

## VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

### Historie a současnost Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka

V roce 2009 si Výzkumný ústav vodohospodářský připomene 90. výročí své existence. Rád bych v tomto příspěvku stručně zhodnotil jeho současnou činnost a zároveň vzpomenu i jeho bohatou historii.

Rok 2008 byl prvním uceleným rokem chodu VÚV T.G.M., v.v.i., v nových podmínkách po provedené a dokončené transformaci na veřejnou výzkumnou instituci.

Od 1. 1. 2008 byli jmenováni a zahájili svou činnost noví vedoucí odborů na základě konkurzů uskutečněných v závěru roku 2007, včetně nově zřízeného odboru aplikované ekologie. Od 1. 1. 2008 byl také jmenován nový hlavní řešitel výzkumného záměru MZPO002071101 „Výzkum a ochrana hydrosféry“. Osvědčilo se nově optimalizované organizační uspořádání, včetně důsledně zaváděného a uplatňovaného principu subsidiarity systému řízení a odpovědností, a ústav z tohoto hlediska obstál.

Novým mzdovým předpisem, schváleným Radou VÚV T.G.M., v.v.i., a platným také od 1. 1. 2008, byly vytvořeny motivační podmínky pro všechny pracovníky tak, aby jejich činnost byla v souladu nejen s požadovanými výstupy podle metodiky hodnocení výzkumu a vývoje RVVV, ale také s požadavky na vyhledávání, podávání a získávání nových projektů. Právě v této oblasti byl ústav v roce 2008 mimořádně úspěšný.

Podařilo se získat celou řadu nových výzkumných projektů od různých grantových agentur a poskytovatelů a úspěšnost přijatých nabídek v oblasti hlavní, tedy výzkumné činnosti překročila 75 procent. VÚV T.G.M., v.v.i., uspěl ve výběrovém řízení a získal významnou zakázku „Podpora výkonu státní správy v oblasti ochrany vod“ na období 2008–2012. A v neposlední řadě se podařilo získat celou řadu komerčních zakázek, které umožňují praktickou aplikaci výsledků řešení výzkumných projektů.

Samostatnou kapitolou byla problematika situačního a referenčního monitoringu – VÚV T.G.M., v.v.i., zabezpečil schválené programy situačního a referenčního monitoringu pro rok 2008 v plném rozsahu, a to i přes přetrvávající problémy s jejich financováním. Podařilo se až na výjimky provést veškeré analýzy vlastními silami a eliminovat míru subdodávek, především díky nově zaváděným metodám stanovení s využitím moderní laboratorní techniky, především pak kapalinového chromatografu HPLC-MS/MS na principu trojitého kvadrupolu s lineární iontovou pastí a on-line SPE, který byl zakoupen v prvních měsících roku 2008.

Zaměstnanci VÚV T.G.M., v.v.i., uplatnili výsledky své práce na mnoha mezinárodních konferencích a zahájili aktivní komunikaci s mezinárodní odbornou veřejností. Z celé řady akcí zmíním jen Magdeburský seminář (říjen 2008, Magdeburk), kde se ústav prezentoval největším počtem přednášek a posterů ze všech zúčastněných organizací. Bylo znovu obnoveno aktivní členství ve sdružení výzkumných ústavů v oblasti vod členských zemí EU – Euroaqua a dále se VÚV T.G.M., v.v.i., stal zástupcem ČR ve sdružení Global Water Partnership.

