“ [1] hodnot 1 až 5, s výjimkou indexu povodňového potenciálu, který nabývá hodnot 0–5. Výsledný index je syntézou jednotlivých výše uvedených indexů a je vyjádřen jako geometrický průměr hodnot stanovených indexů. Závažnost potenciální havárie v případě povodně je obdobně jako u metodiky „H&V index“ stanovena kombinací množství potenciálně uniklé NCHL do vodního prostředí a výsledného indexu.

## Metodické postupy

### Stanovení indexu povodňového potenciálu

V rámci metodiky se posuzují a hodnotí následující parametry vztahující se k příslušným lokalitám v záplavových územích vystavených povodňovému riziku:

- povodňový (záplavový) potenciál dané lokality,
- úroveň protipovodňového zabezpečení dané lokality.

Index povodňového potenciálu je číselně vyjádření povodňového potenciálu, jeho hodnota závisí na N-letosti případně povodně.

V rámci návrhu metodiky je stanoven v *tabulce 1* index povodňového potenciálu pro povodně s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let.

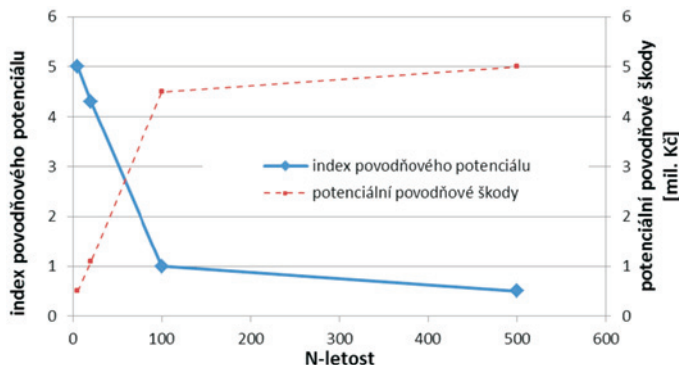
Při přiřazování číselných hodnot indexu jednotlivým frekvencím povodní byla zohledněna také míra účinků povodní, vyjádřená pomocí předpokládané obecné povodňové škody (*obr. 1*).

Závislost uvedená v *tabulce 1*, popř. lépe zřejmá z *obr. 1*, úzce souvisí s obecným vnímáním povodňového nebezpečí. Pravděpodobnost výskytu jevu s dobou opakování 5 let je (řešeno zjednodušeným způsobem) 0,2, naopak pravděpodobnost výskytu 500leté vody je 0,002. Tento fakt potvrzuje správnost sestupného trendu výše uvedené závislosti. Další podobnost je patrná s vyjádřením potenciálních povodňových škod (na *obr. 1* jsou uváděny relativní hodnoty v mil. Kč), které je zpracováno v intencích Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, zpracované ve VÚVTGM, v.v.i., v roce 2009 [2]. Obě křivky uvedené na obrázku jsou zrcadlově obráceny, tedy lze i v tomto případě hovořit o jisté reciprocitě. Při kvantitativním vyjádření povodňového rizika, tedy vyjádření rizika na základě potenciálních škod, dochází k nejvyššímu nárůstu hodnoty škod mezi  $Q_5$ – $Q_{100}$ . Dále škody stoupají velmi pozvolna, což je způsobeno pouze mírným nárůstem hladiny v případě zvyšujícího se průtoku, neboť při takovýchto hodnotách průtoků

**Tabulka 1.** Hodnoty indexu povodňového potenciálu

**Table 1.** Values of the flood potential index

N-letost	Povodňový potenciál (FP – flooding potential)	Index povodňového potenciálu $I_{FP}$
5	velmi značný	5
20	značný	4
100	střední	1
500	nízký	0,5
> 500	zanedbatelný	0



**Obr. 1.** Závislost N-letosti a indexu povodňového potenciálu

**Fig. 1.** Dependence of the N-years flood on flood potential index

se již voda pohybuje v inundačních prostorech, kde spíše dochází ke zvýšení plochy rozlivu než nárůstu hladiny. Toto tvrzení samozřejmě závisí na mnoha faktorech, např. na morfologii terénu, svažitosti území atd. I přes tyto nejistoty lze ovšem obě závislosti hodnotit jako shodné (zrcadlově obrácené), a tím obhájit a potvrdit hodnoty indexu povodňového potenciálu.

### Stanovení indexu protipovodňového zabezpečení

Pro objekty a zařízení, kde je protipovodňové opatření zajištěno v rámci obce nebo podniku, nebo je realizováno částečně anebo není realizováno žádné protipovodňové opatření, je v rámci řešení návrhu metodiky použit index protipovodňového zabezpečení, který poskytuje informace, do jaké míry i jak dostatečná a vyhovující jsou opatření uskutečněná v hodnocené lokalitě – *tabulka 2*.

V obecné rovině lze protipovodňová opatření rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina opatření – opatření nestrukturální – spočívá např. ve stanovení záplavových území, vymezení směrdatných limitů stupňů povodňové aktivity, povodňových plánech atd. Jsou to tzv. „měkká“ opatření, která nevyžadují zásah do vodního toku či přilehlých inundačních prostorů. Jejich ekonomická náročnost je podstatně nižší než u druhé skupiny opatření. Druhá skupina opatření – opatření strukturální – vyžaduje přímý zásah do terénu. Jde např. o ochranné hráze, mobilní protipovodňové systémy (zvýšení zemních těles pytlotáním, horné stěny, gabionové systémy, mobilní protipovodňové stěny, pryžotextilní vaky apod.), nádrže, suché nádrže, soustavy opatření apod. V návrhu metodiky je hodnoceno stadium realizace těchto strukturálních opatření. Z pohledu možného zaplavení podniku a úniku látky ze zařízení lze jako strukturální opatření chápat i umístění částí technologií a skladování nebezpečných látek do území, která nejsou ohrožena povodněmi.

### Stanovení indexu toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí a indexu zranitelnosti povrchových a podzemních vod

Pro hodnocení dopadů potenciálních úniků NCHL a přípravků z provozovaných objektů a zařízení na vodní prostředí byla využita metodika pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí „H&V index“ [1], kterou lze hodnotit závažnost havárií pro životní prostředí podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Vzhledem k tomu, že ve stadiu schvalování je její revize, jsou některé kroky této revize zahrnuty i v tomto návrhu metodiky.

Dále uváděné tabulky jsou bez úprav převzaty z výše uvedené metodiky „H&V index“ [1], kromě *tabulky 3*, která je upravena podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008/ES (Nařízení CLP) [5].

### Stanovení indexu toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí

Index toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí ITW je stanovován na základě posouzení (eko)toxicity látky pro vodní organismy a posouzení fyzikálních vlastností látky a je získán syntézou těchto hodnot. Index toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí může nabývat hodnot 1–5.

Je-li známa pouze klasifikace podle Nařízení CLP, ale ne hodnota LC/EC50, volí se kód 5.

**Tabulka 2.** Index protipovodňového zabezpečení

**Table 2.** Index of flood security measures

Protipovodňová zabezpečovací opatření (FSM – flood security measures)	Index protipovodňového zabezpečení $I_{FSM}$
Nejsou realizována žádná zabezpečovací opatření	5
Zabezpečovací opatření jsou uskutečněna částečně (podle stupně uskutečnění a/nebo efektivity)	2 až 4 standardní hodnota 3
Zabezpečovací opatření jsou uskutečněna kompletně a jsou plně účinná	1

**Tabulka 3.** Posouzení toxicity nebezpečné chemické látky pro vodní prostředí

**Table 3.** Toxicity assessment due to hazardous chemical substances for water environment

Toxicita pro vodní organismy $LC_{50}$ (96 hodin, ryby)	Toxicita pro vodní organismy $EC_{50}$ (48 hodin, koryši)	Toxicita pro vodní organismy $EC_{50}$ (72 hodin, řasy)	Kód toxicity A	
Akutní a chronická toxicita kategorie 1*	extrémně toxické	< 0,1 mg/l	5	
(explicitně A = 5)	silně toxické	0,1–1,0 mg/l	4	
Chronická toxicita kategorie 2*	toxické	1–10 mg/l	3	
Chronická toxicita kategorie 3*	středně toxické	10–100 mg/l	2	
Chronická toxicita kategorie 4*	málo toxické	> 100 mg/l	1	

\*Kategorie klasifikace pro nebezpečnost pro vodní prostředí podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008/ES

**Tabulka 4.** Posouzení fyzikálních vlastností nebezpečné chemické látky  
**Table 4.** Physical attributes assessment related to hazardous chemical substances

Fyzikální vlastnosti	Kód B
Rozpustnost (> 100 mg/l)	4
Kapalina	4
Tenze par > 0,3 bar, při 20 °C	2
Ostatní	1

### Stanovení indexů zranitelnosti povrchových a podzemních vod

Vodním prostředím se rozumí povrchové a podzemní vody. Povrchové vody jsou pro účely této metodiky rozděleny na tekoucí a stojaté. Dále jsou posuzovány prvky potenciální migrace polutantů, tj. kanalizace a odvodňovací příkopy.

#### Povrchové vody

Index zranitelnosti povrchových vod  $I_{SW}$  je stanoven na základě přítomnosti kategorie těchto vod v dosahu účinků potenciální havárie. Jednotlivým kategoriím je přiřazován index zranitelnosti povrchových vod, který může nabývat hodnot 1–5, výsledným indexem je maximální zjištěná hodnota.

#### Podzemní vody

Podzemní vody jsou hodnoceny podle typu zvodnění a charakteristiky horninového prostředí kolektoru, vodohospodářského významu kolektoru, charakteristiky pokryvů, stupně ochrany a vodohospodářského významu. Bodové ohodnocení u jednotlivých druhů hodnocení může nabývat hodnot 1–5, podrobné tabulky zde nejsou z důvodů velkého rozsahu uvedeny.

Zranitelnost podzemních vod vůči následkům havárie lze vyjádřit pětičlennou stupnicí na základě syntézy bodového hodnocení, v případě existence meliorací je k výslednému součtu bodů připočítána jednička (+1). K takto stanovené kategorii zranitelnosti podzemních vod je přiřazen index zranitelnosti podzemních vod  $I_{UW}$  – tabulka 7.

### Syntéza indexů toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí a zranitelnosti vodního prostředí

Stanovení hodnoty míry nebezpečnosti potenciálního úniku nebezpečné chemické látky v případě povodně pro povrchové a podzemní vody je navrženo podle výsledného indexu rizika ve vztahu k potenciálnímu úniku – množství uniklé (skladované) nebezpečné chemické látky. Výsledný index je stanoven obdobně jako u metodiky „H&V index“ [1] syntézou jednotlivých indexů:

$I_{FP}$  – index povodňového potenciálu,

$I_{FSM}$  – index protipovodňového zabezpečení,

$I_{TW}$  – index toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí,

$I_{SW}$  – index zranitelnosti povrchových vod,

$I_{UW}$  – index zranitelnosti podzemních vod.

Syntéza indexů pro povrchové vody

$$I = (I_{FP} I_{FSM} I_{TW} I_{SW})^{1/4}$$

Syntéza indexů pro podzemní vody

$$I = (I_{FP} I_{FSM} I_{TW} I_{UW})^{1/4}$$

### Stanovení kategorie závažnosti havárie potenciálním únikem toxické látky pro vodní prostředí v případě povodně

Kategorie závažnosti havárie pro vodní prostředí vzhledem k velikosti potenciálního úniku nebezpečné chemické látky v případě povodně je stanovena podle metodiky H&V index [1] v tabulce 8.

Efektivní množství uniklé látky je z důvodů udržení konzervativnosti přístupu rovno množství přítomnému v technologii nebo skladovacím zařízení, které jsou ohroženy povodní. Toto množství může být adekvátně sníženo, jestliže provozovatel prokáže, že část látky se nemůže uvolnit do vodního prostředí ani v případě úplného zaplavení a působením kinetické energie toku a unášených trosk.

V případě vysoce toxických látek, u nichž je stanoven multiplikační faktor ve smyslu článku 10 kapitoly 2 (a dalších) nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008 ES o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (Nařízení CLP) [5], se efektivní množství vypočte následovně:

Efektivní množství = skutečné množství x multiplikační faktor,

kde pro multiplikační faktor je použita hodnota podle tabulky 4.1.3 Nařízení CLP.

### Závěr

Návrh metodiky pro identifikaci lokalit se zdroji rizik kontaminace životního prostředí nebezpečnými látkami při povodních je využitelný pro hodnocení dopadů potenciálního úniku nebezpečné chemické látky na vodní prostředí v případě povodní. Podle návrhu metodiky lze hodnotit bez dalšího průzkumu objekty a zařízení, v nichž je umístěna NCHL nebo přípravek

**Tabulka 5.** Stanovení indexu toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí  
**Table 5.** Determination of substance's toxic hazardousness index for water environment

Součet kódů A + B	Třída toxicity	$I_{TW}$
> 7	extrémně vysoká	5
7	velmi vysoká	4
6	vysoká	3
5	střední	2
< 5	nízká	1

**Tabulka 6.** Stanovení indexu zranitelnosti povrchových vod  
**Table 6.** Determination of surface water vulnerability index

Tekoucí	Index zranit. $I_{SW}$	Stojaté	Index zranit. $I_{SW}$
Hraniční a příhraniční vodní toky	4	vodárenské	5
Ostatní vodní toky	3	rašelinště, mokřady	4
Dešťová kanalizace, příkopy	3	pinky a zatopené těžební jámy	3
Kanalizace ústící do ČOV	3	ostatní	2
		sedimentační pole, odkaliště	1

**Tabulka 7.** Hodnocení zranitelnosti podzemních vod  
**Table 7.** Assessment of groundwater vulnerability

Součet bodů	Zranitelnost	Index zranitelnosti $I_{UW}$
< 6	zanedbatelná	1
6–10	malá	2
11–14	průměrná	3
15–18	vysoká	4
> 18	velmi vysoká	5

**Tabulka 8.** Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro povrchové a podzemní vody v případě povodně

**Table 8.** Determination of importance category of accident caused by toxic substance leakage to surface water and groundwater in the case of a flood event

Index	Efektivní množství přítomné (potenciálně uniklé) nebezpečné látky (t)				
	< 1	1–10	10–50	50–200	> 200
0	A	A	A	A	A
1	A	A	B	B	C
2	A	B	C	C	D
3	B	C	C	D	E
4	B	C	D	E	E
5	C	D	E	E	E

E – kritický dopad na povrchové a podzemní vody

D – velmi výrazný dopad

C – výrazný dopad

B – malý dopad

A – zanedbatelný dopad

spadající pod zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, které se nacházejí v povodňových rozlivech s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let. Pro tyto lokality jsou kompetentním autoritám dostupná data o přítomných nebezpečných chemických látkách a směsích a bezpečnostní programy a bezpečnostní zprávy zpracované na základě výsledků analýzy a hodnocení rizik závažné havárie. Centrální evidence objektů a zařízení, spadajících pod zákon č. 59/2006 Sb. [3], je vedena na MŽP ČR a kromě základních údajů obsahuje i polohopisné údaje – souřadnice S-JTSK a zařazení do skupiny A nebo B. Bezpečnostní programy prevence závažné havárie, bezpečnostní zprávy a výsledky analýzy a hodnocení rizik závažné havárie, potřebné pro stanovení indexu nebezpečnosti látky pro vodní prostředí a indexu zranitelnosti povrchových a podzemních vod vůči potenciální havárii s účastí NCHL, jsou dostupné pouze u zástupců hodnocených objektů a zařízení nebo u příslušných krajských úřadů, centrální evidence těchto dat neexistuje.

K využití návrhu metodiky pro ostatní objekty a zařízení, v nichž je umístěna NCHL nebo přípravek, pro které ale nejsou k dispozici potřebné údaje, je další průzkum nezbytný.

Návrh metodiky lze využít i pro zpracování podkladů pro plnění požadavků MKOD (a také ostatních mezinárodních komisí pro ochranu vod) na vypracování požadovaných seznamů průmyslových lokalit se zdroji rizik kontaminace povrchových vod v Podunajském regionu v souvislosti s potenciálními úniky NCHL v případě povodňových záplav.

*Tento článek vznikl za podpory projektu VaV SPII 1a10 45/07 s názvem Komplexní interakce mezi přírodními ději a průmyslem s ohledem na prevenci závažných havárií a krizové řízení, jehož zadavatelem je MŽP.*

## Literatura

- 1 Danihelka, P. a Vojtková (2002) Metodika pro analýzu dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí „H&V index“. Ostrava : VŠB-TU a Praha : Ministerstvo životního prostředí ČR.
- 2 Weber, H. (2006) Final Report for UNDP/GEF Danube Region Project – Development of M2 Methodology/Checklist. Federal Environment Agency, Austria.
- 3 Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky ve znění pozdějších předpisů.
- 4 Drbal, K. aj. (2009c) Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Brno : VÚV TGM, v.v.i., a Praha : Ministerstvo zemědělství ČR.
- 5 Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008 ES o klasifikaci, označování a balení látek a směsí ve znění pozdějších předpisů.
- 6 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- 7 Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.
- 8 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik.
- 9 Vyhláška č. 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií.

*Identification and assessment of structures and facilities affected by means of risk sources connected with water environment contamination and caused by hazardous chemical substances during water floods (Danihelka, P.; Karberová, M.; Chlubna, L.)*

## Key words

*water environment – hazardous substances – contamination – accident – floods*

**Within the solution of the R&D Project SPII 1a10 45/07 “Comprehensive interactions among natural processes and industry with regard to prevention related to serious accidents and to the crisis management” (VSB-TU Technical University Ostrava, 2007–2011) the proposal of methodology for identification and assessment of sites distinguishing by resources of environmental contamination risk caused by hazardous substances during flood events and the classification of risk was developed. To identify these sites the index method, which is used for sites identification and assessment of both the index of flood potential and the index of flood security of rated sites, both the index of substances hazardous for the aquatic environment and the vulnerability index of surface water and groundwater to accident risk spots as potential accidents involving hazardous substances (or) specified in the approved methodologies was chosen. Impact Analysis of accidents involving hazardous substances on the environment „H & V index„[1].**

**prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.  
VŠB-TU Ostrava, pavel.danihelka@vsb.cz  
Ing. Magdalena Karberová, Ing. Libor Chlubna  
VÚV TGM, v.v.i., Brno,  
magdalena\_karberova@vuv.cz, libor\_chlubna@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.**

## EKONOMICKÉ NÁSTROJE K PODPOŘE ADAPTACE VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČR NA ZMĚNU KLIMATU

Lenka Slavíková, Lubomír Petružela, Jiřina Jílková

### Klíčová slova

*změna klimatu – adaptace – vodní hospodářství – ekonomické nástroje*

### Souhrn

**Článek se věnuje diskusi vybraných ekonomických nástrojů využitelných pro adaptaci vodního hospodářství ČR na změnu klimatu. Cílem navržených nástrojů je dosáhnout průběžného usměrňování poptávky po vodě vzhledem k měnící se časové a prostorové vzácnosti vody, a to s ohledem na environmentální i sociální cíle.**

### Úvod

Dostupné klimatologické studie (Kašpárek aj., 2006, resp. v širší dimenzi EEA, 2008) predikují změny hydrologického režimu v podmínkách střední Evropy. Jedná se zejména o redistribuci srážek ve prospěch zimních období na úkor léta a nárůst hydrologických extrémů (jako jsou např. přívalové deště a sucha). Z těchto podkladů vyplývá, že očekávaná změna klimatu se ve vodním hospodářství ČR bude projevovat zejména variabilitou v dostupnosti vody. Tato variabilita se bude objevovat se značnými časovými a místními rozdíly.

Vzhledem k identifikovaným očekávaným změnám a v závislosti na již pozorovaných jevech se diskutují možnosti adaptace vodního hospodářství, kdy v návrzích řešení převládá důraz na stranu nabídky (jde o zajištění dostatečných zásob vody pro všechna, resp. zvláště prioritní užití v průběhu celého roku). Současný systém vodního hospodářství však obsahuje omezené množství samoregulačních nástrojů (zejména ekonomické povahy) k průběžnému usměrňování poptávky po vodě s ohledem na měnící se vzácnost vody. Vyšší míra využití těchto nástrojů by umožnila flexibilní řešení nesouladu mezi nabídkou vody a poptávkou po vodě (tam, kde by to bylo potřeba), a to nad rámec přímých regulačních zásahů v období extrémů (např. omezení povolení k odběru vody v období sucha) a nad rámec opatření na straně nabídky (např. budování nových zásobáren vod).

Diskuse o využitelnosti ekonomických nástrojů (tj. o modifikaci stávajících a návrzích nových nástrojů) pro adaptaci vodního hospodářství v ČR na změnu klimatu je v tuto chvíli na začátku. V říjnu 2010 se k tématu konal

kulatý stůl za účasti zástupců MŽP ČR, MZE ČR, Povodí Ohře, Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka a vědeckých pracovníků VŠE v Praze a Univerzity Karlovy. Výsledkem setkání byla identifikace několika okruhů, které představujeme dále v tomto článku. V rámci těchto okruhů probíhají v roce 2011 další práce týkající se specifikace podoby jednotlivých nástrojů a dopadových studií. Problematika je řešena v rámci výzkumného projektu SE KLIMA<sup>1</sup> a v širší návaznosti na problematiku dostupnosti vody na základě průběžných výsledků řešení socioekonomických otázek v projektu MZP0002071101 (Výzkum a ochrana hydrosféry).

## Zpoplatnění povoleného množství odběru podzemní nebo povrchové vody

Jde o nástroj zpoplatňující povolením přidělené množství podzemní nebo povrchové vody (dále poplatek za povolené množství)<sup>2</sup>, a to bez ohledu na skutečný realizovaný odběr. Cílem platby je odstranit potenciální problém rezervace vyššího než potřebného množství odběru v rámci povolení, které není reálně využíváno – držitel povolení je motivován racionalizovat povolené množství v čase.

Poplatek by měl být odvozen od povoleného množství. Tvořil by fixní a na skutečnosti nezávislou část platby za odběr povrchových vod (jako příjem správců vod) nebo podzemních vod (jako příjem institucí spravujících podzemní vody), doplněnou stávající volumetrickou sazbou za odběr (v náběhovém období nikoli jako její navýšení, ale odvozenou jako díl dosavadní platby). Poplatek by bylo možné dále diferencovat podle míry zatížení zdroje, ze kterého je odběr povolován, resp. podle jiných priorit (např. typu užití).

Implementace nástroje v současném legislativním rámci (z. č. 150/2010 Sb., o vodách, a související předpisy) by nezbytně nevyžadovala institucionální (role vodoprávních úřadů, institucí ve správě vod), rozpočtové (určení výnosu poplatku) ani technické (měření a evidence) změny a náklady velkého rozsahu.

Poplatek za povolené množství však nezakládá nárok odběratele na jeho zajištění za všech podmínek. V situaci lokálních a náhlých vlivů z „vyšší moci“ (*vis maior*) mohou být v pořadí významnosti redukovány všechny odběry. Výnos z poplatku jako příjem institucí ve správě vod by však měl posílit jejich účelové výdaje na vyšší zabezpečení zdrojů, a tím i omezit riziko takových situací.

Nástroj se stává motivačním zejména v situacích, kdy místní hydrologické podmínky nutí omezit vydávání povolení pro nové uživatele a/nebo přizpůsobovat množství pro uživatele stávající. Vytváří vazbu mezi poptávkou, veřejnými náklady správy a provozem ochrany vod a zabezpečení zdrojů. Konfrontuje vzácnost vody s požadavky na užití vody. Je variantou vytvoření

<sup>1</sup> viz <http://www.ieep.cz/cz/veda-a-vyzkum/params/6/66.html>

<sup>2</sup> Nejde tedy o „povolení k nakládání s vodami“ podle § 8, písm. a) bod 1, „k jejich odběru“, které je nenárokovým a nezpoplatněným právem uživatele. Povolené množství je odvozené z rozsahu nakládání, který je vedle účelu a doby parametrem povolení (§ 8 odst. 2 cit. z.).

ekonomického základu pro racionální chování a převoditelnost nevyužitého povoleného množství.

## Převoditelnost povoleného množství odběru vody

Nástroj vytváří možnost převodu množství přiděleného povolením k odběru podzemních, resp. povrchových vod nebo jeho části ve prospěch třetí osoby, a to na základě dobrovolné dohody/smlouvy mezi držitelem povolení a třetí osobou (pravděpodobně za úplatu). Cílem nástroje je zvýšit efektivnost užití vody, neboť k variantám užívat – neužívat vodu v rámci povolení se jeho držitelé přidávají třetí možnost: prodat.

Nabízí se argument, proč by někdo měl usilovat o koupi povoleného množství jiného držitele, když je možné získat povolení na vlastní záměr. Nástroj bude využíván zejména ve chvíli, kdy se prostor pro vydávání nových povolení z důvodu lokálního kapacitního omezení sníží na minimum či zcela zanikne. Jak uvádí např. Merret (1997), v Austrálii došlo v souvislosti s umožněním směny práv na odběry vody k racionalizaci zavlažování v zemědělství – tj. farmáři měli možnost uspořeno vodu prodat (zvažovali oportunitní náklady), část užití vody byla přeměrována do hodnotnějších užití. Farmáři se přitom nemuseli vzdát svých práv na vodu (jsou přidělována na 15 let a prodlužují se).

V aktuálním právním rámci ČR by řešením mohl být institut „zainteresovaného účastníka<sup>3</sup> vodoprávního řízení“, který by se zřekl části povoleného množství ve prospěch žadatele o nové (rozšířené) povolení za jinak stejných podmínek (*ceteris paribus*) za úplatu, odpovídající nákladům (zpoplatnění) povoleného množství,<sup>4</sup> a změna by byla zakotvena v povolení k nakládání s vodami pro žadatele i „účastníka“.

Pro praktickou aplikaci nástroje v ČR je potřebné zabývat se nastavením institucionálního prostředí – zejména kontrolou převodů povolení (např. nutná/žádoucí registrace nebo regulace převodů na vodoprávních úřadech, správní poplatky za převody apod.).

## Úprava (rozšíření možností) pravidel cenotvorby v oboru VaK

Z důvodu růstu cen vodného a stočného, který se předpokládá i v dalších letech, se stále naléhavěji diskutuje problematika jejich přijatelnosti. Spotřeba pitné vody v ČR (osoba/rok) v letech 1989–2009 klesla na polovinu<sup>5</sup> a v průměru EU je hodnocena jako nízká. V oblasti využití vody nicméně stále existují značné rezervy a alternativní možnosti (hospodaření s dešťovou a již užitou vodou, která může v řadě užití nahradit vodu pitnou a různé formy recyklace). Navíc v sušších obdobích je jako postradatelné chápáno užití pitné vody pro individuální závlahy, bazény nebo mytí aut a dochází k jejich omezení přímou regulací (nikoliv využitím cen). V oblasti veřejných vodovodů zde proti sobě stojí čtyři protichůdné zájmy:

- sociální únosnost cen<sup>6</sup> (úroveň ceny, která radikálně neomezuje přístup nízkopříjmových domácností k užití pitné vody),
- udržitelné využívání vodních zdrojů (dostatečně vysoké ceny k omezení zbytečných užití – ideálně zejména v obdobích, kdy je to potřeba)<sup>7</sup>,
- přijatelnost ceny vody (která zásadně nesnižuje „ochotu platit“ za vodu v rozsahu běžného standardu – reakcí na vysokou cenu je pak snížení platební morálky nebo i individuální řešení),
- nákladová návratnost ceny vody (která pokryje provoz i nezbytnou obnovu infrastruktury).

V zahraničí diskutovaným a v řadě případů i implementovaným řešením jsou tzv. rostoucí blokové ceny (*increasing block tariffs*). Ty zabezpečují základní potřebu vody pro nízkopříjmové domácnosti za nízké ceny s tím, že spotřeba v dalších blocích je zpoplatněna více (je nutné stanovit počet a velikost bloků a určit cenu v rámci každého bloku) (Whittington, 1997 in Rogers, 2002).

Výhodou tohoto způsobu zpoplatnění je, že rostoucí náklady na pitnou vodu nedoléhají v plné míře na nízkopříjmové skupiny (sociální hledisko) a že vyšší ceny druhého, třetího atd. bloku zároveň omezují zbytečná užití vody (environmentální hledisko). Nevýhodou je složitá konstrukce cen ve smyslu srozumitelnosti pro spotřebitele, ale i plánování návratnosti nákladů pro podnik VaK. Adaptační potenciál nástroje v souvislosti s klimatickou změnou spočívá v tom, že je umožněn nárůst cen nad rámec základního bloku bez nutnosti řešit sociální dopady.

V praxi ČR může mít místo v arzenálu alternativních opatření vlastníků infrastruktury – města a obcí – vhodných řešení regionálních specifíků (podobně jako nyní dvousložková cena vodného<sup>8</sup>) a tam, kde existují technické předpoklady (měření jednotlivých domácností).

<sup>3</sup> Pracovní termín – ve vodoprávním řízení lze začlenit na úrovni vodoprávního úřadu formou rozhodnutí nebo opatření obecné povahy (srv. § 6 odst. 4 cit. z.).

<sup>4</sup> Vazba na podmínky povolení nakládání s vodami je zároveň pojistkou proti zneužití „platby za postoupení povolení“ jako samostatného spekulativního finančního produktu.

<sup>5</sup> ČR v letech (1989–2009), ČSÚ, 2011.

<sup>6</sup> Viz Petružela–Slavíková–Jílková, 2009.

<sup>7</sup> Samostatným tématem jsou v této souvislosti vysoké fixní náklady vodohospodářské infrastruktury, které každé snížení odběrů pitné vody promítají do vyšších průměrných cen. Existuje tedy další paradox: snaha snížit odběry z důvodu udržitelnosti versus snaha zachovat vyšší odběry z důvodu využití existující infrastruktury.

<sup>8</sup> Z. č. 274/2001 Sb., ve znění novel.

Legislativní ukotvení této varianty cenotvorby (jako možnosti volby) by eliminovalo argumenty, že ceny se obecně musí držet na přijatelné úrovni pro domácnosti.

## Možnosti diverzifikace poplatků za surovou vodu podle období nebo charakteristik vodního zdroje

Cena povrchové vody a poplatek za odběr podzemní vody v ČR do jisté míry rozlišují typ užití a zdroje vody. V prvním případě jde o rozdíly mezi nezpoplatněnými odběry (včetně těch pod zpoplatněným objemem), specifickými účely užití povrchové vody (energetika, zemědělství, hydrorekulivace<sup>9</sup>) a zvýhodněnou sazbou pro podzemní vodu k výrobě vody pitné<sup>10</sup>. Jako nepřímé zvýhodnění působí i rozdíly mezi ročně určenou cenou povrchové vody (ve vazbě na náklady správců povodí) a nižší pevnou sazbou poplatku za podzemní vodu. Rozdílné náklady na ochranu a správu konkrétního zdroje (kupř. vodárenské nádrže nebo vrtu) a jejich kolísání v čase se v ceně odběru neprojeví vůbec.

Obecně i existující odlišnosti jsou spíše vyjádřením sociálních (pitná voda), bezpečnostních (energetika) nebo přírodně-ekologických (hospodaření v krajině) principů než výrazem odlišného užítka nebo nákladů na zpracování vody.

Zahraniční vědecké studie ukazují možnosti diverzifikace plateb za odběr surové vody. Motivací diverzifikace jsou ekologické cíle obecně, resp. snížení tlaku na přírodní zdroje v mimořádných obdobích (zejména sucha). Například Smith a Wang (2008) popisují fungování zvýšených plateb za vodu v období sucha (tzv. *drought demand rates*) a modelují dopad různých úrovní zvýšení plateb na příjmy vodohospodářských společností a rozpočty domácností. Důležitým faktorem je elasticita poptávky po vodě, která umožní odhadnout míru reakce odběratelů na dočasné zvýšení plateb. Poptávku lze tímto způsobem nárazově snížit o cca 15 %. Další možností diverzifikace plateb je dlouhodobě vyšší zpoplatnění užívání kvalitních zdrojů (např. hloubkových zásobáren podzemních vod) nebo naopak zdrojů zatížených velkým množstvím užití – tímto způsobem dochází k selektivní konzervaci vybraných zdrojů.

Od konfrontace mimořádných přímých nákladů na ochranu (nebo i vybudování) zdroje, které jsou měřítkem vzácnosti vody v dané situaci s mezními náklady uživatele na vodu, nelze v praxi očekávat úplné vyrovnání, čili dosažení skutečné tržní ceny vody. Může však vytvářet hodnotové – tedy velmi silně působící – signály, orientující na jedné straně k omezení možného plynutí, na druhé straně k vyšší míře návratnosti vynaložených dodatečných prostředků na zmírnění nedostatku vody.

Zvýšení plateb v určitém období nebo místě usměřňuje poptávku po vodě, neboť jsou eliminována nebo přeměrována zbytečná užití. Oproti přímému zásahu (zákazy odběrů pro určité účely, omezení výkonu povolení) porovnávají odběratelé vyšší náklady na vodu s užitky a na základě toho činí rozhodnutí – jsou realizována užití s vyšší přidanou hodnotou. Zvyšování plateb v období sucha může být vázáno na vyhlášení mimořádného hydrologického stavu, nebo se může jednat o automatické každoroční zvýšení plateb v rizikových měsících.

V podmínkách ČR se jako možný problém zavedení nástroje jeví požadavky na důslednější měření odběrů vody, které jsou nezbytné pro kontrolu a vymahatelnost diverzifikovaných plateb.

## Závěr

Cílem článku není poskytnout vyčerpávající přehled možných ekonomických nástrojů, ale pouze zmínit vybrané typy umožňující průběžnou adaptaci systému vodního hospodářství na vyšší regionálně a časově omezenou vzácnost vodních zdrojů. Upozorňujeme rovněž, že u žádného z navržených nástrojů nestojí v popředí jeho fiskální efekt – tj. primární není generovat dodatečné zdroje do veřejných či jiných rozpočtů. Naopak, implementací všech zmíněných nástrojů lze navrhnout v takové podobě, aby byly příjmově neutrální (tato neutralita však nebude logicky platit individuálně pro všechny uživatele a všechna užití).

Netvrdíme, že zavádění nebo rozšiřování působnosti ekonomických nástrojů je pro adaptaci vodního hospodářství na změnu klimatu samospasitelné. Na druhé straně upozorňujeme, že se v řadě případů jedná o efektivnější (tj. účinnější a levnější) řešení zejména pozvolna nastupujících problémů, než je rozhodování úřadů nebo investice do výstavby či adaptace kapacit. Zkušenosti z diskusí k problematice ekonomických nástrojů v regulaci užívání vody potvrzují určitou zdrženlivost odborné vodohospodářské veřejnosti i politické reprezentace k tomuto typu řešení. Tento postoj nelze přičítat jen na vrub specializace. Řada vodohospodářů se dobře orientuje v ekonomii a v praktických aplikacích specialisty často i předčí. Problém tkví spíše v nejistotě, kterou přináší posun od přímé regulace – vztahu člověka k vodě – k nepřímé – vztahu mezi lidmi při užívání vody. Účinnost ekonomických nástrojů spočívá ve značné svobodě jednání, kterou tyto nástroje vkládají do rukou regulovaných subjektů, v rámci přísně definovaných pravidel. Pokud zde správa vod a vodní hospodářství ztrácí na přímé regulaci, násobně

<sup>9</sup> § 101, odst. 3 vodního zákona.

<sup>10</sup> Příloha č. 2 část A vodního zákona.

získává v podobě možností usměrňovat adaptační opatření nejen na straně nabídky vody (supply management), ale i v reakci na chování poptávky po vodě (demand management).

Realnost návrhů k implementaci těchto a dalších ekonomických nástrojů v rámci adaptace a opatření k zmírnění dopadů změn klimatu ve vodním hospodářství vždy úzce souvisí s obecným legislativním rámcem a existujícími technickými a technologickými i přírodními podmínkami užívání vod v dané zemi nebo regionu. Tato specifika na jedné straně nabádají k opatrnosti při přejímání izolovaných vzorů. Na druhé by neměla být překážkou, aby se neuplatnil mimořádný potenciál ekonomických nástrojů rychle a účinně reagovat na změny v podmínkách užití vody.

Stručné náměty na modifikaci ekonomických nástrojů v oblasti ochrany a hospodaření s vodami v ČR jsou proto uvažovány vždy ve vazbě na platný legislativní rámec a současnou praxi.

## Literatura

- Merrett, S. (2007) *The Price of Water* (2nd ed.). London: IWA Publishing. ISBN 1-84339-177-5.
- Rogers, P., De Silva, R., and Bhatia, R. (2002) Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy*, 4, p. 1–17.
- Smith, W.J. and Wang, Y. (2008) Conservation rates: the best new source of urban water during drought. *Water and Environment Journal*, 22, 100–116.
- Kašpárek, L., Novický, O., and Peláková, M. (2006) *Climate change and water regime in the Czech republic*. Prague: VÚV TGM.
- EEA 2008. Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report No. 4/2008, [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2008\\_4/pp1-19\\_CC2008Executive\\_Summary.pdf](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/pp1-19_CC2008Executive_Summary.pdf). Accessed: 2 January 2011.
- Petružela, L., Jílková, J., Slavíková, L., and Jansa, D. (2009) The Problem of Social Acceptability of Water and Sewage Tariffs in the Czech Republic. In Žák, M. *Sustainability Accounting and Reporting at Macroeconomic and Microeconomic Level*. Praha: Linde, 2009, s. 37–40.

*Market-based instruments for the climate change adaptations of the Czech water management* (Slavíková, L.; Petružela, L.; Jílková, J.)

## Keywords

climate change – adaptation – water management – market-based instruments

**Within the paper, authors discuss selected market-based instruments (water volume tradable permits, increasing block tariffs, etc.) that are applicable to enable the adaptation of the Czech water management to climate change. Overall goal of these instruments is to continuously drive water demand to reflect changing scarcity of water (which is often regionally and/or temporally determined). Further, careful selection of market-based instruments can address both – environmental and social targets simultaneously.**

**Ing. Lenka Slavíková, Ph.D.**

**Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, VŠE v Praze  
slavikova@ieep.cz**

**Ing. Lubomír Petružela, CSc.  
VÚV TGM, Praha**

**prof. Ing. Jiřina Jílková, CSc.**

**Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, VŠE v Praze  
jilkova@ieep.cz**

*Příspěvek prošel lektorským řízením.*

## STUDIE VÝSKYTU A CHOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK V POVODÍCH PO UKONČENÍ TĚŽBY URANOVÝCH RUD

Eva Juranová, Diana Marešová, Eduard Hanslík

### Klíčová slova

voda – sediment – těžba uranu – uran – radium-226 – radioaktivní znečištění – rozdělovací koeficient

### Souhrn

**V lokalitách ukončené těžby uranové rudy byla zjišťována míra kontaminace vody a dnových sedimentů radioaktivními látkami. Sledovány byly povodí řek Kocáby a Litavky na Příbramsku, povodí řeky Ohře, které je ovlivněné těžbou uranové rudy na Jáchymovsku, a povodí Nežárky v okolí Okrouhlé Radouň. Ve všech sledovaných povodích byla zjištěna přetrvávající kontaminace vodního prostředí radioaktivními látkami, především uranem. Ve vzorcích vod byla hodnota objemové aktivity alfa od (0,03±0,01) Bq/l do (8,7±1,3) Bq/l, hodnoty objemové aktivity beta se pohybovaly v rozmezí od (0,05±0,02) Bq/l do (5,0±0,5) Bq/l, koncentrace přírodního uranu byla od < 0,001 mg/l do (0,84±0,09) mg/l a objemová aktivita radia-226 se pohybovala mezi hodnotami < 0,015 Bq/l a (0,08±0,01) Bq/l. Ve vzorcích sedimentů byly naměřeny mimo jiné tyto hodnoty v těchto rozmezích: < 1,0–(120±13) mg/kg pro přírodní uran, (13±2)–(1 265±57) Bq/kg pro radium-226, (10,4±0,4)–(75,7±2,9) Bq/kg pro radium-228. Největší znečištění bylo zjištěno v tocích s malým průtokem blízko zdroje znečištění. Dále byly zjišťovány rozdělovací koeficienty sediment-voda. Znečištění sedimentů přetrvává z dřívějšího období, v současnosti voda již ukazuje zlepšený stav.**

### Úvod

Rozvoj uranového průmyslu v České republice začal po roce 1945, v 60. letech produkce uranu v České republice dosáhla značných rozměrů, činila přibližně 2 700 t uranu ročně [1]. V 90. letech pak došlo k omezení až zastavení těžby. V období 1946–2000 bylo na našem území vytěženo 107 080 t uranu a Česká republika se tím zařadila na šesté místo za největší světové producenty uranu [1]. Takto rozsáhlá těžba se však neobešla bez dopadů na životní prostředí. Cílem práce bylo vyhodnocení kontaminace vody a sedimentů v povodích, ve kterých se prováděla těžba uranových rud, popř. do kterých byly vypouštěny důlní vody, a to na úrovni poznatků získaných v období 2005–2009.