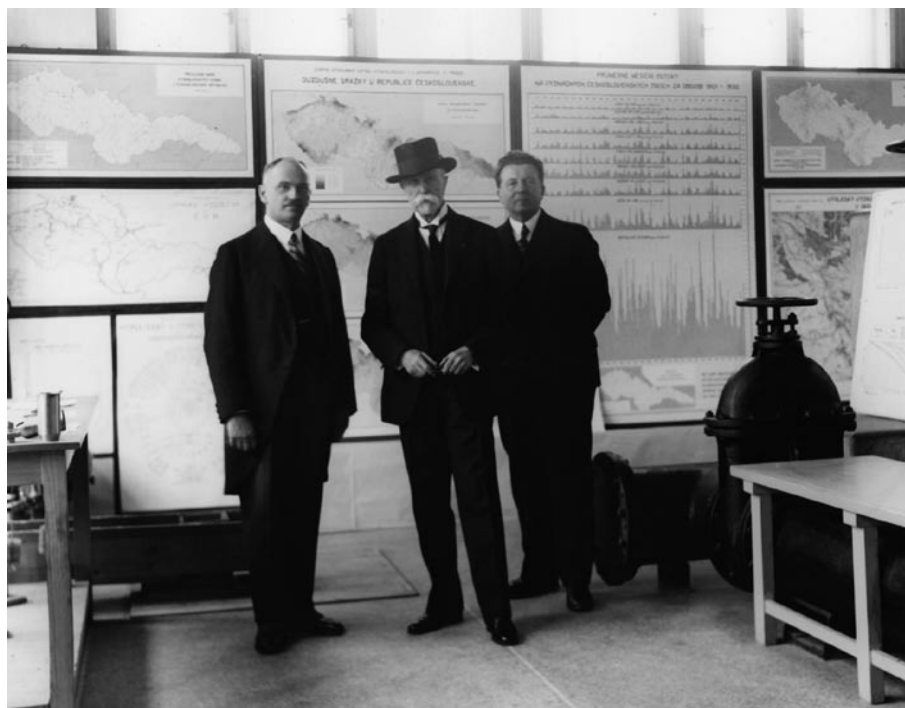
V roce 2008 probíhaly intenzivní práce na zavádění systému jakosti ISO 9001:2000 a v prvních měsících roku 2009 bude proveden certifikační audit. V tomto smyslu byly přepracovávány všechny interní předpisy a vytvořena celá řada nových, pokračovala také intenzivní práce na vytvoření nové strategie VÚV T.G.M., v.v.i., na období 2009–2012 v nových podmínkách činnosti ústavu.

Z pohledu hospodaření byl rok 2008 úspěšný. Nejenže byly bez významnějších problémů zavedeny všechny zákonné povinnosti z oblasti účetnictví a DPH, včetně účetní uzávěrky roku 2007 ověřené auditorem, ale bylo také zajištěno plynulé financování veškerých činností ústavu, včetně investičních akcí. V roce 2008 bylo dosaženo slušného zisku a za nejpodstatnější považují růst dlouhodobě podhodnocené průměrné mzdy, samozřejmě diferencovaný na základě výsledků práce jednotlivců.

Co čeká VÚV T.G.M., v.v.i., v roce 2009? Plynulé pokračování řešení výzkumných projektů, grantů, komerčních zakázek a zabezpečení všech činností, které mají vliv na chod ústavu. Aktivní vystupování, prezentace výsledků výzkumu a vývoje v mezinárodních a národních periodikách, na konferencích a seminářích. Zavedení nového ekonomického softwaru, zpracování projektové dokumentace dostavby pobočky v Ostravě a její zahájení, certifikace ISO 9001:2000, zavedení videokonferencí, vytvoření nových internetových stránek atd. Za hlavní však lze označit dvě aktivity. První je problematika získávání projektů financovaných z prostředků EU, a to v rámci operačních programů v České republice, ale také 7. Rámcového programu výzkumu a vývoje EU a dalších finančních mechanismů podporujících výzkum a vývoj v oblasti vod a odpadů. Druhou je 90. výročí založení ústavu. Při této příležitosti bude uspořádána celá řada akcí, které budou ilustrovat vývoj Výzkumného ústavu vodohospodářského od jeho založení do dnešních dnů. Rád bych proto i na tomto místě zrekapituloval hlavní mezníky devadesáti let existence ústavu:

Ústav byl založen jako Státní ústav hydrologický usnesením ministerské rady z 19. prosince 1919. Mohl ve svém působení navázat na vodohospodářskou tradici v českých zemích – na práci Hydrografické kanceláře pro Království české založené v 19. století a také na činnost ČVUT v Praze a ČVŠT v Brně.

Organizační práce byly zahájeny 13. 10. 1920 podle ideového návrhu dr. ing. Jana Smetany. Výzkumné práce byly limitovány nevyhovujícím rozmístěním pracovišť ústavu. Proto se již od roku 1921 uvažovalo o výstavbě nové budovy v Praze. Navrženy byly dvě varianty – na ostrově Štvanici a v Podbabě. Na schůzi Státní regulační komise 16. 11. 1921 předložil dr. ing. Jan Smetana předběžný návrh na umístění ústavu



Návštěva prezidenta T. G. Masaryka v ústavu v r. 1933



**Areál ústavu v Podbabě v r. 1930**

v Podbabě. Autorem definitivního architektonického řešení je architekt František Bartoš.