### Metodika

Pro účely studie byly vybrány odběrové profily v lokalitách ovlivněných těžbou uranových rud. V průběhu let 2005 až 2009 byly odebrány vzorky

v povodích Ohře, Kocáby, Litavky a Nežárky v regionech Jáchymovska, Příbramska a Okrouhlé Radouň, celkem jde o 57 profilů. Byly odebrány vzorky vod a sedimentů. Odběry byly provedeny bodově, dvakrát v kalendářním roce a dále se pracovalo s průměrnou hodnotou těchto dvou hodnot. Vzorky vod byly v laboratoři přefiltrovány přes membránový filtr o velikosti pórů 0,45 μm. Ve filtrátu byla provedena dále uvedená stanovení. Výsledky se tedy vztahují k rozpuštěným látkám. Celková objemová aktivita alfa byla ve vodných vzorcích stanovena na základě normy ČSN 75 7611 [2], celková objemová aktivita beta na základě normy ČSN 75 7612 [3]. Měření bylo u obou metod provedeno na alfa-beta automatu EMPOS. Objemová aktivita radia-226 ve vodných vzorcích byla stanovena geometrickým postupem, který vychází z normy TNV 75 7623 [4]. Koncentrace uranu byla ve vzorcích vod stanovována fotometrickou metodou podle normy ČSN 75 7614 [5], u vybraných vzorků sedimentů byl v laboratoři připraven kyselý výluh, ve kterém byla hmotnostní koncentrace uranu stanovena stejným způsobem. Gamaspektrometrické stanovení radionuklidů v sedimentech bylo provedeno na základě normy ČSN ISO 10 703 [6] s využitím systému Canberra. Vyhodnocovány byly především radionuklidy radium-226 a radium-228, výsledky jsou uváděny v Bq/kg sušiny.

### Výsledek

#### Obsah radioaktivních látek ve vodě

Ve vzorcích vod se objemová aktivita alfa pohybovala od minimální hodnoty (0,03±0,01) Bq/l do maximální hodnoty (8,7±1,3) Bq/l. Průměrná hodnota celkové objemové aktivity alfa byla (0,9±0,2) Bq/l. Dále byla v laboratoři stanovena objemová aktivita beta, která se pohybovala v rozmezí od (0,05±0,02) Bq/l do (5,0±0,5) Bq/l s průměrnou hodnotou (0,71±0,08) Bq/l. Koncentrace přírodního uranu byla stanovena v rozmezí < 0,001 mg/l až (0,84±0,09) mg/l s průměrnou hodnotou (0,062±0,007) mg/l. Objemová aktivita radia-226 byla ve vodných vzorcích od < 0,015 Bq/l do (0,08±0,01) Bq/l, průměrná hodnota byla (0,025±0,012) Bq/l.

Hodnoty naměřené ve vodných vzorcích byly porovnány s normami environmentální kvality podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů [7], které jsou uvedeny v *tabulce 1*. Norma environmentální

**Tabulka 1.** Hodnoty norem environmentální kvality podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů [7] pro sledované radiologické ukazatele kvality vod

**Table 1.** Environmental quality standards according to the Government Order no. 61/2003 Coll., as amended, [7] for the monitored water quality parameters

	NEK-RP	NEK-NPH
Celková objemová aktivita alfa [Bq/l]	0,2	0,3
Celková objemová aktivita beta [Bq/l]	0,5	1
Koncentrace přírodního uranu [μg/l]	24	–
Objemová aktivita radia-226 [Bq/l]	0,1	0,3

kvality – nejvyšší přípustná hodnota (NEK-NPH) byla překročena v případě celkové objemové aktivity alfa ve 22 profilech a pro celkovou aktivitu beta byla NEK-NPH překročena v deseti případech. Z celkových 57 odebraných profilů byla norma environmentální kvality – roční průměr (NEK-RP) překročena u celkové objemové aktivity alfa v dalších sedmi případech, pro celkovou objemovou aktivitu beta ve čtyřech případech, pro koncentraci uranu to bylo v 19 případech. Hodnoty NEK-RP pro objemovou aktivitu radia-226 během měření překročeny nebyly. Do počtu překročení NEK-RP nebyly již započítány profily, kde došlo k překročení NEK-NPH. Počty profilů, ve kterých došlo k překročení norem environmentální kvality, jsou shrnuty v *tabulce 2*.

V povodí Ohře byla NEK-NPH pro celkovou aktivitu alfa překročena v profilu Jáchymovský potok-Dolní Žďár. V tomto profilu bylo také zjištěno překročení NEK-RP pro celkovou objemovou aktivitu beta a koncentraci uranu. Hodnota NEK-RP byla překročena v dalších čtyřech případech. Tyto profily se s výjimkou Blišanky-Trhovany nacházejí v blízkosti oblasti s ukončenou těžbou uranových rud a jedná se o relativně málo vodné toky. V profilech, které leží na řece Ohři s vyšším průtokem, již překročení norem environmentální kvality zaznamenáno nebylo. Povodí Ohře bylo ze sledovaných povodí vyhodnoceno jako nejméně znečištěné, NEK-NPH byla překročena v jednom případě.

Dalším relativně méně znečištěným povodím bylo povodí řeky Litavky, které bylo ovlivněno uranovým průmyslem na Příbramsku. V této lokalitě bylo zaznamenáno překročení NEK-NPH pro celkovou objemovou aktivitu alfa ve třech případech, a to v profilu Jerusalemský potok-Jerusalem, Příbramský potok-Fialák a Příbramský potok-Hořejší Obora. V dalších třech případech byla pro celkovou objemovou aktivitu alfa překročena hodnota NEK-RP, jednalo se o profily Příbramský potok-Konětopy, Příbramský potok-Trhové Dušníky a Sázkový potok-Sázky. Opět jde o toky s malým průtokem v bezprostřední blízkosti oblasti ukončené těžby uranové rudy. V dalších profilech a ukazatelích normy environmentální kvality překročeny nebyly.

V povodí Nežárky bylo zaznamenáno překročení NEK-NPH pro celkovou objemovou aktivitu alfa v osmi profilech na dvou tocích. Na Račím potoce to byly profily Brožkův rybník, pod zaústěním, Rešlův rybník a Nekrasín. Na Karlovském potoce se jednalo o profily Nový rybník, Obecní rybník, Dlouhý rybník a Širhalovský rybník. Na všech osmi výše jmenovaných profilech byla také překročena NEK-RP pro uran. Uran přispívá největší měrou k celkové objemové aktivitě alfa. Na profilech Račího potoka Brožkův rybník, pod zaústěním a Rešlův rybník došlo také k překročení NEK-NPH pro celkovou objemovou aktivitu beta. Račí potok a Karlovský potok jsou toky s malým průtokem a je vidět, že jejich ovlivnění průsaky důlních vod s obsahem uranu je značné. Po soutoku těchto dvou toků s Kamenicí a naředení znečištění nejsou již zvýšené hodnoty celkové objemové aktivity alfa ani uranu zaznamenány.

Poměrně vysoké znečištění bylo zaznamenáno v povodí řeky Kocáby. Pro celkovou objemovou aktivitu alfa byla NEK-NPH překročena ve všech sledovaných profilech na řece Kocábě a jejich přítocích, s výjimkou profilu Kocába-Nový Knín a profilu Kocába-nad ČOV, který se nachází v těsné blízkosti zdroje znečištění, ale díky hydrogeologickým poměrům není znečištěn. V profilech, kde byla překročena NEK-NPH pro celkovou objemovou aktivitu

**Tabulka 2.** Počty překročení norem environmentální kvality ve všech sledovaných profilech a v profilech v jednotlivých povodích; v počtu profilů, které překročily NEK-RP, již nejsou zahrnuty profily, které překročily také NEK-NPH

**Table 2.** Numbers of values exceeding the environmental quality standards in all monitored profiles and in the watersheds separately; among the profiles where the environmental quality standard – annual average value was exceeded, the profiles exceeding also the environmental quality standard – maximal value are not included.

Počty překročení NEK-RP a NEK-NPH	Celkem		Povodí Ohře		Povodí Litavky		Povodí Nežárky		Povodí Kocáby	
	NEK-RP	NEK-NPH	NEK-RP	NEK-NPH	NEK-RP	NEK-NPH	NEK-RP	NEK-NPH	NEK-RP	NEK-NPH
Celková objemová aktivita alfa	7	22	4	1	3	3	0	8	0	10
Celková objemová aktivita beta	4	10	1	0	0	0	2	3	1	7
Koncentrace přírodního uranu	19	–	1	–	0	–	9	–	9	–
Objemová aktivita radia-226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet profilů celkem	57		16		15		14		12	

alfa, byla také zjištěna zvýšená koncentrace uranu, který ve sledovaném povodí k celkové objemové aktivitě alfa rozhodující měrou přispívá. Hodnota NEK-NPH pro celkovou aktivitu beta byla překročena v profilech na horním toku Kocáby s výjimkou profilu Kocába-nad ČOV a na přítoku řeky Kocáby Dubeneckém potoce. Před ústím řeky Kocáby do Vltavy ve Štěchovicích bylo zjištěno překročení hodnoty NEK-RP pro celkovou objemovou aktivitu beta. Znečištění je opět nejvyšší v profilech blízko zdroje znečištění, postupně v řece Kocábě dochází k jeho ředění, jak je vidět na *obr. 1*.

Koncentrace přírodního uranu byla přepočítána na objemovou aktivitu alfa, odpovídající zjištěné koncentraci uranu, aby bylo možno porovnat příspěvek uranu a radia-226 k celkové objemové aktivitě alfa. Přepočet byl proveden za předpokladu výskytu izotopů uranu v jejich přírodním poměru podle [8]:

$$C_{\alpha, U_{nat}} = 25 \cdot \rho_{U_{nat}}$$

$$C_{\alpha, U_{nat}} = C_{U-234} + C_{U-238}$$

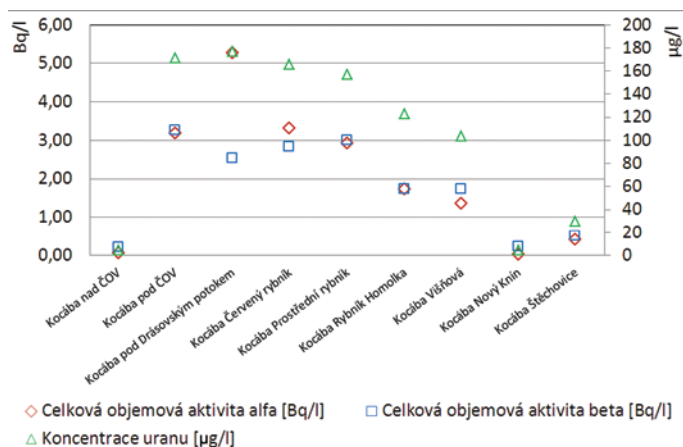
kde je  $C_{\alpha, U_{nat}}$  odhad příspěvku přírodního uranu k celkové aktivitě alfa [Bq/l],  $\rho_{U_{nat}}$  hmotnostní koncentrace přírodního uranu [mg/l],  $C_{U-234}$  objemová aktivita uranu-234 [Bq/l],  $C_{U-238}$  objemová aktivita uranu-238 [Bq/l].

Na *obr. 2* je vidět, že v případech povodí Ohře, Litavky, Nežárky i Kocáby převažuje příspěvek přírodního uranu nad příspěvkem radia-226.

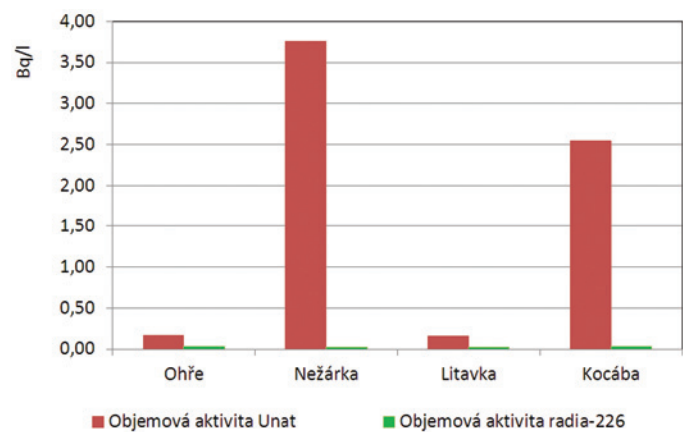
Hodnoty objemové aktivity radia-226 a koncentrace uranu ve vodě ve vybraných profilech byly porovnány s daty naměřenými ČHMÚ v podobných profilech [9] (*obr. 3*). Na obrázku je na příkladu profilu Příbramský potok-Konětopy vidět, že data dobře korespondují. Ukazuje se také značné zlepšení kvality vody ve sledovaných ukazatelích.

### Obsah radioaktivních látek v sedimentech

Ve vzorcích sedimentů byly zjištěné hodnoty hmotnostní koncentrace uranu v průměru (23±3)mg/kg. Minimální naměřené hodnoty byly pod mezí detekce na úrovni 1,0 mg/kg a maximální hodnota byla (120±13)mg/kg. Další radionuklidy byly zjištěny gamaspektrometrickým rozbořením. Hmotnostní

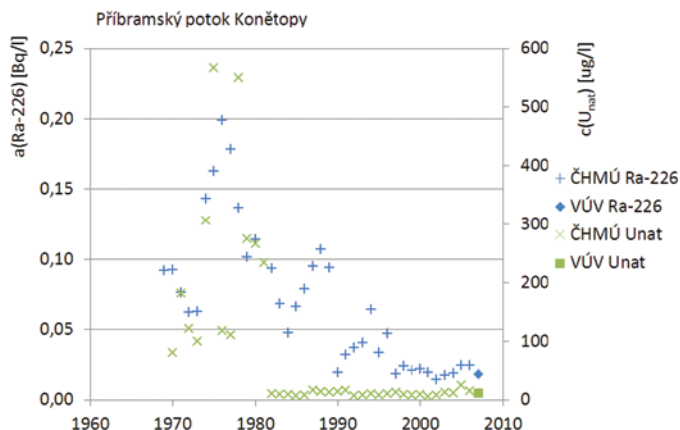


**Obr. 1.** Průběh znečištění podél toku řeky Kocáby v ukazatelích celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta a koncentrace uranu  
**Fig 1.** Contamination progression along the Kocába River course for the values of the gross alpha and beta activities concentrations and for the uranium concentration



**Obr. 2.** Porovnání hodnot objemové aktivity přírodního uranu a objemové aktivity radia-226 v jednotlivých povodích  
**Fig 2.** Comparison of the radium-226 and natural uranium concentration values in the monitored watersheds





**Obr. 3.** Srovnání naměřených hodnot objemové aktivity radia-226 a koncentrace uranu s daty naměřenými ČHMÚ v profilu Příbramský potok-Konětopy [8]

**Fig. 3.** Comparison of detected radium-226 and uranium concentration values and the data measured by the Czech Hydrometeorological Institute in the Příbramský potok-Konětopy profile [8]

aktivita radia-226 byla ve vzorcích sedimentů v průměru  $(146 \pm 6)$  Bq/kg, rozmezí hodnot bylo  $(13 \pm 2)$ – $(1\ 265 \pm 57)$  Bq/kg. Hmotnostní aktivita radia-228 byla v průměru  $(37,4 \pm 1,5)$  Bq/kg, rozmezí hodnot bylo  $(10,4 \pm 0,4)$  až  $(75,7 \pm 2,9)$  Bq/kg. Hmotnostní aktivita olova-210 byla v rozmezí od  $(3,3 \pm 2,7)$  do  $(877 \pm 210)$  Bq/kg s průměrnou hodnotou  $(108 \pm 15)$  Bq/kg. Hmotnostní aktivita thoria-228 byla ve vzorcích sedimentů v průměru  $(41,1 \pm 3,8)$  Bq/kg, rozmezí hodnot bylo  $(10,6 \pm 1,1)$ – $(96,9 \pm 2,9)$  Bq/kg. Z naměřeného spektra záření gama byla dále vyhodnocena hmotnostní aktivita cesia-137. Průměrná hodnota hmotnostní aktivity cesia-137 byla  $(6,3 \pm 0,6)$  Bq/kg, rozmezí hodnot bylo  $< 0,4$ – $(37,4 \pm 1,8)$  Bq/kg. Cesium-137 v životním prostředí přetrvává po havárii v Černobylu a po testech jaderných zbraní v minulosti.

Sedimenty ve všech odběrových profilech byly zařazeny do tříd čistoty na základě poměru hmotnostní aktivity radia-226 a hmotnostní aktivity radia-228 [10]. Radium-226 je považováno za ukazatel znečištění uranovým průmyslem a radium-228 ukazuje na přírodní pozadí výskytu radioaktivních prvků. Do první třídy čistoty, tedy mezi profily neovlivněné uranovým průmyslem, bylo zařazeno 19 profilů z 57 celkově odebraných profilů. Mezi slabě znečištěné (do druhé třídy čistoty) bylo zařazeno osm profilů. Ve třetí třídě čistoty se nachází 33 profilů, ve čtvrté třídě čistoty (silně znečištěné uranovým průmyslem) čtyři profily. Mezi velmi silně znečištěné (pátá třída čistoty) patří čtyři profily: Jáchymovský potok-Dolní Žďár v povodí Ohře na Jáchymovsku, Dubenecký potok-Tlamový kanál v povodí Kocábky na Příbramsku, dále profily Račí potok-Brožkův rybník a Račí potok-pod zaústěním, oba v povodí Nežárky v okolí Okrouhlé Radouň. Jde o toky s malým průtokem, kde dochází jen k velmi malému naředění znečištění přírodními radionuklidy.

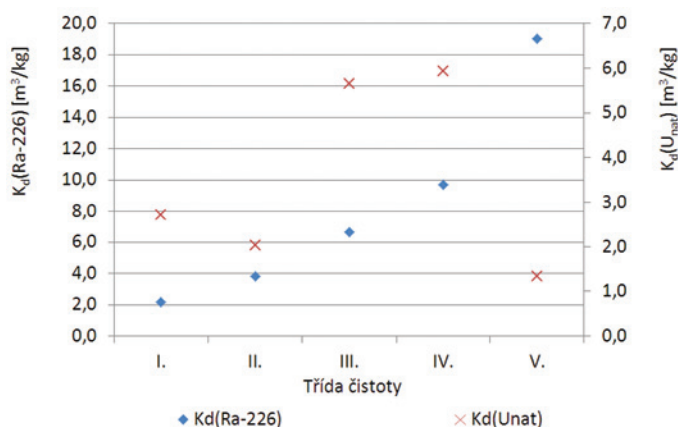
Pro zjištění vztahu obsahu radioaktivního znečištění ve vodě a v sedimentech byl ve sledovaných profilech vypočítán rozdělovací koeficient sediment-voda jako podíl obsahu sledované látky v sedimentu a jejího obsahu ve vodě podle [11]. Rozdělovací koeficient sediment-voda byl vypočten pro radium-226 (ve všech 57 profilech) a pro uran (ve 27 profilech). Průměrná hodnota rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro radium-226 byla  $5,8 \text{ m}^3/\text{kg}$  a pohybovala se v rozmezí  $0,5$  až  $30,6 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Hodnoty rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro uran byly v rozmezí od  $0,01$  do  $15,5 \text{ m}^3/\text{kg}$  s průměrnou hodnotou  $3,7 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Zjištěné hodnoty jsou v souladu s daty Mezinárodní agentury pro atomovou energii, která uvádí pro hodnotu  $K_d$  pro radium geometrický průměr  $7,4 \text{ m}^3/\text{kg}$ , minimální hodnotu  $1,1 \text{ m}^3/\text{kg}$  a maximální hodnotu  $52 \text{ m}^3/\text{kg}$  [11]. Dále byly zjišťovány průměrné hodnoty rozdělovacích koeficientů v jednotlivých třídách čistoty. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Bylo zjištěno, že hodnota rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro radium-226 roste se stoupajícím znečištěním sedimentů uranovým průmyslem (obr. 4). Voda v jednotlivých profilech odráží současný zlepšený stav po ukončení těžby a provedení sanačních opatření, zatímco sedimenty jsou stále ovlivněny znečišťováním vod uranovým průmyslem v minulosti. V případě uranu tato souvislost prokázána nebyla.

Obsah radioaktivních látek, naměřený ve sledovaných povodích ve vodě i v sedimentech, se dobře shoduje s výsledky Carvalho aj. [12], kteří zjišťovali kontaminaci vodního prostředí v oblastech Portugalska, které byly ovlivněny těžbou a zpracováním uranové rudy.

## Závěr

V povodích ovlivněných těžbou a zpracováním uranových rud stále přetrvává znečištění hydrosféry přírodními radionuklidy. Přestože těžba byla ukončena nebo omezena již v 90. letech minulého století, je obsah



**Obr. 4.** Hodnoty rozdělovacích koeficientů sediment-voda  $K_d$  pro radium-226 a uran v jednotlivých třídách čistoty sedimentů

**Fig. 4.** Values of the distribution coefficients sediment-water  $K_d$  for radium-226 and uranium in sediment contamination classes

**Tabulka 3.** Hodnoty rozdělovacích koeficientů sediment-voda  $K_d$  pro radium-226 a uran v jednotlivých třídách čistoty sedimentů

**Table 3.** Values of the distribution coefficients sediment-water  $K_d$  for radium-226 and uranium in sediment contamination classes

Třída čistoty	I.	II.	III.	IV.	V.
$K_d(\text{Ra-226})$ Průměr [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	2,2	3,8	6,6	9,7	19,0
$K_d(\text{Ra-226})$ Minimum [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	0,5	0,8	0,6	6,1	7,7
$K_d(\text{Ra-226})$ Maximum [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	5,4	7,8	14,1	16,7	30,6
$K_d(\text{Unat})$ Průměr [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	2,7	2,0	5,6	5,9	1,3
$K_d(\text{Unat})$ Minimum [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	0,01	0,01	0,3	5,9	0,1
$K_d(\text{Unat})$ Maximum [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]	10,9	5,1	15,5	5,9	2,6

radioaktivních látek ve sledovaných povodích vyšší než geogenní pozadí. Nejsilnější znečištění uranovým průmyslem bylo zjištěno v povodí Kocábky, která byla dlouhodobě ovlivněna uranovým průmyslem na Příbramsku. Podobná situace je v povodí Nežárky, na kterou měla vliv těžba uranové rudy v Okrouhlé Radouň. V sedimentech přetrvává znečištění, které pochází z minulosti. Ve vodních vzorcích se projevuje postupné zlepšení stavu. Hodnoty rozdělovacího koeficientu sediment-voda pro radium-226 ukázaly na vzestupný trend v závislosti na třídě čistoty sedimentů (resp. míře znečištění sedimentů radiumem-226).

## Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou projektu MZP0002071101.

## Literatura

- [1] Rudné a uranové hornictví České republiky. Ostrava : Anagram, 2003.
- [2] ČSN 75 7611 Jakost vod. Celková objemová aktivita alfa. ČNI, 2005.
- [3] ČSN 75 7612 Jakost vod. Celková objemová aktivita beta. ČNI, 2004.
- [4] TNV 75 7623 Jakost vod. Stanovení radia 226 bez srážecího postupu. Praha : Hydroprojekt, ČNI, 1999.
- [5] ČSN 75 7614 Jakost vod. Stanovení uranu. ČNI, 1998.
- [6] ČSN ISO 10703 Jakost vod – Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama s vysokým rozlišením. ČNI, 1999.
- [7] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb.
- [8] Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě dodávané k veřejnému zásobování pitnou vodou. Doporučení SÚJB, 2009.
- [9] Databáze výsledků monitoringu jakosti povrchových a podzemních vod v ČR IS ARROW. Český hydrometeorologický ústav, dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/isarrow/> [citováno 14. 9. 2011].
- [10] Hanslík, E., Kalinová, E., Brtvová, M., Ivanovová, D., Sedlářová, B., Svobodová, J., Jedináková-Křížová, V., Rieder, M., Medek, J., Forejt, K., Vondrák, L., Jahn, K., and Jusko, J. Radium isotopes in river sediments of Czech Republic. *Limnologica*, 35, 2005, 3, 177–184.
- [11] Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. International Atomic Energy Agency, Technical reports series no. 472, IAEA, Vienna, 2010.
- [12] Carvalho, FP, Oliveira, JM., and Lopes, I. Radionuclides from past uranium mining in rivers of Portugal. *Journal of Environmental Radioactivity*, 98, 2007, 298–314.

## Keywords

water – sediment – uranium mining – uranium – radium-226 – radioactive contamination – distribution coefficient

At sites of terminated uranium mining, radioactive contamination of water and sediment was investigated. The study was focused in the watersheds of the Kocába and Litavka Rivers in the vicinity of Příbram, watershed of the Ohře River that is influenced by the uranium industry at Jáchymov and the Nežárka watershed near Okrouhlá Radouň. In all the monitored watersheds, the radioactive, especially uranium, contamination was found. In water samples, the values of the gross alpha activity were from  $(0,03 \pm 0,01)$  Bq/l to  $(8,7 \pm 1,3)$  Bq/l, the gross beta activity

was in range from  $(0,05 \pm 0,02)$  Bq/l to  $(5,0 \pm 0,5)$  Bq/l, the uranium concentration was from  $< 0,001$  mg/l to  $(0,84 \pm 0,09)$  mg/l and the values of radium-226 concentration were from  $< 0,015$  Bq/l to  $(0,08 \pm 0,01)$  Bq/l. Among others, the values found in the sediment samples were in following ranges:  $< 1,0$ – $(120 \pm 13)$  mg/kg for uranium,  $(13 \pm 2)$ – $(1265 \pm 57)$  Bq/kg for radium-226 and  $(10,4 \pm 0,4)$ – $(75,7 \pm 2,9)$  Bq/kg for radium-228. The highest contamination was found in streams of low flow rate near the contamination source. Further, the distribution coefficients sediment-water were calculated. The sediment contamination persists from the past; in the present, water shows the improved state.

Ing. Eva Juránová, RNDr. Diana Marešová, Ph.D.,  
Ing. Eduard Hanslík, CSc.  
VÚV TGM, v.v.i., Praha  
eva\_juranova@vuv.cz, tel.: 220 197 335  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

## MOŽNOSTI POUŽITÍ NÍZKONÁKLADOVÝCH SEMIPERMEABILNÍCH MEMBRÁN PRO SLEDOVÁNÍ PESTICIDŮ A JINÝCH ORGANICKÝCH MIKROPOLUTANTŮ VE VODÁCH

Michal Pavonič, Zdeněk Pospíšil

### Klíčová slova

semipermeabilní membrány – voda – stopová organická analýza – pesticidy – PCB – OCP – PAU

### Souhrn

V článku je popsáno použití nízkonákladových semipermeabilních membrán pro účely reprezentativního pasivního vzorkování. Porovnání výtěžnosti nízkonákladových semipermeabilních membrán s komerčně dostupnými prokázalo jejich srovnatelné vlastnosti pro stanovení organochlorových pesticidů (OCP), polychlorovaných bifenylnů (PCB), polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a dalších látek. Nízkonákladové semipermeabilní membrány jsou účinným a robustním prostředkem pro vzorkování povrchových i dalších typů vod. Jejich hlavní výhodou je výrazné snížení pořizovacích nákladů (zhruba o jeden řád) oproti komerčně dostupným SPMDs při zachování srovnatelné citlivosti a opakovatelnosti.

### Úvod

Pasivní vzorkování má oproti běžným vzorkovacím postupům několik výhod. Na rozdíl od bodových odběrů, které odrážejí pouze okamžitý stav, je vzorkovač ve vodě umístěn po delší dobu (dny až týdny), díky čemuž jsou

podchyceny i krátkodobé kontaminace. Vzhledem k akumulaci analytu po celou dobu vzorkování tak odpadají problémy se zpracováním větších objemů vzorků vod. Při pasivním vzorkování jsou navíc zachycovány pouze látky skutečně rozpuštěné ve vodě, zatímco při bodových odběrech se běžně stanovují i sloučeniny sorbované na povrchu pevných částic [1].

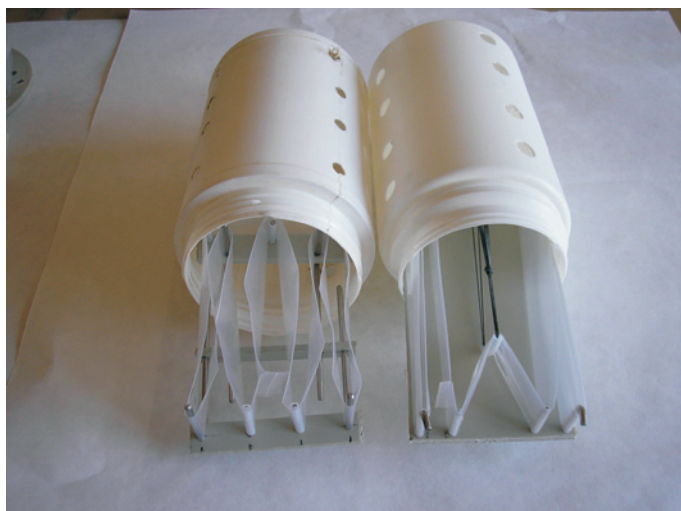
Pasivní vzorkovač na bázi semipermeabilní membrány s lipidickou náplní je v současné době jedna z nejpoužívanějších technik pasivního vzorkování vody. Poprvé byla tato technika popsána Huckinsem v roce 1990 [2] a později patentována pod názvem „Semipermeable Polymeric Membrane Device“ – SPMD [3]. Pasivní vzorkovače lze využívat i pro účely toxikologických analýz odpadních a povrchových vod [4]. V ČR se pasivním vzorkováním za použití semipermeabilních membrán zabývá např. Ocelka aj. [5].

Podrobné a přehledné souhrnné informace o metodách pasivního vzorkování lze nalézt např. v publikacích [6–9]. SPMDs jsou velmi užitečným nástrojem např. pro vzorkování a následné stanovení pesticidů (např. organochlorových pesticidů) ve vodách. Obecně lze konstatovat, že SPMDs se hojně používají jak pro vzorkování vody, tak i vzduchu. Příklady použití SPMDs naplněných trioleinem pro stanovení hydrofilních organických mikropolutantů ve vodním prostředí uvádí např. [10], organochlorových sloučenin v mořské vodě [11], nepolárních průmyslových polutantů ve vodním prostředí [12] atd. SPMDs do určité míry simulují příjem lipofilních polutantů vodními organismy. Problematika porovnání pasivního vzorkování a biomonitoringu organických mikropolutantů ve vodě je diskutována např. v [13] (mušle) nebo [14] (pstruh).

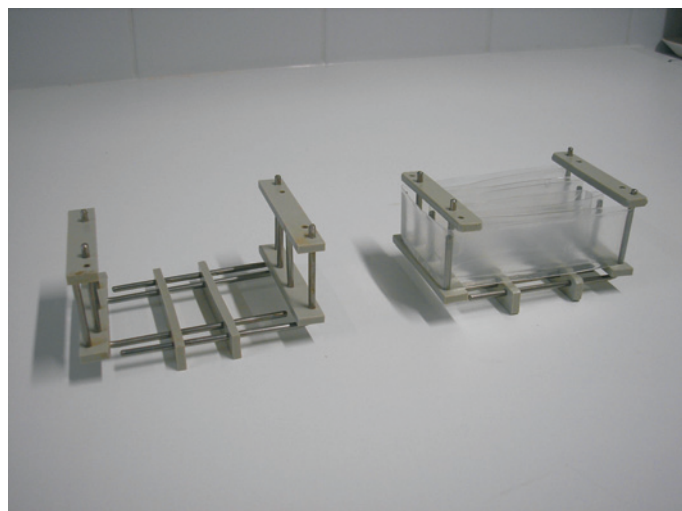
### Materiál a metody

Nízkonákladové semipermeabilní membrány (obr. 1 a 2) byly vyvinuty na brněnském pracovišti Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, v.v.i., za účelem z kvalitnějšího monitoringu vod prováděného v rámci řešených výzkumných úkolů [15]. Jedná se o ploché trubice z vysokohustotního polyetylénu (HDPE; Polymer Institut Brno) bez přísad, o stejné ploše povrchu jako komerčně dostupné SPMDs. Membrány jsou široké 25 mm a dlouhé 1 000 mm, se stěnami 50 až 90  $\mu$ m silnými. Jsou plněny 1 ml (0,91 g) přečištěného původně 65% trioleinu (Fluka). Připravené membrány se uchovávají v mrazničce při  $-18$  °C.

Před použitím se membrána uchytlí do držáku, systém se vloží do perforované polypropylenové nádoby a uzavře. Držák membrány je registrován jako



Obr. 1. Nízkonákladový pasivní vzorkovač  
Fig. 1. Low-cost semipermeable membrane sampler



Obr. 2. Držák membrány – detail  
Fig. 2. Holder of the membrane – detail

užitný vzor PUV 2009-21503 pod názvem „Samonapínací držák nízkonákladových semipermeabilních membrán“ (osvědčení ke dni 23. 11. 2009 pod číslem zápisu 20258). Jednoduchost provedení celého pasivního vzorkovače ho současně chrání před zcizením.

Semipermeabilní membrána se ve vzorkované vodě exponuje po dobu čtyř týdnů. Poté se membrána i s držákem vyjme z nádoby, membrána se očistí a vloží do lahvičky z tmavého skla. Lahvička se uzavře a přepravuje se v chladničce při 4 °C.

Exponované membrány se po omytí, očištění a vysušení opakovaně extrahovaly pomocí 20 ml směsi cyklohexan-ethylacetát 1 : 1 (HPLC grade). Získaný extrakt se pak zakonzentroval proudem dusíku v zařízení TurboVap a upravil na konečný objem 2 ml.

Před měřením se extrakt zbavil trioleinu a dalších nežádoucích látek pomocí gelové permeační chromatografie (GPC).

Naměřené hodnoty v ng/vzorkovač (membránu) je možno přepočítat na koncentraci ve vodě pomocí přepočítávacích koeficientů. Tyto koeficienty se získají pomocí kalibrace semipermeabilních membrán, kdy je membrána po dobu odpovídající době vzorkování (4 týdny) exponována ve vodě s definovanou konstantní koncentrací dané látky. Kalibrační zařízení je uspořádáno průtokovým způsobem, aby nedocházelo ke konkurenci membrán o analyty.

### Podmínky analytických stanovení

Organochlorové sloučeniny (PCB a OCP) byly stanovovány na GC-MS systému Agilent 7890 s MSD detektorem Inert 5975C s autosamplerm a PTV nástřikem.

Nosný plyn: helium čistoty 5.0

Kolona: DB-5ms 60 m x 250 µm x 0,25 µm

Teplotní rampy: 40 °C po dobu 3 min, poté ohřev rychlostí 40 °C/min do 185 °C, poté ohřev 3 °C/min do 235 °C, poté ohřev 20 °C/min do 315 °C po dobu 15 min

Průtok: 2 ml/min

Detekce: MSD v SIM režimu

Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) bylo prováděno na kapalinovém chromatografu HPLC Agilent 1100 s autosamplerm.

Mobilní fáze: acetonitril : voda s gradientovou elucí

Kolona: Supelcosil LC – PAH 25 cm x 2,1 mm, termostátovaná na 35 °C

Průtok: 0,35 ml/min

Detekce: fluorescenční detektor

### Výsledky a diskuse

V rámci programu situačního monitoringu v roce 2007 byly ve třech vybraných profilech ČHMÚ (konkrétně Svratka-Rajhrad, Dyje-Pohansko a Morava-Lanžhot) současně s komerčně dostupnými SPMDs stejným způsobem umístěny i nízkonákladové semipermeabilní membrány. Pro zajištění objektivitu a minimalizaci vlivu analytických chyb byly obě sady semipermeabilních membrán analyzovány ve Zdravotním ústavu v Ostravě. Pouze zpracování nízkonákladových semipermeabilních membrán do fáze extraktu (tj. bez úpravy GPC) bylo provedeno ve VÚV TGM.

V obou sadách semipermeabilních membrán byly stanoveny organochlorové pesticidy OCP, včetně všech běžných forem HCH (α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH), hexachlorobenzenu HCB, pentachlorobenzenu PeCB, chlorpyrifosu, trifluralinu, cis-chlordanu, trans-chlordanu, heptachloru a rovněž všech forem DDT, DDE a DDD, devět kongenerů polychlorovaných difenylů PCB, sedm sloučenin polybromovaných difenyletherů PBDE a některých dalších specifických organických látek. Rozsah analýz v komerčně dostupných SPMDs prováděný v rámci situačního monitoringu byl ještě širší (zahrnoval např. téměř sto kongenerů PCB, sumy chlorobenzénů, PAU, různé polychlorované dibenzodioxiny PCDD a dibenzofurany PCDF).

### Opakovatelnost výsledků při použití nízkonákladových semipermeabilních membrán

Stanovená množství vybraných polutantů v trioleinu nízkonákladových semipermeabilních

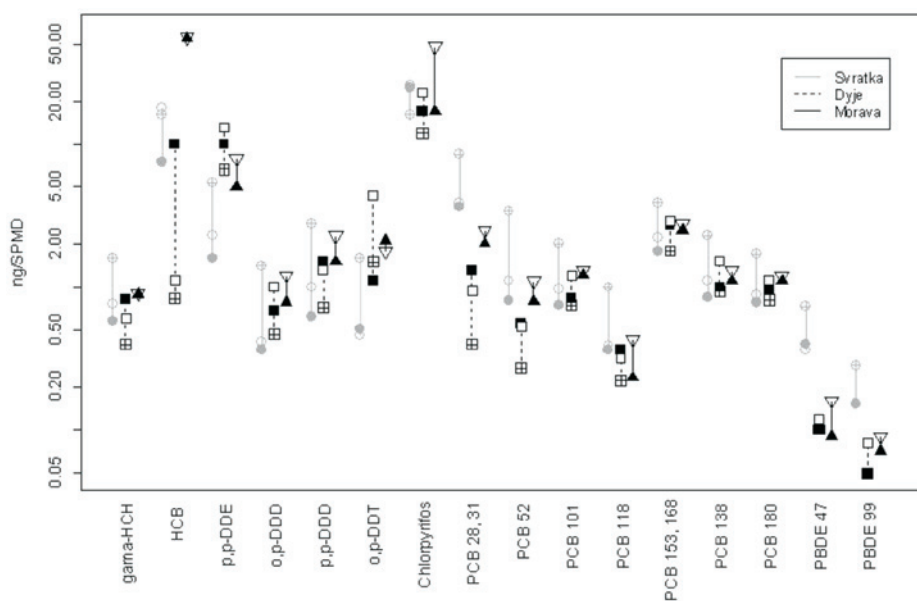
membrán jsou uvedena na obr. 3. Membrány byly na vybraných profilech řek Svratky (Židlochovice), Dyje (Pohansko) a Moravy (Lanžhot) instalovány vždy po třech exemplářích. Ze zřejmých důvodů jsou zde prezentovány pouze sloučeniny nad mezí stanovitelnosti.

Vezmeme-li v úvahu relativně vysokou nejistotu stanovení u stopové organické analýzy, zejména při hodnotách blízko meze stanovitelnosti, lze opakovatelnost stanovených koncentrací hodnotit jako velmi dobrou.

Velmi dobrá opakovatelnost výsledků při použití nízkonákladových semipermeabilních membrán se projevila i u stanovení PAU, konkrétně při vzorkování v povodí řeky Moravy v červnu 2006. Nízkonákladové vzorkovače byly duplicitně instalovány na deseti vzorkovacích profilech. Membrány pak byly zpracovány a analyzovány na obsah 14 sloučenin PAU. Výsledky prokázaly průměrnou opakovatelnost pod 20 % u většiny sloučenin PAU, u fenanthrenu, fluoranthenu, pyrenu, benzo(a)chryseny, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu a benzo(g,h,i)perylenu dokonce pod 15 %.

### Porovnání nízkonákladových semipermeabilních membrán s komerčně dostupnými SPMDs

Výsledky porovnání nízkonákladových semipermeabilních membrán s komerčně dostupnými SPMDs jsou souhrnně prezentovány v tabulce 1. Opět jsou zde uvedeny a srovnávány pouze sloučeniny s většinou zjištěných hodnot nad mezí stanovitelnosti.