Se stavbou se začalo až v r. 1927. Nejprve byl dokončen 220 metrů dlouhý tárovací žlab pro cejchování hydrometrických vrtulí (1930), pak budova A s hydrotechnickou laboratoří. V té době měl ústav 34 zaměstnanců.

Soustavný výzkum podzemních vod si v roce 1926 vyžádal zřízení chemické laboratoře. Později byla laboratoř doplněna laboratoří bakteriologickou, a tak vzniklo z chemické laboratoře samostatné oddělení chemie a bakteriologie vody.

Protože se ve výzkumném programu stále častěji objevovaly i úkoly hydrotechnického charakteru, bylo rozhodnutím Ministerstva veřejných prací z 18. srpna 1925 schváleno zřízení hydrotechnického ústavu a usnesením ministerské rady z 8. února 1930 byly oba ústavy pojmenovány Státní výzkumné ústavy hydrologické a hydrotechnické T. G. Masaryka.

Protože pro řešení požadovaných úkolů kapacita budovy nestačila, byla vybudována budova B, s jejíž stavbou se započalo v roce 1931; dokončena byla roku 1933.

Po dobudování areálu ústavu se tedy mohli výzkumní pracovníci plně věnovat svým úkolům, jež byly definovány v zakládací listině. Měli provádět:

- vědecký výzkum vod ovzdušných, povrchových a podzemních a výzkum jejich vzájemné souvislosti, zaměřený na řešení otázek účelného využití vody a ochrany před ní,
- výzkum všeobecných zákonů pohybu vody v otevřených korytech, potrubích a zeminách,
- pokusy, které mají za účel, aby vodní stavby stavebně inženýrské byly účelně vytvořeny a uspořádány po stránce hydraulické, a tím i stavební,
- pokusnictví v oboru podzemních vod,
- pokusnictví v oboru mechaniky zemin a zemních staveb ve vztahu k vodě,
- pokusy s vlekem těles ve vodě,
- zkoušky výkonnosti vodních motorů,
- pokusnictví v oboru hydrometrie.

Podobné výzkumné úkoly představovaly v omezené míře i náplň práce ústavu za okupace. Ústav měl tehdy 79 zaměstnanců sdružených do šesti oddělení.

V roce 1942 bylo zřízeno vodohospodářské pracoviště v Ostravě pověřené sledováním zhoršující se jakosti vody řeky Odry a jejich přítoků způsobené zvyšujícím se množstvím městských a průmyslových odpadních vod.



**Pražský areál ústavu v období povodně r. 2002**



**Současný vzhled ústavu**

Kromě dosavadního zaměření na hydrologii a hydrotechniku došlo po r. 1945 k posílení kapacity ve prospěch úkolů zdravotně vodohospodářských. Zároveň se v té době rozvíjí hydroenergetická výstavba, což přináší ústavu řadu nových úkolů. K jejich zvládnutí je třeba ústav rozšířit a modernizovat – proto se staví třetí provozní budova s novou hydrotechnickou laboratoří.

Narůstající vodohospodářské problémy na jižní a střední Moravě vedly v roce 1949 k vyčlenění pracovníků bývalého Zemského národního výboru v Brně a vytvoření samostatného pracoviště, které se po dvou letech stalo součástí nově ustaveného Výzkumného ústavu vodohospodářského.

Všechny tyto změny byly fixovány organizačně zákonem č. 261/49 Sb., ze dne 9. ledna 1951, jímž byl zřízen Výzkumný ústav vodohospodářský v Praze s pobočkou v Bratislavě jako resortní výzkumný ústav. Jednou z podstatných změn bylo odpojení hydrologické a meteorologické služby od výzkumu a jejich převedení nejprve do Vodohospodářských rozvojových středisek a od 1. ledna 1954 do nově vytvořeného Hydrometeorologického ústavu.

Další organizační změny přinesl konec šedesátých let. Bratislavská pobočka ústavu se díky rozšíření odborné náplně i rozsahu výzkumných prací stala v rámci federalizace v roce 1968 samostatným ústavem (Výzkumný ústav vodního hospodářství) a detašovaná pracoviště v Brně (založeno 1949) a Ostravě (založeno 1942) získala statut poboček VÚV.