**Obr. 3.** Opakovatelnost stanovených množství PCB a OCP v nízkonákladových semipermeabilních membránách

**Fig. 3.** Repeatability of the determined amounts of PCBs and OCPs in the low-cost semipermeable membrane samplers

**Tabulka 1.** Porovnání množství chlorovaných organických sloučenin stanovených v nízkonákladových semipermeabilních membránách (VÚV) a v komerčně dostupných semipermeabilních membránách (SPMD)

**Table 1.** Comparison of amounts of chlorinated organic compounds determined in the low-cost semipermeable membrane samplers (TGM WRI) and commercially available semipermeable devices (SPMDs)

Odběrový profil Datum odběru	Svratka-Rajhradice 3. 5.–31. 5. 2007			Dyje-Pohansko 3. 5.–31. 5. 2007			Morava-Lanžhot 3. 5.–31. 5. 2007		
	VÚV	SPMD	poměr	VÚV	SPMD	poměr	VÚV	SPMD	poměr
	ng/vzorkovač			ng/vzorkovač			ng/vzorkovač		
α-HCH	1,2	3,5	0,35	< 0,45	0,86	0,53	2,2	1,0	2,16
β-HCH	1,9	1,0	1,92	< 0,60	< 0,13	–	2,0	0,53	3,77
γ-HCH	3,9	13	0,30	2,43	5,80	0,42	3,6	7,1	0,50
hexachlorobenzene	55,5	24	2,31	15,9	15,0	1,06	222	186	1,19
p,p'-DDE	12,4	32	0,39	39,6	101	0,39	26,0	28	0,93
p,p'-DDD	5,9	48	0,12	46,9	56	0,84	7,6	26	0,29
p,p'-DDT	5,9	11	0,53	< 1,33	4,2	–	5,8	4,8	1,21
PCB 28+31	21,3	63,3	0,34	3,52	11,9	0,30	9,0	13,7	0,66
PCB 52	7,1	14,6	0,48	1,80	6,5	0,28	3,8	6,6	0,57
PCB 101	4,9	12,7	0,39	3,69	9,0	0,41	5,0	6,4	0,78
PCB 118	2,3	3,6	0,64	1,20	2,5	0,48	1,3	1,7	0,78
PCB 153+168	10,5	18,5	0,57	9,87	15,9	0,62	10,6	11,1	0,95
PCB 180	5,7	4,5	1,26	4,57	4,6	0,99	4,8	2,7	1,78
PCB 138	4,5	10,0	0,45	3,81	8,4	0,45	4,6	6,4	0,72

Z výsledků stanovení je zřejmé, že u chlorovaných sloučenin vychází výtěžnost u komerčně dostupných SPMDs obecně vyšší, přičemž rozptyl hodnot těchto poměrů je lepší u PCB než u chlorovaných pesticidů.

Bylo též provedeno porovnání obsahů PAU. Methanolvý roztok 13 sloučenin PAU (společně s dalšími látkami) byl kontinuálně dávkován do kalibrační nádoby s vodou, kde byly duplicitně umístěny komerčně dostupné semipermeabilní membrány SPMDs (ExposMeter, dodavatel Labicom), nízkonákladové semipermeabilní membrány (VÚV) a semipermeabilní membrány plněné silikonovým olejem M 50 (výrobce Lučební závody Draslovka, a.s., Kolín) a po čtyřech týdnech expozice vytaženy.

Z výsledků souhrnně uvedených v tabulce 2 vyplývá, že pro sloučeniny PAU byly nízkonákladové semipermeabilní membrány dokonce účinnější než komerčně dostupné SPMDs. Nejvyšší, ale přesto měřitelnou účinnost vykazovaly silikonové membrány.

### Pasivní vzorkování pesticidů a dalších sloučenin za použití semipermeabilních membrán

V roce 2007 bylo v pilotním povodí Litavy provedeno pasivní vzorkování za použití nízkonákladových semipermeabilních membrán. Byla vybrána odběrová místa Litava-Slavkov a Litava-Židlochovice, tj. těsně před soutokem se Svatkou. Vzorkování bylo prováděno ve čtyřtýdenním kroku od dubna do října. Semipermeabilní membrány byly analyzovány na obsah PCB, OCP a dalších pesticidů.

Nejzajímavější hodnoty byly zjištěny pro ukazatel HCB. Výsledky jsou prezentovány na obr. 4. U hodnot je zřetelný časový průběh, přičemž hodnoty z odběrového profilu Litava-Slavkov jsou obecně vyšší než u profilu Litava-Židlochovice.

### Slepá stanovení

V tabulce 3 pro úplnost uvádíme hodnoty slepých pokusů obou typů semipermeabilních membrán. Z výsledků je zřejmé, že hodnoty jsou pro oba typy membrán srovnatelné. Hodnoty u všech látek nejsou zcela zanedbatelné, např. hodnota HCB 18 ng/vzorkovač po přepočtu na vodu odpovídá koncentraci 1,6 ng/l.

### Mezinárodní interkalibrace

V červnu 2010 se tým zabývající se vývojem nízkonákladových semipermeabilních membrán zúčastnil společně se 17 dalšími institucemi z evropských států interkalibračního testování pasivních vzorkovačů na řece Rhône (Ternay, Francie), organizovaného Cemagref Lyon. Zájmovými sloučeninami byly polyaromatické uhlovodíky. Z hlediska vyhodnocení úspěšnosti účasti na interkalibračním testování pasivních vzorkovačů ve Francii lze konstatovat, že žádné hodnoty s výjimkou fluoranthenu naměřené naší laboratoří nebyly odlehle, tj. nevybočovaly z množiny hodnot většiny účastníků, a naši účast v mezinárodním porovnání lze tedy hodnotit jako úspěšnou. Pasivní vzorkovače byly instalovány vždy ve třech exemplářích, přičemž všechny tři naše naměřené hodnoty se u všech měřených sloučenin dobře shodovaly. Číselné hodnoty výsledků bohužel organizátor neposkytl, navíc ve výsledcích nejsou rozlišeny různé použité druhy pasivních vzorkovačů.

### Závěr

Srovnání nízkonákladových semipermeabilních membrán s komerčně dostupnými SPMDs prokázalo velmi dobré vlastnosti pro sledování nepolárních pesticidů a dalších mikropolutantů ve vodách. Současně bylo ověřeno, že nízkonákladové semipermeabilní membrány vykazují shodné nebo pro některé skupiny látek dokonce i lepší sorpční vlastnosti pro záchyt polutantů než komerčně dostupné SPMD membrány. Velmi dobré vlastnosti nízkonákladových semipermeabilních membrán byly potvrzeny i v rámci mezinárodního laboratorního porovnání.

### Poděkování

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101.

**Tabulka 2.** Porovnání obsahu polycyklických aromatických sloučenin (PAU) stanovených v různých typech pasivních vzorkovačů

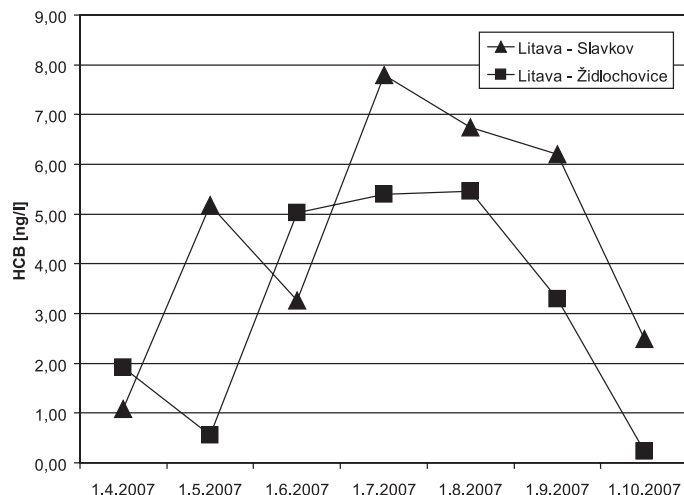
**Table 2.** Comparison of amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) determined in various types of passive samplers

	fluoren	fenanthren	antracen	fluoranthen	pyren	benzo(a)antracen	chrysen	benzo(b)fluoranthen	benzo(k)fluoranthen	benzo(a)pyren	dibenzo(a,h)antracen	benzo(g,h,i)perylene	indeno(1,2,3-cd)pyren
	ng/SPMD												
nízkonákladové semipermeabilní membrány s trioleinem (VÚV)	450	1193	406	791	679	575	695	546	526	492	339	340	334
komerčně dostupné SPMD membrány se silikonovým olejem	238	918	287	582	512	465	521	428	413	351	252	258	269
	97	375	143	266	259	233	293	233	213	164	144	93	110
<i>poměr VÚV/SPMD</i>	1,89	1,30	1,41	1,36	1,33	1,24	1,33	1,28	1,27	1,40	1,35	1,32	1,24

**Tabulka 3.** Hodnoty slepých pokusů zjištěné v nízkonákladových semipermeabilních membránách (VÚV) a v komerčně dostupných membránách (SPMD)

**Table 3.** Amounts of compounds determined in the low-cost semipermeable membrane samplers (TGM WRI) and commercially available semipermeable devices (SPMDs)

Analyt (OCP)	VÚV	SPMD		
	ng/vzorkovač			
dichlobenil	6	6	o,p-DDT	8
pentachlorbenzen	29	45	endrin-aldehyd	< 1
trifluoralin	18	18	endosulfan-sulfat	< 1
α-HCH	< 1	1	p,p'-DDT	3
HCB	18	43		
β-HCH	6	8		
γ-HCH	0	0		
chlorothalonil	18	18		
δ-HCH	0	0		
heptachlor	7	7		
aldrin	7	8		
oktachlorstyren	74	86		
isodrin	33	41		
heptachlorepoxid-cis	5	5		
oxychlordan	4	4		
heptachlorepoxid-trans	32	38		
o,p-DDE	2	2		
endosulfan1	9	9		
p,p'-DDE	2	2		
dieldrin	3	4		
o,p-DDD	2	2		
endrin	7	7		
endosulfan2	2	2		
p,p'-DDD	3	3		



**Obr. 4.** Koncentrace HCB stanovené v nízkonákladových semipermeabilních membránách (přepočítané na vodu pomocí laboratorní kalibrace)

**Fig. 4.** Concentrations of HCBs determined in the low-cost semipermeable membrane samplers (recalculated to water using laboratory calibration)

## Literatura

- [1] Madrid, Y. and Zayas, ZP. Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. *TRAC Trends in Analytical Chemistry*, 2007, 26 (4), 293–299.
- [2] Huckins, JN., Tubergen, MW., and Manuweera, GK. Semipermeable membrane devices containing model lipid: a new approach to monitoring the bioavailability of lipophilic contaminants and estimating their bioconcentration potential. *Chemosphere*, 1990, 20, 533–552.
- [3] Huckins, JN., Petty, JD., Zajicek, JA., and Gibson, VL. (1995) U.S. Patent No. 5395426, 5098573.
- [4] Hilscherová, K., Jálková, V., Jedličková, B., Bláha, L., Giesy, JP., Ocelka, T., Grabic, R., Jurčíková, J., and Halířová, J. Assessment of cytotoxicity and specific effects of complex pollutant mixtures in passive and active samples from waste waters and river ecosystem of large city agglomeration. In *IPSW 2009 – 3rd International Passive Sampling Workshop and Symposium*, 2009, ISBN 978-80-7080-716-3.
- [5] Ocelka, T., Kočí, V. a Kochánková, L. Semipermeabilní membrány – popis perspektivní metodiky monitorování persistentních organických polutantů v povrchových vodách a vodárenských zdrojích. *Vodní hospodářství*, 2001, č. 12.
- [6] Esteve-Turrillas, FA., Yusà, V., Pastor, A., and de la Guardia, M. New perspectives in the use of semipermeable membrane devices as passive samplers. *Talanta*, 2008, 74 (4), 443–457.
- [7] Kot-Wasik, A., Zabiegała, B., Urbanowicz, M., Dominiak, E., Wasik, A., and Namiesnik, J. Advances in passive sampling in environmental studies. *Analytica Chimica Acta*, 2007, 602 (2), 141–163.
- [8] Namieśnik, J., Zabiegała, B., Kot-Wasik, A., Partyka, M., and Wasik, A. Passive sampling and/or extraction techniques in environmental analysis: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2005, 381 (2), 279–301.
- [9] Vrana, B., Allan, J., Greenwood, R., Mills, GA., Dominiak, E., Svensson, K., Knutsson, J., and Morrison, G. Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. *TRAC Trends in Analytical Chemistry*, 2005, 24 (10), 845–868.
- [10] Alvarez, DA., Petty, JD., Huckins, JN., Jones-Lepp, TL., Getting, DT., Goddard, JP., and Manahan, SE. (2004) Development of a passive, in situ, integrative sampler for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23, 1640–1648.
- [11] Bergqvist, PA., Strandberg, B., Ekellund, R., Rappe, C., and Granmo, A. (1998) Temporal monitoring of organochlorine compounds in seawater by semipermeable membranes following a flooding episode in Western Europe. *Environmental Science and Technology*, 32, 3887–3892.
- [12] Greenwood, R., Mills, GA., and Vrana, B. (2009) Review: Potential applications of passive

sampling for monitoring non-polar industrial pollutants in the aqueous environment in support of REACH. *Journal of Chromatography A*, 1216, 631–639.

- [13] El-Shenawy, NS., Greenwood, R., Abdel-Nabi, IM., Nabil, ZI. (2009) Comparing the Passive Sampler and Biomonitoring of Organic Pollutants in Water: A Laboratory Study. *Ocean Science Journal*, 44 (2), 69–77.
- [14] Lu, Y. and Wang, Z. Accumulation of organochlorinated pesticides by triolein-containing semipermeable membrane device (triolein-SPMD) and rainbow trout. *Water Research*, 2003, 37, 2419–2425.
- [15] Kupec, J. Nizkonákladové semipermeabilní membrány, možnosti laboratorní kalibrace. *VTEI*, 2007, roč. 49, č. 1, s. 8–11, ISSN 0322-8916.

*Possibilities of the Use of Low-Cost Semipermeable Membranes for Monitoring of Pesticides and Other Organic Micropollutants in Water (Pavonič, M.; Pospíšil, Z.)*

### Key words

*semipermeable membranes – water – trace organic analysis – pesticides – PCB – OCP – PAH*

**This study demonstrates that the low-cost semipermeable membranes can provide representative passive sampling and measurement of tested specific organic pollutants. The comparison of analyte recovery proved that the low-cost SPMDs can provide results comparable to those from commercial SPMDs. Organochlorinated pesticides (OCPs), polychlorinated biphenyls (PCBs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and other compounds were among the tested compounds. The low-cost SPMDs were found to be effective and feasible for sampling rivers and have the potential to provide robust information. The main benefit is a significant reduction of sampling costs (by ca. one order) with nearly the same sensitivity and repeatability. Also the international interlaboratory comparison in France was performed with good results for the low-cost semipermeable membranes.**

**RNDr. Michal Pavonič, Ing. Zdeněk Pospíšil**  
ÚVU TGM, v.v.i., Brno  
Michal\_Pavonic@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

## VLIV ZVÝŠENÝCH PRŮTOKŮ NA ZMĚNY MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE VODY V POVODÍ OLEŠKY

Dana Baudišová, Andrea Benáková, Jiří Hlaváček

### Klíčová slova

*E. coli – srážkové epizody – jarní tání – změny průtoků – bakterie – povrchová voda*

### Souhrn

V letech 2008–2010 bylo studováno šest profilů na toku Oleška (Podkrkonoší, východní Čechy), šest hlavních přítoků a odtoky dvou ČOV za účelem zjištění změn mikrobiální kontaminace v souvislosti se změnami průtoků v tomto povodí. Celkem bylo z každého profilu odebráno 40 vzorků. Stanoveny byly fekální koliformní bakterie a *E. coli*, vzhledem k vysoké korelaci jsou výsledky demonstrovány na stanovení *E. coli*. Ve vybraných vzorcích (odtoky z ČOV a uzávěrový profil Bořkov) byly stanoveny celkové počty bakterií, fylogenetické skupiny (metodou FISH) a patogenní bakterie – termotolerantní *Campylobacter*. Bylo potvrzeno významné zvyšování (v řadě případů až desetinásobné) mikrobiální kontaminace v souvislosti se změnami průtoků (jarní tání, srážkové epizody). Bylo prokázáno, že letní přívalové deště mají na zhoršení stavu (počty *E. coli*) větší vliv než jarní tání. Maximální počty *E. coli* nebyly zaznamenány v době maximálního průtoky, ale v době jeho zvyšování (vzestupná část vlny). Nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi indikátory fekálního znečištění a zákalem ( $A_{254}$  nerozpuštěné látky). Celkové počty bakterií se v období maximálních průtoků zvýšily o dva řády, z fylogenetických skupin vždy převládali zástupci tříd *Betaproteobacteria* a *Gammaproteobacteria*. Obě sledované ČOV (Stará a Nová Paka a Lomnice nad Popelkou) dosahují za běžných průtoků dobré úrovně eliminace fekálních bakterií. Během zvýšených průtoků jak v období jarního tání, tak při přívalových deštích se projevuje významná funkce odlehčovacích komor, které odvádějí prakticky nečištěné odpadní vody do Olešky, resp. Popelky. Během maxi-

málního průtoky se zvýšily počty termotolerantního mikroorganismu *Campylobacter* v odtocích z ČOV až na 50 ktj/ml, v profilu Bořkov tento patogen během maximálního průtoky zjištěn nebyl.

Příspěvek navazuje na předchozí práci (Baudišová, 2010), která se zabývala mikrobiálním znečištěním toků v povodí Olešky (Podkrkonoší, východní Čechy) za běžných průtokových podmínek a za zvýšených průtoků (jarní tání a červnová srážková epizoda v roce 2009). Kromě těchto výsledků byla v publikaci uvedena literární rešerše a přehledná mapa povodí. V této práci jsou výsledky doplněny dalšími epizodami (jarní tání 2010 a dvě letní srážkové epizody v roce 2010) a je diskutován vliv čistření odpadních vod Lomnice nad Popelkou a Stará a Nová Paka na jakost vody v Olešce.

Téma je v současné době velmi aktuální, především v souvislosti s klimatickou změnou (výraznější střídání suššího období s přívalovými dešti). Velká pozornost byla této problematice věnována i na konferenci Health Related Water Microbiology 2011, v dohledné době se tak dá očekávat v odborném tisku více publikací na toto téma. Většina popsanych epidemii z vodního prostředí souvisí se srážkami, přičemž největší ohrožení je v případě srážkové epizody (či přívalového deště) po delším období sucha (Hunter, 2011). Změna rozložení srážek při klimatické změně způsobuje sice na jedné straně rozředění bakteriálního inokula, na druhé straně se však významně zkracuje doba zdržení, čímž se snižuje možnost inaktivace hygienicky významných mikroorganismů (Schijven et al., 2011). Zároveň dochází k resuspendaci sedimentů, které mohou být dalším významným zdrojem patogenních mikroorganismů, zejména anaerobních či mikroaerofilních, jako jsou například *Clostridium perfringens* či *Campylobacter* spp. (Anderson et al., 2011; Devane et al., 2011). Nebývá pravidlem ani korelace maximálních počtů hygienicky významných mikroorganismů (*E. coli*, *Campylobacter* spp.) a maximální zákal (Nokes a Kikkert, 2011).

Tok Olešky (obr. 1) odvádí vodu z podhorské oblasti Krkonoše do Jizery. Celková délka toku představuje 35 km (www.heis.vuv.cz). Mezi hlavní zdroje znečištění patří čistírny odpadních vod ČOV Stará a Nová Paka a Lomnice nad Popelkou, kanalizace obcí Libštát a Košťálov a dále neodkanalizované části dalších obcí, včetně části města Nová Paka. Byla zpracována specializovaná mapa povodí (Baudišová a Fojtik, 2011), kde jsou vyznačeny jako podkladové vrstvy varianty využití území – „land use“ (lesy, pole, zatravněné plochy a budovy). Důležitou součástí území jsou lesy a trvalé travní porosty, které k mikrobiální kontaminaci toků nepřispívají. Zemědělská výroba, která by

povodí mikrobiálně znečišťovala (hnojení organickými hnojivými (kejdou) či čistírenskými kaly nebo živočišná výroba – pastviny, farmy) byla v této oblasti oproti bodovým a difuzním zdrojům znečištění zanedbatelná, přestože jsme ji v původním plánu očekávali.

## Materiál a metody

### Odběrové profily

Bylo studováno 14 profilů, z nichž šest bylo přímo na toku Olešky (nádrž – ř. km 30; nad ČOV Stará a Nová Paka – ř. km 22,5; pod Rokytkou – ř. km 21,5; nad Libštátem – ř. km 14; pod Košťálovem – ř. km 7,5; Bořkov – ř. km 1,75), šest hlavních přítoků před ústím do Olešky (Rokytky, Popelka, Tampelačka, Kundratický potok, Želešský potok a Stružinecký potok) a dva odtoky z čistíren odpadních vod (Stará a Nová Paka – více než 10 000 EO a Lomnice nad Popelkou – v roce 2001 – 10 000 EO), v době zvýšených průtoků pak i odtoky z odlehčovacích komor.

### Charakteristika čistíren odpadních vod

Obě studované čistírny odpadních vod se skládají z koridorové dvojlinky s nitrifikací a denitrifikací a s chemickým srážením fosforu. Odtok z ČOV Stará a Nová Paka je navíc dočištěván otevřenými zemními pískovými filtry. V případě významně zvýšených průtoků z obou místních ČOV jsou využívány odlehčovací komory, které odvádějí prakticky nečištěnou odpadní vodu.

Byly odebrány prosté vzorky; odběry byly prováděny tak, aby mohly být mikrobiologické analýzy provedeny do 24 hodin po odběru. Na většině profilů bylo prováděno kontinuální měření výšky hladiny pomocí tlakových čidel s dataloggerem. Některé systémy byly vybavené telemetrickým přenosem dat (GSM/GPRS mode). Průtoky byly stanoveny na základě vypracovaných konsumpčních křivek (firmou Flow Group, s.r.o.). V uzávěrovém profilu Bořkov-Slaná byly údaje o průtocích brány z údajů správce toku Povodí Labe prostřednictvím internetu (<http://www.pla.cz/portal/sap/cz/index.htm>).

Výsledky mikrobiologických analýz byly rozděleny do pěti skupin:

1. Běžný průtok ( $n = 7$ ), pro uzávěrový profil Bořkov považován za hraniční průtok  $Q = 1,74 \text{ m}^3/\text{s}$ , který byl stanoven kvalifikovaným odhadem ze situace v letech 2008–2010 (celkem bylo v tomto období provedeno 40 odběrů).
2. Jarní tání v roce 2009 ( $n = 10$ ; max. průtok v Bořkově,  $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
3. Jarní tání v roce 2010 ( $n = 13$ ; max. průtok v Bořkově  $Q = 32,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
4. Přivalový dešť v roce 2009 (červen;  $n = 2$ ; max. průtok v Bořkově  $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
5. Přivalový dešť I v roce 2010 (srpen;  $n = 4$ ; max. průtok v Bořkově  $Q = 31 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
6. Přivalový dešť II v roce 2010 (září;  $n = 4$ ; max. průtok v Bořkově  $Q = 42 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Odtoky z čistíren odpadních vod byly navíc zařazeny do sledování vybraných patogenních mikroorganismů v odpadních vodách (Baudišová a Benáková, 2011), v období vrcholu vlny jarního tání 2010 byl v odtocích z ČOV a v Olešce-Bořkov stanoven termofilní *Campylobacter*. V těchto vzorcích byly stanoveny i celkové počty bakterií a fylogenetické skupiny metodou fluorescenční in situ hybridizace.

### Metody mikrobiologického rozboru vody

Kultivačními metodami (přímý výsev) byly stanoveny fekální koliformní bakterie a *Escherichia coli* (použito bylo chromogenní médium Rapid 2 *E. coli* agar od firmy Biorad, kultivace proběhla při 44 °C. Toto médium, které získalo v letošním roce osvědčení od AFNOR (francouzská validace), se stalo základem alternativní metody k EN ISO 9308-1 (u nás ČSN EN ISO 9308-1). Termotolerantní campylobactery byly detekovány po membránové filtraci vzorků a kultivaci na CCDA (*Campylobacter* blood-free agar) médiu v mikroaerofilních podmínkách (24 hodin při 42 °C). Poté byly provedeny konfirmační testy (oxidáza a kataláza) a kmeny byly ověřeny mikroskopicky (fázový kontrast – typický pohyb).

Z fylogenetických skupin byly stanoveny bakterie z tříd *Alphaproteobacteria* (sonda ALF968, 5'-GGT AAG GTT CTG CGC GTT-3'), *Betaproteobacteria* (BET42a, 5'-GCC TTC CCA CAT CGT TT-3'; kompetitor cBET42a), a *Gammaproteobacteria* (GAM42a, 5'-GCC TTC CCA CAT CGT TT-3'; kompetitor cGAM42a, skupina *Cytophaga-Flavobacterium* (CF319a, 5'-TGG TCC GTG TCT CAG TAC-3') a mikroorganismy z domény *Archaea* (ARC 344 5'-TCG CGC CTG CTG CIC CCC GT-3' a ARC 915, 5'-GTG CTC CCC CGC CAA TTC CT-3'). Bakterie byly stanoveny metodou fluorescenční in situ hybridizace za použití fluorescenční mikroskopie. Všechny sondy byly značené fluorochromem Cy3 na 5' konci, kompetitory byly neznačené. Sekvence jsou převzaty z databáze ProbeBase odd. mikrobiální ekologie Technické univerzity Vídeň (Vienna Ecology Centre, Faculty of Life Sciences, University of Vienna, Department of Microbial Ecology). Sondy na stanovení domény *Archaea* byly použity v poměru 1 : 1. Celkové počty bakterií byly stanoveny mikroskopicky (fluorescenční mikroskopie) po barvení DAPI.



Obr. 1. Oleška – profil Bořkov

Fig. 1. Bořkov profile on the Oleška River

### Výsledky

Stanoveny byly fekální koliformní bakterie a *E. coli*; vzhledem k vysoké korelaci jsou výsledky demonstrovány na stanovení *E. coli*. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty percentilu 90 (P90) počtů *E. coli* (ktj/100 ml) při různých srážko-odtokových situacích v jednotlivých profilech. Bylo potvrzeno významné zvýšení mikrobiální kontaminace toků v souvislosti se zvýšenými průtoky, v řadě případů až řádové. Z tabulky vyplývá, že kromě profilů na tocích Popelka (kam ústí odtok z ČOV Lomnice nad Popelkou) a Rokytky byly vždy maximální hodnoty percentilů 90 zjištěny v období letních přivalových dešťů, kdy zřejmě kromě resuspendace sedimentů a vlivu odtoků z odlehčovacích komor ČOV dochází k významným splachům. To je patrné především u profilů s nízkými hodnotami *E. coli* při běžném průtoku (Oleška-nádrž a nad ČOV Stará a Nová Paka a přítoky Tampelačka, Kundratický potok, Želešský potok a Stružinecký potok). Kromě zvýšení počtů indikátorů fekálního znečištění – *E. coli* dochází i k významnému zvyšování celkových počtů bakterií (až o dva řády, tj. z počtů  $10^6/\text{ml}$  až na  $10^8/\text{ml}$ ). Z fylogenetických skupin bakterií byla v analyzovaných vzorcích (odtoky z ČOV a Oleška-Bořkov) zjištěna převaha zástupců tříd *Betaproteobacteria* a *Gammaproteobacteria* (kam patří i všichni zástupci čeledě *Enterobacteriaceae*). Zvýšení celkových počtů bakterií v souvislosti s maximálními průtoky toto rozložení významně neovlivnilo. Počty termotolerantní bakterie rodu *Campylobacter* v odtocích z obou ČOV se za běžných průtokových podmínek pohybovaly v řádech jednotky ktj/ml, při maximálním průtoku to bylo desetinásobně více (50 ktj/ml). V profilu Bořkov nebyl termotolerantní *Campylobacter* v 1 ml detekován ani v období maximálního průtoku.

Tabulka 1. Hodnoty percentilu 90 (P90) počtů *E. coli* (ktj/100 ml) při různých událostech v jednotlivých profilech

Table 1. Values of percentile 90 (P90) of *E. coli* counts (cfu/100 ml) during different events (base flow, snow melt 2009, 2010 and spring events 2009, 2010–1 and 2010–2) in profiles studied

	Pozadí	Tání 09	Tání 10	Přival 09	Přival 10/1	Přival 10/2
<b>Oleška</b>						
Nádrž	220	4 050	4 500	3 500	14 800	11 400
Nad ČOV Stará a Nová Paka	2 400	3 050	1 900	8 750	18 950	10 650
Pod Rokytkou	19 200	26 900	55 600	10 000	59 700	31 200
Nad Libštátem	5 200	13 850	22 200	26 500	37 800	19 950
Pod Košťálovem	11 500	7 650	19 000	37 500	47 500	27 400
Bořkov	2 850	8 650	15 700	20 500	37 200	22 900
<b>Přítoky</b>						
Rokytky	25 300	37 000	19 200	10 000	21 500	31 100
Popelka	4 700	20 100	35 200	8 250	28 900	20 250
Tampelačka	1 200	3 650	6 400	9 500	10 350	14 700
Kundratický potok	1 250	2 500	7 200	5 250	16 700	4 700
Želešský potok	3 800	1 800	1 400	2 000	6 450	6 400
Stružinecký potok	2 200	2 750	2 900	5 000	22 700	11 950

Na obr. 2 je uveden příklad průběhu průtoků v roce 2010, počtů *E. coli* a obsahu nerozpuštěných látek v jednotlivých odběrech u znečištěného profilu Oleška-pod Košťálovem. Bylo potvrzeno, že hlavní zvýšení počtů mikroorganismů nastává na začátku zvyšování průtoků, nikoliv při kulminaci vlny. Tento průběh byl zaznamenán u všech profilů, kde byl kontinuálně měřen průtok. Nebyla zjištěna žádná statisticky významná korelace (o něco lepší, ale přesto nevýznamná korelace byla zjištěna během přívalových dešťů, oproti jarnímu tání) mezi zvýšenými počty *E. coli* a zákalem (nerozpuštěné látky a absorbance  $A_{254}$ ). Tyto parametry více korelují s průtokem. Nebyla zjištěna ani statisticky významná korelace počtů *E. coli* s hodnotami CHSK.

Obě zmiňované ČOV dosahují za běžných průtoků dobré úrovně eliminace fekálních bakterií. Geometrický průměr počtů *E. coli* v odtocích byl v období běžných (nezvýšených) průtoků 20 200 ktj/100 ml u Lomnice nad Popelkou a 11 500 ktj/100 ml u ČOV Stará a Nová Paka. Během zvýšených průtoků jak v období jarního tání, tak při přívalových deštích se projevuje významná funkce odlehčovacích komor, které odvádějí prakticky nečištěné odpadní vody. Situace v období jarního tání v roce 2010 je uvedena na obr. 3 a 4. V té době byla ČOV Lomnice nad Popelkou v rekonstrukci a byly v provozu dva odtoky biologicky čistěných odpadních vod.

## Závěr

Bylo potvrzeno významné zvyšování (v řadě případů až desetinasobné) mikrobiální kontaminace v souvislosti se změnami průtoků (jarní tání, srážkové epizody) v tocích v povodí Olešky. Bylo prokázáno, že letní přívalové deště mají na zhoršení stavu (počty *E. coli*) větší vliv než jarní tání. Maximální počty *E. coli* nebyly zaznamenány v době maximálního průtoku, ale v době jeho zvyšování (vzestupná část vlny). Nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi indikátory fekálního znečištění a zákalem ( $A_{254}$ , nerozpuštěné látky).

## Literatura

- Anderson, J., Moriarty, E., McIntosh, A., and Gilpin, B. (2011) Freshwater sediment as a reservoir for indicator and pathogenic bacteria. Health Related Water Microbiology (HWRM), Sept. 2011, Rotorua, New Zealand.
- Baudišová, D. (2010) Mikrobiální znečištění toků v povodí Olešky a vývoj v souvislosti se změnami průtoků. VTEI, 52, č. 1, s. 9–11, příloha *Vodního hospodářství* č. 2/2010.
- Baudišová, D. a Benáková, A. (2011) Detekce patogenních bakterií v odpadních vodách. VTEI, 53, č. 5, s. 1–2, příloha *Vodního hospodářství* č. 10/2011.
- Baudišová, D. a Fojtík, T. (2011) Změny mikrobiální kontaminace toků v povodí Olešky v souvislosti se změnami průtoků (mapový výstup). VÚV TGM.
- Devane, M.L., Moriarty, E.M., Williamson, W.M., and Gilpin, B.J. (2011) Earthquakes, sewage and rivers. An infectious combination. Health Related Water Microbiology (HWRM), Sept. 2011, Rotorua, New Zealand.
- Hunter, P. (2011) Estimating the Impact of climate change on water quality for very small water supplies. Health Related Water Microbiology (HWRM), Sept. 2011, Rotorua, New Zealand.
- Nokes, C. and Kikkert, H. (2011) The influence of heavy rain event on the transmission of *Campylobacter* through drinking-water supplies. Health Related Water Microbiology (HWRM), Sept. 2011, Rotorua, New Zealand.
- Schijven, J., Bouwknegt, M., Rutjes, S., and de Roda Husman, A.M. (2011) Quantification of climate impact on waterborne infection risks. Health Related Water Microbiology (HWRM), Sept. 2011, Rotorua, New Zealand.

## Poděkování

Zpracováno s podporou projektu SP/2e7/229/07.

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Andrea Benáková, Ph.D.,<sup>1</sup>  
Ing. Jiří Hlaváček<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VÚV TGM, v.v.i., Praha, <sup>2</sup>Flow-Group, s.r.o., Brno  
Dana.Baudišová@vuv.cz

Příspěvek prošel lektorským řízením.

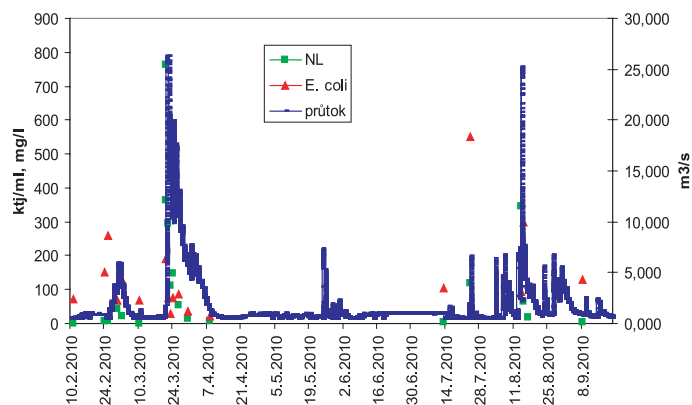
*The influence of high-flow conditions to changes of microbial contamination of streams in the Oleska catchment (Baudišová, D.; Benáková, A.; Hlaváček, J.)*

## Key words

*E. coli* – heavy rain events – snow melt – changes of flow – bacteria – surface water

Changes of microbial contamination in different flow conditions were studied at six profiles at the Oleska stream (eastern Bohemia), at six tributaries and in effluents from two waste water treatment plants (Lomnice nad Popelkou and Stará and Nová Paka) at the years of 2008–2010. A total of 40 samples were taken from each profile. Faecal coliforms and *E. coli* were detected by cultivation on Rapid 2 *E. coli* agar (Biorad). Counts

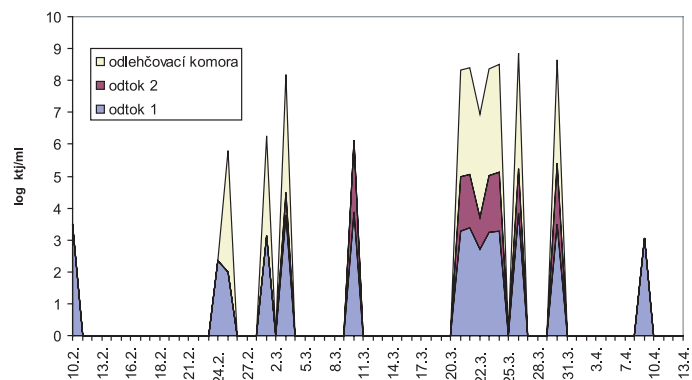
## Oleška - pod Košťálovem



Obr. 2. Počty *E. coli* (ktj/ml), obsah nerozpuštěných látek (NL, mg/l) a průtok ( $m^3/s$ ) v části roku 2010 v profilu Oleška-pod Košťálovem

Fig. 2. Counts of *E. coli* (cfu/ml), suspended solids (mg/l) and flow ( $m^3/s$ ) in the part of year 2010 in the profile Oleska-under Kostalov

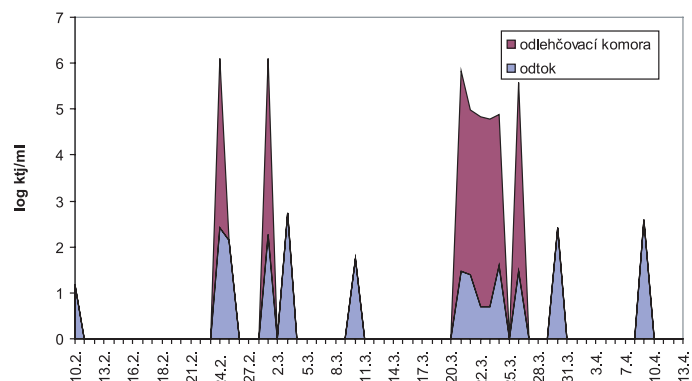
## Lomnice nad Popelkou



Obr. 3. *E. coli* v odtocích z ČOV Lomnice nad Popelkou (jarní tání 2010)

Fig. 3. *E. coli* in effluent from WWTP Lomnice nad Popelkou (snow melt 2010)

## Stará a Nová Paka



Obr. 4. *E. coli* v odtocích z ČOV Stará a Nová Paka (jarní tání 2010)

Fig. 4. *E. coli* in effluent from WWTP Stará and Nova Paka (snow melt 2010)

of faecal coliforms and *E. coli* show significant correlation, results are demonstrated on the results of *E. coli*. Total counts of bacteria, phylogenetic groups (detected by fluorescence in situ hybridisation – FISH) and pathogenic bacteria – thermotolerant *Campylobacter* were detected in selected samples (effluents from WWTPs, the final profile at Oleska-Borkov) during base and maximal flow. The important elevation (in some cases more than 10 fold) of microbial contamination during high flow (snow melt, heavy rain events) was detected. It was proved that summer heavy rain events have more important influence than spring

snow melting to deterioration of microbial water quality. The maximal counts of *E. coli* were not detected at the top of maximal flow, but during its elevation. The statistically important correlation between *E. coli* and turbidity (suspended solids,  $A_{254}$ ) was not found. Total bacterial counts elevated during maximal flows by 2 orders (from  $10^6$  to  $10^8$  per ml), *Betaproteobacteria* and *Gammaproteobacteria* predominated from the phylogenetic groups all the time. Both WWTPs show good level of

elimination of faecal bacteria during base flow conditions. But storm water inlets (overflow) discharge nearly non-treated waste waters to the Oleska (or Popelka) stream during high flows (both snow melting and heavy rain events). The counts of thermotolerant campylobacter were elevated in effluents from WWTPs up to 50 cfu/ml during maximal flow. *Campylobacter* spp. was not detected in the river profile of Borkov during maximal flow.

## POVINNÁ OSNOVA VYJÁDŘENÍ OSOBY S ODBORNOU ZPŮSOBILOSTÍ K VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PŘES PŮDNÍ VRSTVY DO VOD PODZEMNÍCH

Kateřina Poláková, Pavel Eckhardt

### Klíčová slova

metodický pokyn – vyjádření osoby s odbornou způsobilostí – vsakování – infiltrace – znečištění – podzemní vody – povrchové vody – odpadní vody – horninové prostředí

### Souhrn

Článek uvádí informace o procesu tvorby a obsahu certifikované metodiky s názvem Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona. Cílem této metodiky je sjednotit obsahovou náplň vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, které má za úkol posoudit a vyhodnotit vliv vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních. Tato metodika se také stala jedním z podkladů připravovaného metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 416/2010 Sb.

### Úvod

Poslední novelizované znění vodního zákona [1] bylo ve Sbírce zákonů České republiky vyhlášeno zákonem č. 150/2010 Sb. [2]. Nové požadavky § 15a a § 38 byly podnětem nejen pro vydání nařízení vlády č. 416/2010 Sb. [3], ale také pro zpracování textu ve formě metodického pokynu, který bude zaměřen na „vyjádření osoby s odbornou způsobilostí“, tj. měl by především stanovit rozsah a náležitosti hydrogeologického posudku jako nedílného podkladu při procesu rozhodování o povolení vypouštění odpadních vod do vod podzemních. Zpracování návrhu bylo Ministerstvem životního prostředí (MŽP) jako garantem této problematiky zadáno pracovníkům VÚV TGM, v.v.i.

Tvůrčí tým při tvorbě návrhu textu vycházel mimo jiné z poznatků získaných v minulých letech při řešení subprojektu výzkumného záměru MZP0002071101 (např. [4]).

### Certifikovaná metodika

Text s názvem Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí stanovující povinnou osnovu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 písm. g) a § 38 odst. 7 vodního zákona vznikl na základě požadavku odboru ochrany vod MŽP a byl zpracován jako certifikovaná metodika.

Certifikovaná metodika je bodovaným výstupem v souladu s Metodikou hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů (platnou pro léta 2010 a 2011), kterou zpracovala Rada pro výzkum, vývoj a inovace (RVVI) a kterou schválila svým usnesením ze dne 4. srpna 2010 č. 555 vláda České republiky.

Bodované výstupy slouží k hodnocení výsledků dosažených výzkumnými organizacemi a podle § 5a zákona č. 211/2009 Sb. [16] slouží Radě pro výzkum, vývoj a inovace jako jeden z podkladů při zpracování návrhů výše výdajů (ve formě institucionální podpory výzkumných organizací podle zhodnocení jimi dosažených výsledků) podle § 6 odst. 2 písm. c) tohoto zákona. Certifikačními orgány, které návrh takového výstupu (typu N) posuzují v souladu s metodikou, jsou odborné a poradní orgány RVVI, fyzické ověření se provádí prostřednictvím poskytovatele, kterým bylo MŽP.

V polovině roku 2010 byl pracovníky VÚV TGM, v.v.i., vytvořen návrh textu metodického pokynu, který byl na podzim téhož roku předán pracovníkům Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze v rámci vnitřního oponentního řízení. Na základě této spolupráce byl v závěru roku 2010 předložen odboru ochrany vod MŽP finální návrh metodického pokynu.

Aby však mohl být takový návrh certifikován, je nezbytné, aby byly na předložené znění vypracovány dva nezávislé oponentní posudky. Na počátku roku 2011 byl proto text postoupen oponentům vyzádaným odborem ochrany vod MŽP, kterými byli Ing. Veronika Jágllová z VRV, a.s., a RNDr. Svatopluk Šeda z OHGS, s.r.o. Na základě doporučení, která zazněla v oponentních posudcích, byl návrh textu dopracován a předán MŽP jako certifikačnímu orgánu k zahájení certifikačního řízení. Dne 26. 5. 2011 pak byl text metodického pokynu certifikován.

**Certifikovaný text bude s největší pravděpodobností zveřejněn v přílohách jiného, v době psaní tohoto příspěvku připravovaného metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních. Návrh tohoto textu byl na jaře 2011 rozeslán dotčeným orgánům k připomínkám a rovněž byl zveřejněn na internetových stránkách MŽP.**

**Následující text tedy uvádí nebo podrobněji komentuje jednotlivé části metodického pokynu tak, jak byl schválen ve formě certifikované metodiky, z jejíhož textu odborem ochrany vod MŽP připravovaný metodický pokyn vychází.**

### Základní informace

Zpracovaný metodický pokyn je určen osobám s odbornou způsobilostí podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů, vodoprávním úřadům, dále České inspekci životního prostředí, žadatelům o vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 38 odst. 7 vodního zákona, držitelům povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních (§ 38 vodního zákona) a ohlašovatelům vodních děl určených pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel, jejichž podstatnou součástí jsou výrobky označované CE (§ 15a vodního zákona).

K aplikaci textu metodického pokynu se přistupuje při vyjádření k žádosti o povolení k vypouštění odpadních vod z vodního díla přes půdní vrstvy do vod podzemních (§ 38 vodního zákona) nebo ohlášení vodního díla podle § 15a vodního zákona.

Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, jehož strukturu a obsah metodický pokyn stanovuje, bude rozhodujícím dokumentem při posuzování žádosti o povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních v případech, kdy jsou splněny všechny následující zákonné podmínky:

1. je posuzováno vypouštění odpadních vod, které neobsahují nebezpečné závadné látky nebo zvláště nebezpečné závadné látky (§ 39 odst. 3 vodního zákona) a které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činnosti v domácnostech,
2. tyto odpadní vody jsou vypouštěny z jednotlivých staveb pro bydlení a individuální rekreaci nebo z jednotlivých staveb poskytujících služby,
3. technicky nebo s ohledem na zájmy chráněné jinými právními předpisy není možné odpadní vody vypouštět do vod povrchových nebo do kanalizace pro veřejnou potřebu,
4. k vypouštění odpadních vod do vod podzemních dochází přes půdní vrstvy.

Cílem metodického pokynu je sjednocení obsahové náplně vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, která má za úkol posoudit a vyhodnotit vliv vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních. Předmětem vyjádření osoby s odbornou způsobilostí jsou tedy záměry realizace vodních děl, určených k nakládání s podzemními vodami podle § 38 odst. 7 vodního zákona, popř. vodní díla již realizovaná.

Metodický pokyn vychází z předpokladu, že osoba s odbornou způsobilostí obdrží kvalifikovaný návrh stavby (projektovou dokumentaci nebo její část) čistírny odpadních vod, doplněné vsakovacím prvkem, a příslušná projektová dokumentace zpracovaná na základě geologického průzkumu podle § 8 odst. 1 vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů, poskytne informace o vlastní ČOV a dále informace o podrobném umístění vsakovacího prvku, jeho konstrukci a geologických poměrech v místě stavby. Pokud tomu tak není a podklad dodaný pro vyjádření osoby s odbornou způsobilostí příslušné údaje v potřebné podrobnosti neposkytuje, provede osoba s odbornou způsobilostí nejdříve hydrogeologický průzkum pro účely umístění a návrhu vsakovacího prvku podle metodiky, která je uvedena v příloze B ČSN CEN/TR 12566-2 (Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systémy), a na základě tohoto průzkumu bude vypracováno vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v souladu s tímto metodickým pokynem.



## Pojem „vsakovací prvek“

Podle stávající zákonné úpravy je vypouštění odpadních vod do vod podzemních možné pouze přes půdní vrstvy. K tomuto vypouštění dochází – stejně jako v případě vsakování srážkových vod podle § 5 odst. 3 vodního zákona – s využitím vsakovacích prvků, pomocí kterých jediné dochází ke vstupu odpadní vody do půdních vrstev. Projektování těchto vsakovacích prvků probíhá zpravidla v souladu s ČSN CEN/TR 12566-2 (Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systémy) a ČSN 75 6402 (Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel), která v kapitole 12.4 pojednává o vsakování vyčištěných odpadních vod, v závislosti na místních podmínkách lze však volit i jiné varianty technického řešení vsakovacího prvku.

ČSN CEN/TR 12566-2 (ČSN 75 6404) doporučuje požadavky pro zemní infiltrační systémy, tj. infiltrační (vsakovací) do horninového prostředí. Kapitola 3.13 této normy definuje pojmy „infiltrace; vsakování“, a to jako „vsakování odpadních vod kolem místa, na které jsou vypouštěny“.

ČSN 75 6402 v kapitole 12.4 pojednává o vsakování vyčištěných odpadních vod.

Metodický pokyn proto částečně využívá pojmosloví jmenovaných norem. Pro účely metodického pokynu bylo pro zemní infiltrační systémy používané k vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních (nezávisle na typu systému) zvoleno označení „vsakovací prvek“.

## Pojem „půdní vrstva“

Pod pojmem půdní vrstva se pro účely tohoto metodického pokynu rozumí v souladu s články 3.24 a 3.25 ČSN CEN/TR 12566-2 jak „podorniči; spodina“ – horninový materiál mezi ornici a neskálním, popř. skálním podložím (subsoil), tak „ornice; humusový horizont“ – biologicky oživená svrchní část horninového prostředí (topsoil). Půdní vrstvou jsou tedy nezpěvněné kvartérní a terciérní uloženiny, staré zvětraliny a jejich sedimenty a zvětraliny hornin skálního podkladu. Půdní vrstva podle této definice tak zahrnuje jak biologicky oživenou část horninového profilu, tak níže ležící neoživenou zeminu, včetně případné příměsi horninového skeletu.

Příklady toho, co se rozumí půdní vrstvou pro účely vsakování odpadních vod, jsou patrné z obrázků převzatých z publikace [5] a uvedených v textu pokynu. Pro potřeby metodického pokynu se „půdní vrstvou“ rozumí půdní horizonty A a B, popř. B/C.

## Výchozí právní základna problematiky platná v době tvorby metodického pokynu

Vypouštění odpadních vod do vod podzemních je podle § 8 odst. 1 písm. c) a § 38 odst. 7 vodního zákona předmětem povolení k nakládání s podzemními vodami.

Stavba čistírny odpadních vod (§ 55 odst. 1 písm. c)) a stavba vsakovacího prvku (§ 55 odst. 1 písm. l)) jsou jako provedení vodního díla podle § 15 vodního zákona předmětem stavebního povolení.

K provedení vodního díla určeného pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel, jehož podstatnou částí je výrobek označovaný CE podle zvláštního právního předpisu<sup>(10)</sup>, postačí podle § 15a vodního zákona ohlášení vodního díla, jehož obsah je stanoven v § 15a odst. 2 vodního zákona<sup>(10c)</sup> § 11 až 13 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů). Povolení k nakládání s podzemními vodami podle § 8 odst. 1 písm. c) se v tomto případě nevydává. Povinnými doklady jsou podle § 15a odst. 2 písm. d) a g) vodního zákona popis způsobu vypouštění odpadních vod a vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vlivu takového vypouštění na jakost podzemních vod.

Doklady pro vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních pro potřeby jednotlivých občanů (domácností) nebo jeho změnu podle § 8 odst. 1 písm. c) vodního zákona stanovuje § 3e odst. 1 vyhlášky č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. Předepsaný formulář žádosti je uveden v příloze č. 4 této vyhlášky. Tento formulář se použije v případě povolení k vypouštění ze stávajícího vodního díla, na němž je plánována změna, která nevyžaduje stavební povolení.

Doklady pro vydání povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních pro potřeby jednotlivých občanů (domácností) a ke stavebnímu povolení k domovní čistírně odpadních vod potřebné k takovému vypouštění podle § 8 odst. 1 písm. c) a § 15 vodního zákona stanovuje § 11g odst. 1 vyhlášky č. 432/2001 Sb. ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. Předepsaný formulář žádosti je uveden v příloze č. 17 této vyhlášky. Tento formulář se použije v případě povolení k vypouštění z plánovaného vodního díla, které nesplňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona, nebo v případě povolení k vypouštění ze stávajícího vodního díla, které nesplňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona a na kterém je plánována změna, jež vyžaduje stavební povolení.

V obou případech, jedná-li se o vypouštění odpadních vod do vod podzemních, je podle § 9 odst. 1 vodního zákona a § 3e odst. 1 písm. d) a § 11g odst. 1 písm. d) vyhlášky č. 432/2001 Sb. povinným dokladem vyjádření osoby s odbornou způsobilostí<sup>(11)</sup>, které sestává ze zhodnocení možnosti a rozsahu ovlivnění

podzemních vod včetně jejich jakosti, pokud vodoprávní úřad ve výjimečných případech nerozhodne jinak<sup>(10)</sup> zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů).

Doklady k ohlášení vodního díla podle § 15a odst. 1 vodního zákona stanovuje § 15a odst. 2 vodního zákona. Vyhláška č. 432/2001 Sb. ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb. v tomto ohledu dosud nebyla novelizována.

V případě vypouštění z čistírny, která splňuje podmínky § 15a odst. 1 vodního zákona, s využitím vsakovacího prvku (stavba čistírny může podléhat pouze ohlášení, stavba vsakovacího prvku vyžaduje stavební povolení), se vzhledem k aplikaci ustanovení § 15a vodního zákona posuzují obě vodní díla jako vodní dílo jediné, přičemž domovní čistírna odpadních vod (výrobek označovaný CE) má charakter podstatné části tohoto vodního díla.

Osobou s odbornou způsobilostí se podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, rozumí odpovědný řešitel geologických prací (§ 3 odst. 1), který splnil podmínky odborné způsobilosti (§ 3 odst. 4) stanovené vyhláškou č. 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce, na základě čehož bylo tomuto řešiteli Ministerstvem životního prostředí vydáno osvědčení o odborné způsobilosti odpovědného řešitele geologických prací (§ 3 odst. 3).

Samostatnou kapitolou pokynu tvoří výčet relevantních právních předpisů a dokumentů, např. [1, 2, 3, 6 až 15].

## Obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí

V souladu s požadavky výše uvedených předpisů byla stanovena povinná osnova a obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k plánovaným realizacím vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 15a odst. 2 a § 38 odst. 7 vodního zákona a doporučené postupy vyhodnocení se zohledněním limitujících okolností. V případě posuzování změn již realizovaných vodních děl určených k vypouštění odpadních vod se postupuje podle této osnovy přiměřeně.

Použití podzemních vod jako recipientu odpadních vod nebude časté a bude zpravidla vyhrazené jen velmi malým a malým zdrojům znečištění, umístěným v místech, kde jiné řešení zneškodňování odpadních vod není možné. Rozsah a hloubka posuzování jednotlivých záměrů by měly odpovídat především míře rizika pro vodní ekosystém na konkrétní lokalitě, přičemž množství zneškodňovaných odpadních vod je nepochybně významným faktorem pro stanovení míry celkového rizika.

## Doporučené postupy vyhodnocení

Jedním z požadavků zadavatele bylo, aby metodický pokyn obsahoval i text pojednávající o doporučených postupech, jak vyhodnocovat shromážděné informace, resp. předložené vyjádření osoby s odbornou způsobilostí. Tato pasáž metodického pokynu je určena především pracovníkům vodoprávních úřadů, kteří mají ze zákona povinnost rozhodovat ve věci vypouštění odpadních vod do vod podzemních zejména na základě vyjádření osoby s odbornou způsobilostí a jejichž úkolem je víceméně přezkoumat předložené vyjádření z mnoha neopomenutelných hledisek.

## Charakteristiky jednotlivých hlavních bodů osnovy vyjádření

### A. Základní údaje

V této části je třeba uvést základní údaje o vodním díle. Uvede se identifikace zadavatele, resp. žadatele o povolení k vypouštění odpadních vod, identifikace zpracovatele vyjádření, specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení, stručný popis a lokalizace zdroje odpadní vody a vodního díla a místopisné určení zkoumaného území. Dále je třeba citovat projektovou dokumentaci vodního díla, která je podkladem pro zpracovávané vyjádření.

### B. Popisné údaje

#### B.1. Geografie

Uvede se geografické vymezení území včetně správního zařazení.

#### B.2. Odpadní voda (přítok na ČOV)

Popíše se způsob zásobování objektu vodou. Uvede se charakteristika a způsob užívání objektu – zdroje odpadní vody, počet ekvivalentních obyvatel (EO) a provoz objektu v průběhu roku. Dále se uvede odhadnuté množství vypouštěné nečištěné odpadní vody a její jakost, a to včetně případných sezonních výkyvů, a zhodnotí se možnosti zneškodňování nečištěné odpadní vody.

#### B.3. Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV)

Uvedou se základní informace o způsobu čištění množství a kvalitě vypouštěných odpadních vod, které jsou následně vsakovány, popíše se případná retenční vypouštěné odpadní vody před odtokem do vsakovacího prvku. Proveďte se srovnání kvality vypouštěných odpadních vod (navržených emisních limitů) s emisními standardy ukazatelů znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních stanovených nařízením vlády č. 416/2010 Sb.

V případě čištění odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN řady 7564 se uvede stručný popis čistírny a koncentrace

znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, případně i účinnost čištění podle výpočtů technologie uvedených v projektu. Seznam těchto norem je uveden v příloze č. 4 metodického pokynu.

V případě malých čistíren odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN EN řady 12566 se uvede stručný popis čistírny a účinnost čištění podle certifikátu výrobku. Seznam těchto norem a přehled přípustných schémat znázorňujících použití jednotlivých částí norem EN 12566 je uveden v příloze č. 3 metodického pokynu.

V případě čistíren odpadních vod nad 500 ekvivalentních obyvatel konstruovaných podle ČSN řady 7564 se uvede stručný popis čistírny a koncentrace znečištění ve vypouštěných odpadních vodách, popř. i účinnost čištění podle výpočtů technologie uvedených v projektu. Seznam těchto norem je uveden v příloze č. 4 metodického pokynu.

#### B.4. Vsakovací prvek

Popíše se vsakovací prvek, uvede se dlouhodobě přípustná hydraulická a látková zatížitelnost vsakovacího prvku a uvede se období, ve kterém má být vsakovací prvek v provozu. Uvedou se návrhové hodnoty hydraulického a látkového zatížení vsakovacího prvku.

#### B.5. Přírodní poměry lokality vypouštění

Popíší se geologické, hydrogeologické, hydrologické a hydrochemické poměry v posuzované lokalitě a další přírodní poměry zájmového území, jsou-li shledány důležitými pro výsledné posouzení.

#### C. Konceptuální model vypouštění

Bude rozpracován konceptuální model vypouštění, resp. popis chování vypouštěné odpadní vody v nesaturované zóně, místa vstupu vypouštěné odpadní vody do vody podzemní, chování podzemní vody v zóně saturace dotčené zvodně a popíše se rovněž pravděpodobné místo (místa) přirozené drenáže dotčené podzemní vody.

#### D. Limitující okolnosti

Popíší se existující požadavky z hlediska ochrany vodních zdrojů, přírody a krajiny a jiných relevantních okolností.

#### E. Dopady a rizika vypouštění odpadní vody

Zhodnotí se vliv vypouštěné odpadní vody a jeho dopady na množství a kvalitu podzemních vod, povrchových vod, dopady na chráněná území a ostatní možné dopady. Popíší se rizika, která by s sebou mohlo vypouštění nést.

#### F. Vyhodnocení

Zhodnotí se všechny výše uvedené skutečnosti, uvede se odborné doporučení minimalizace negativních dopadů vypouštění odpadních vod. Vyhodnotí se vhodnost, resp. přípustnost vsakovacího prvku. Uvede se výčet případných podmínek pro vyjádření souhlasného nebo podmíněného souhlasného stanoviska.

#### G. Vyjádření

Zformuluje se jasné stanovisko k možnosti vypouštění odpadních vod do vod podzemních a dále datum, jméno, podpis a razítko osoby s odbornou způsobilostí.

#### H. Přílohy

K vyjádření bude přiložena přehledná mapa zájmového území, podrobná mapa lokality vypouštění, přehled použité literatury a podkladů použitých pro zpracování posouzení a popř. další přílohy, pokud jsou tyto přínosné pro objasnění problematiky nebo jako podpůrný argument pro závěrečné stanovisko. V případě, že součástí zpracování vyjádření byly i vlastní průzkumné práce (sondování, terénní měření, laboratorní analýzy a zkoušky, terénní hydrodynamické zkoušky atp.), přiloží se i dokumentace těchto prací, pokud si jejich rozsah nevynutí zpracovat samostatnou závěrečnou zprávu.

Názorné schéma obsahu jednotlivých základních bodů až do 3. úrovně osnovy vyjádření uvádí *tabulka 1*.

Povinná detailní osnova včetně komentářů je zpracována v příloze č. 1 metodického pokynu s tím, že struktura celého vyjádření tak, jak je zpracována, je přímo použitelná jako vzor vyjádření, který lze přímo vyplňovat.

V úvodu vzoru vyjádření je deklarováno, že v případě všech relevantních kategorií (B až E) se uvádí zdroj nebo způsob zjištění uvedených informací (terénní měření, výpočty, databáze...), v případě konkrétních citací je třeba vždy uvést odkaz na literaturu a další podklady uvedené v příloze č. 3 samotného vyjádření.

Konkrétní body vyjádření označené znakem „\*“ se vyplňují pouze v případě, že je jejich hodnota známa nebo jejich uvedení shledáno opodstatněným.

#### Příklady limitujících okolností, které významně ovlivňují vyhodnocení a závěry

V příloze č. 2 metodického pokynu jsou uvedeny limitující okolnosti, za nichž nelze s vypouštěním odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních v posuzovaném případě vyjádřit souhlasné stanovisko, přičemž k vyjádření zamítavého stanoviska stačí výskyt jedné z níže uvedených okolností. Cílem této části textu bylo vytvořit souhrn známých limitujících

**Tabulka 1.** Přehledné schéma obsahu vyjádření osoby s odbornou způsobilostí

1. úroveň osnovy	2. úroveň osnovy	3. úroveň osnovy	
A. Základní údaje	A.1. Identifikace zadavatele		
	A.2. Identifikace zhotovitele		
	A.3. Specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení		
	A.4. Popis a lokalizace zdroje a vodního díla		
	A.5. Místopisné určení posuzovaného území		
	A.6. Identifikace projektové dokumentace (PD)		
B. Popisné údaje	B.1. Geografické situování posuzované lokality		
	B.2. Odpadní voda (přítok na ČOV)		
	B.3. Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV)		
	B.4. Vsakovací prvek		
	B.5. Přírodní poměry lokality vypouštění	B.5.1. Geologické poměry	
		B.5.2. Hydrogeologické poměry	
B.5.3. Hydrologické poměry			
B.5.4. Hydrochemické poměry			
B.5.5. Ostatní			
C. Konceptuální model vypouštění	C.1. Nesaturovaná zóna		
	C.2. Místo vstupu vypouštěné odpadní vody do vody podzemní		
	C.3. Zóna saturace		
	C.4. Přirozená nebo umělá drenáž podzemní vody		
D. Limitující okolnosti	D.1. Zdroje potenciálně dotčených podzemních vod		
	D.2. Zdroje potenciálně dotčených povrchových vod		
	D.3. Ochrana přírody a krajiny		
	D.4. Ostatní okolnosti		
E. Dopady a rizika vypouštění odpadní vody	E.1. Dopad na podzemní vody		
	E.2. Dopad na povrchové vody		
	E.3. Dopad na chráněná území a další ekosystémy		
	E.4. Ostatní možné dopady		
F. Vyhodnocení	F.1. Vyhodnocení		
	F.2. Podmínky pro vyjádření souhlasného nebo podmíněného souhlasného stanoviska		
G. Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí			
H. Přílohy	Příloha č. 1: Přehledná mapa zájmového území		
	Příloha č. 2: Podrobná mapa lokality vypouštění		
	Příloha č. 3: Výběr použité literatury a podkladů		
	Přílohy č. 4 až X		

faktorů, které vyplývají přímo z právních předpisů, doporučených normových hodnot i zavedené praxe, jakými jsou například:

- dosažitelnost kanalizace nebo vhodných povrchových vod jako recipientu,
- existence ochranného pásma vodního zdroje I. stupně,
- nízká propustnost horninového prostředí,
- vysoká hladina podzemní vody,
- riziko podmáčení či statického narušení staveb v okolí,
- přítomnost kontaminovaného místa,
- nesplnění minimálních návrhových kritérií stanovených v kapitolách 6.2.3.1 a 6.2.3.2 ČSN EN 12566-2 apod.

#### Související normy

Jak je již uvedeno v bodu B.3 vyjádření (Vypouštěná odpadní voda (odtok z ČOV)), přílohy č. 3 a 4 obsahují výčet norem pro stavbu vodního díla – malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel, resp. čistírny odpadních vod nad 50 ekvivalentních obyvatel. Součástí přílohy č. 3 je i tabulkové schéma znázorňující použití částí norem EN 12566 při skladbě čistících prvků vodního díla. Toto schéma zobrazuje *tabulka 2*.

#### Závěr

Nepřímé vypouštění odpadních vod do vod podzemních (vsakování) může mít opodstatnění u rozptýlené zástavby, kde není ekonomické budovat a provozovat kanalizační systém s centrální čistírnou odpadních vod, kde nejsou v dosahu vhodné povrchové vody, které by sloužily jako recipient vypouštěných odpadních vod, nebo kde není vhodné odpadní vody přímo vypouštět (např. vody s výskytem citlivých vodních organismů). Vybudování domovní čistírny se vsakováním vycištěných odpadních vod představuje v takové situaci, vedle pravidelného vyvážení jímkou fekálními vozy, investičně i provozně přijatelné řešení, jehož vhodnost ovšem závisí na posouzení vlivů na podzemní vody. Sledováním lokalit vsakování předčištěných odpadních vod z menších obcí byla potvrzena velmi významná redukce znečištění odpadních vod hlavními kontaminanty vlivem procesů doprovázejících vsakování odpadních vod do horninového prostředí. Výsledky výzkumu mj.

**Tabulka 2.** Schéma znázorňující použití částí norem EN 12566

Zdroj	Přítok	Malá ČOV do 50 EO podle ČSN EN 12566			Odtok	Vypouštění	
Jednotlivá stavba pro bydlení a individuální rekreaci nebo poskytující služby	Splaškové (domovní) odpadní vody	Prefabrikovaný septik (viz EN 12566-1)	Předčištěné odpadní vody	Filtrační systém (viz CEN 12566-5)	Vyčištěné odpadní vody*	Zemní infiltrační systém (vsakovací prvek) (viz CEN 12566-2)	Infiltrace (vsakování) do horninového prostředí
		Septik montovaný z prefabrikovaných dílců na místě (viz EN 12566-4)		Filtrační systém (viz CEN 12566-5)			
		Balená a/nebo na místě montovaná domovní ČOV (viz EN 12566-3)					
		Balená a/nebo na místě montovaná domovní ČOV (viz EN 12566-3)	Předčištěné odpadní vody	Filtrační systém (viz CEN 12566-5)			

\* – hodnoty znečištění nesmí překročit emisní standardy „m“ stanovené v příloze č. 1 nařízení vlády

Poznámka č. 1: Národní předpisy mohou stanovit i jiná uspořádání výrobků popsaných v částech norem EN 12566

Poznámka č. 2: Nesoulad mezi v tabulce uvedenými schémata a schémata v normách EN 12566 vychází z toho, že samotný septik má účinnost čištění cca 30 %, což pro zdroje do 500 EO neodpovídá emisním standardům koncentračním ani účinnostním podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů (viz kapitola Zařízení pro individuální čištění Metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.)

doložily, že vsakování může být z technických podmínek ke kvalitě povrchových vod významně šetrnější, než obvyklé přímé vypouštění odpadních vod do vod povrchových, které je mnohem častěji povolováno a realizováno a zákonem upřednostňováno [4].

Spojením výše uvedených poznatků a odborných zkušeností a také striktních požadavků zákona a dalších předpisů ve věci vypouštění odpadních vod do vod podzemních, resp. zadavatele zastoupeného odborem ochrany vod MŽP, vznikl text, který – jak jeho tvůrci doufají – bude vhodným nástrojem jak pro formální sjednocení obsahu jednotlivých vyjádření osob s odbornou způsobilostí, tak pro pracovníky vodoprávních úřadů v rámci povolenacích řízení.

#### Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory výzkumného záměru MZP0002071101, který byl financován Ministerstvem životního prostředí.

#### Literatura

- [1] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Zákon č. 150/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Nařízení vlády č. 416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- [4] Eckhardt, P. a Poláková, K. Kliv vsakování předčištěných odpadních vod na povrchové vody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2010, roč. 52, č. 5, s. 9–12, příloha *Vodního hospodářství* č. 10/2010, ISSN 0322-8916.
- [5] Tomášek, M. Půdy České republiky. Praha: ČGÚ, 2000.
- [6] Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů.
- [7] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [8] Vyhláška č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.
- [9] Vyhláška č. 206/2001 Sb., o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.
- [10] Vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení, souhlasů a vyjádření vodoprávního úřadu, ve znění vyhlášky č. 40/2008 Sb.
- [11] Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů.
- [12] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.
- [13] Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

- [14] Metodický návod odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k postupu vodoprávních úřadů v souvislosti se zánikem povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních.
- [15] Metodický pokyn ČAH č. 1/2008 Vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k zasakování odpadních vod do půdních vrstev.
- [16] Zákon č. 211/2009 Sb., úplné znění zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu a vývoje z veřejných prostředků a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o podpoře výzkumu a vývoje), jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 41/2004 Sb., zákonem č. 215/2004 Sb., zákonem č. 342/2005 Sb., zákonem č. 413/2005 Sb., zákonem č. 81/2006 Sb., zákonem č. 227/2006 Sb., zákonem č. 171/2007 Sb., zákonem č. x296/2007 Sb., zákonem č. 124/2008 Sb. a zákonem č. 110/2009 Sb. (zákon o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací).

*Obligatory content of the deliverance of a person with professional competence on waste water discharge into groundwater via rock environment (Poláková, K.; Eckhardt, P.)*

#### Key words

*guideline – deliverance of a person with professional competence – infiltration – contamination – groundwater – surface water – waste water – rock environment*

**This article summarizes information on the creation process and content of the certified methodology named Water Protection Department of the Ministry of the Environment Guideline defining obligatory content of the deliverance of a person with professional competence on waste water discharge into groundwater according to the Czech Act on Water. Its aim is to unify obligatory content of the deliverance of a person with professional competence in hydrogeology. The purpose of this deliverance is to make a survey and to assess influence of waste water discharge into groundwater via rock environment. This certified methodology became one of the sources of the Guideline to the Governmental Decree No. 416/2010 Coll. prepared by the Department of water protection of the Czech Ministry of the Environment.**

**Ing. Kateřina Poláková, Mgr. Pavel Eckhardt**  
VÚV TGM, v.v.i., Praha  
Katerina.Polakova@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

**Článek byl uveřejněn ve VTEI, 2011, č. 5, příloze Vodního hospodářství č. 10/2011, ve znění, které nepřihlédlo k dodatečným autorským úpravám rukopisu. Redakce se za toto nedopatření omlouvá a uveřejňuje správnou verzi článku.**

## Nová publikace VÚV

Ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v.v.i., vychází publikace:

### Možnosti zmírnění dopadů klimatické změny na povodí Rakovnického potoka (Kašpárek, L. aj.)

Z pozorování meteorologických veličin (zejména teploty vzduchu) vyplývá, že na území České republiky dochází v několika posledních desetiletích k významné změně klimatu. Proto je stále větší důraz kladen na hledání efektivních možností jak její dopady eliminovat či omezit. Platí to zejména pro odvětví, která jsou klíčovými a jeho vývojem bezprostředně ovlivněna. Mezi

ně patří také významné sektory vodního hospodářství a zemědělství.

Na evropské úrovni se na adaptaci na změnu klimatu zaměřily dva dokumenty, tzv. Zelená kniha (2007), která je obecným materiálem, a Bílá kniha (2009) s názvem „Přizpůsobení se změně klimatu: směřování k evropskému akčnímu rámci“, která již navrhuje konkrétní postupy v rámci EU. Jejím základem je návrh na vytvoření dvoufázového strategického rámce pro přizpůsobení se změně klimatu v EU. V počáteční fázi je plánováno vybudovat pevnou znalostní základnu a šířit informace v rámci členských států, dalším důležitým krokem je zhodnocení a následná integrace adaptačních opatření do klíčových oblastí politik EU a posílení mezinárodní spolupráce v problematice adaptace. V rámci následující fáze se zhodnotí dosažené výsledky a zváží další strategický postup. Bílá kniha se zaměřila zejména na odvětví zemědělství, zdraví a problematiky vody, pobřeží a moří.

Hlavním cílem Bílé knihy je zmenšení zranitelnosti lidí a ekosystémů v důsledku změny klimatu. Hlavní očekávané výsledky jsou:

- tvorba systémů pro výměnu informací o adaptaci na změny klimatu,
- tvorba strategií a opatření pro adaptaci na změny klimatu,
- větší kapacita pro vyhodnocení zranitelnosti v důsledku změn klimatu,
- větší informovanost o adaptaci na změny klimatu a vzdělávání v této oblasti.

V rámci České republiky byl vzestup teploty vzduchu, který se již projevil na celém jejím území, z hlediska hydrologické bilance na většině území doprovázen mírným zvětšením srážek, které postačily dotovat zvýšený výpar, a odtok z povodí se tak nezmenšoval. Na území Středočeského kraje však srážky spíše klesaly. Ze 12 let z období 1998–2009 byly jen ve dvou letech roční úhrny nad normálem. Ve většině let oblast s podprůměrnými srážkami zasahuje i část Ústeckého kraje, zejména dolní část povodí Ohře. Jedná se o území charakterizované nejmenšími dlouhodobými úhrny srážek v Čechách. Výsledky z vodoměrných pozorování na povodích ležících v této oblasti pak ukazují výrazně klesající trend průtoků až do hodnot blízkých nule.

Jedním z takových případů je povodí Rakovnického potoka, kde při posudku zabezpečení bilančního stavu (v daném profilu Rakovník jde o zachování minimálního průtoku) je již současný stav charakterizován jako pasivní, tj. nevyhovující požadavkům ČSN 75 2405. Na nepříznivý stav hydrologické bilance, která se v povodí Rakovnického potoka projevuje nejen v odtokových poměrech, ale i nedosahováním optimálních výnosů zemědělských plodin v důsledku sucha, upozornila představitelka Ministerstva zemědělství ČR a následně i VÚV TGM, v.v.i., Zemědělská agentura Rakovník.

Jako reakci na uvedené skutečnosti jsme navrhli pro povodí Rakovnického potoka (jako pilotní případ) provést výzkum, spočívající v analýze vývoje klimatických a hydrologických poměrů v rozsahu celého povodí, v odhadu jejich vývoje pro nejbližší desetiletí a v návrhu opatření pro zlepšení nepříznivé vodní bilance. V soutěži Programu výzkumu v agrárním sektoru s počátkem řešení v roce 2009, který vypisala Národní agentura pro zemědělský výzkum, projekt Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulační schopnosti v povodí Rakovnického potoka (pilotní projekt) uspěl. Projekt byl řešen v letech 2009–2011, na řešení se podílel Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., (koordinátor) a Česká zemědělská univerzita v Praze. Spolupracovali i pracovníci Českého hydrometeorologického ústavu, který také poskytl meteorologická a hydrologická data. Předkládaná publikace shrnuje získané poznatky z celé doby řešení, tj. ve stručnější formě i ty, které jsou obsahem periodických zpráv za roky 2009 a 2010. Výsledky projektu přispívají na regionální úrovni k řešení bodu „tvorba strategií a opatření pro adaptaci na změny klimatu“ uvedeného v Bílé knize.

Získané poznatky a zkušenosti byly využity jako podklad k sestavení metodiky pro tvorbu opatření směřujících primárně ke zvýšení akumulační

schopnosti povodí a zabezpečujících požadavky na užívání vody. Metodika je uvedena v kapitole 2, kromě možnosti zvýšení akumulace vody se zabývá i dalšími aspekty, které souvisejí se zlepšením hydrologických poměrů a vodohospodářské bilance povodí.

Pilotní studie Rakovnického potoka je obsahem kapitoly 3. Zahrnuje komplexní popis povodí, analýzu trendů meteorologických a hydrologických veličin a odhad jejich dalšího vývoje, zpřesnění znalostí o plošné a časové proměnlivosti hydrologických veličin, analýzu příčin současných dopadů klimatické změny, zpřesnění znalostí o extrémních povodních a posouzení různých typů adaptačních opatření (agrotechnické změny v povodí, akumulační nádrže, převody vody). Na základě posouzení jejich účinnosti pro zvětšení akumulační i retenční schopnosti byly podrobněji navrženy varianty akumulačních nádrží i agrotechnické úpravy v povodí. Jejich návrh je zpracován jako samostatný mapový materiál. Vzhledem k tomu, že v povodí Rakovnického potoka jsou využívány převážně podzemní vody, byla velká pozornost věnována zpřesnění znalostí o prostorovém i časovém rozložení hladiny podzemní vody, zpřesnění odhadů přírodních zásob podzemní vody i vztahům podzemní vody a průtoků říční sítě. V závěru studie jsou stručně shrnuty základní výsledky výzkumu a doporučena prioritní adaptační opatření.

Z oboru hydrologie jsou ve VÚV TGM, v.v.i., k dispozici také další publikace, které lze objednat v redakci:

**Katastrofální povodeň v ČR v srpnu 2002.** VÚV, 2005, ISBN 80-7212-350-3.

**Jarní povodeň 2006 v České republice.** VÚV, 2006, ISBN 80-85900-61-0, též v anglické verzi.

**Influence of large reservoirs in the Elbe River basin.** VÚV, 2006, ISBN 80-85900-60-2.

**Climate Change and Water Regime in the CR** (sborník). VÚV, 2006, ISBN 80-85900-63-7.

**Vodní zdroje vnitrosudetské pánve.** Výsledky česko-polské spolupráce při monitoringu a modelování (1975–2004). VÚV 2006, ISBN 80-85900-58-0, též v angličtině.

**Teploty vody v tocích ČR.** VÚV, 2009, ISBN 978-80-85900-91-0.

**Vodní bilance v podmínkách klimatické změny v povodí horní Metuje.** VÚV 2009, ISBN 978-80-85900-94-1.

**Současné cíle a výsledky aplikovaného hydrologického výzkumu.** Mimořádné číslo VTEI II/2010, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2010.

**Aktuální výsledky současného hydrologického výzkumu.** Mimořádné číslo VTEI III/2011, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2011.

**Redakce**

## Semináře VÚV TGM, v.v.i.

**20. 3.** Výsledky a závěry projektu VaV SP/2f2/98/07 – Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů • VÚV TGM Ostrava<sup>2)</sup>

**22. 3.** Řeky bez hranic – dlouhodobý nepříznivý vliv rakouské Pulkavy na jakost vody v Dyji– Dlouhodobé sledování vlivu soustavy nádrží Dalešice–Mohelno na změny hydrobiologických ukazatelů řeky Jihlavy– Malé vodní toky v zemědělské krajině a v lesních povodích • VÚV TGM Praha<sup>1)</sup>

**19. 4.** Výzkumné projekty řešené v oblastech vodního a odpadového hospodářství v rámci pobočky Ostrava v roce 2011 • VÚV TGM Praha<sup>1)</sup>

**24. 5.** Významné výsledky výzkumného záměru o hospodaření s odpady z let 2005–11 • VÚV TGM Praha<sup>1)</sup>

**7. 6.** Vliv těžby a zpracování uranových rud na kontaminaci hydrosféry v povodí řeky Svratky • VÚV TGM Brno<sup>2)</sup>

**13. 6.** Výsledky a výstupy projektu – Metodické řízení monitorování a hodnocení stavu útvarů povrchových vod tekoucích (2010-2011) • VÚV TGM Ostrava<sup>2)</sup>

**14. 6.** Povodně z přivalových srážek, metoda kritických bodů, aplikace, ověření v terénu; Automatizace postupu stanovení potenciálních povodňových škod v prostředí GIS • VÚV TGM Brno<sup>2)</sup>

**21. 6.** Migrace organismů v říční síti • VÚV TGM Praha<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Praha 6, Podbabská 30 – kinosál v bud. C; 14:00 hod.

<sup>2)</sup> Brno-Královo Pole, Mojžírovo nám. 16 – zasedací místnost; 13:00 hod.

<sup>3)</sup> Ostrava, Macharova 5 – zasedací místnost; 10:00 hod.

**VTEI**

**VODOHOSPODÁŘSKÉ  
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE**

**Water Management Technical and Economical Information**

**Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti  
vodního hospodářství**

**Redakční rada:** RNDr. D. Baudišová, Ph.D., Ing. Š. Blažková, DrSc.,  
Ing. P. Bouška, Ph.D., prof. Ing. A. Grünwald, CSc., doc. Ing. A. Havlík, CSc.,  
prof. Ing. P. Pitter, DrSc., prof. RNDr. A. Sládečková, CSc.,  
prof. Ing. J. Zezulák, DrSc.

**Ročník 54**

**ISSN 0322 - 8916  
MK ČR 6365**

**VÚV  
TGM**

**Výzkumný ústav vodohospodářský  
T. G. Masaryka, v.v.i.  
Podbabská 30  
160 00 Praha 6  
IČO 00020711**

**Kontakt:** Mgr. S. Garciova  
tel.: 220 197 282, e-mail: garciova@vuv.cz