Koncem roku 1975 bylo rozhodnuto o spojení rozvojové skupiny z podniku Vodohospodářský rozvoj a výstavba se Střediskem pro rozvoj vodního hospodářství a o začlenění takto vzniklého útvaru do VÚV, k čemuž došlo 1. ledna 1976.

Po roce 1989 byl ústav převeden do působnosti nově vzniklého Ministerstva životního prostředí ČR jako jedna z prvních odborných institucí pro jednotlivé složky životního prostředí. Hned v následujícím roce bylo do názvu ústavu vráceno jméno T. G. Masaryka, které nesl od roku 1930.

V roce 1992 bylo dokončeno soustředění všech pražských pracovišť do areálu v Podbabě a od roku 1993 ústav přestal být rozpočtovou institucí a přešel na formu státní příspěvkové organizace. V roce 1999 byla činnost ústavu rozšířena o problematiku odpadů.

V srpnu 2002 byl ústav postižen katastrofální povodní, jejíž důsledky byly řešeny téměř tři roky. V roce 2005 byla zahájena činnost v nové budově laboratoří pro oblast vody, odpadů a dalších složek životního prostředí v Praze-Podbabě a v následujícím roce se nových prostor dočkala i pobočka v Brně.

K 1. lednu 2007 se opatřením ministra životního prostředí č. 12/2006 stal ústav veřejnou výzkumnou institucí. Na tomto místě historického vývoje bychom se mohli vrátit k prvním řádkům tohoto textu.

Závěrem bych chtěl poděkovat všem pracovníkům VÚV T.G.M., v.v.i., kolegům a partnerům za spolupráci a práci provedenou v roce 2008. Doufám, že ústav je stejně jako v předchozích desetiletích své existence z hlediska profesionality a odborné erudice svých pracovníků stabilní základnou výzkumu vod a odpadů a bude jí i nadále, a to jak pro zaměstnance ústavu, tak pro naše partnery.

**Mgr. Mark Rieder**  
ředitel

U příležitosti 90. výročí Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka se v tomto ročníku VTEI představí jednotlivé odbory ústavu a jejich činnost, a to formou odborných článků zachycujících široké spektrum výzkumu v daném oboru.

## ODBOR HYDRAULIKY, HYDROLOGIE A HYDROGEOLOGIE

Odbor svou působností navazuje na nejstarší tradice ústavu, neboť se zaměřuje především na řešení úloh z oblasti hydrauliky a hydrologie povrchových a podzemních vod. Zabývá se komplexním studiem hydrauliky vodních toků, nádrží a hydrotechnických a dopravních staveb na vodních tocích. Dále se věnuje sledování oběhu povrchových a podzemních vod, včetně hodnocení jeho dlouhodobého vývoje, vlivu antropogenních a klimatických změn na vodní zdroje, rozvoj metod modelování hydrologické bilance a zkoumání extrémních hydrologických

jevů. Odbor provádí hydrometrická měření, vodoměrná a meteorologická pozorování a zpracování hydrologických podkladů. Dále hodnotí ochranu množství a jakosti podzemních vod, vyvíjí metodiky a nástroje pro hodnocení rizika a ochrany podzemních vod před znečištěním, podrobně je řešena problematika ekologických zátěží. Součástí odboru je kalibrační stanice (akreditované pracoviště ČIA, o. p. s.), kde probíhá kalibrace měřidel průtoků vody o volné hladině. Odbor také poskytuje znaleckou a posudkovou činnost a podílí se na celé řadě národních i mezinárodních projektů.

# ANALÝZA CITLIVOSTI HYDROLOGICKÉ BILANCE NA ZMĚNY SRÁŽEK A RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU PŘI ZVYŠOVÁNÍ TEPLoty VZDUCHU

Ladislav Kašpárek

### Klíčová slova

klimatická změna, hydrologická bilance, výška odtoku, potenciální evapotranspirace, územní výpar

### Souhrn

V článku je popsán postup a výsledky odhadu možných změn základních veličin hydrologické bilance, zejména průměrné dlouhodobé výšky odtoku, za předpokladu pokračujícího oteplování při různých variantách změn průměrné dlouhodobé výšky srážek a také v závislosti na různých variantách změn relativní vlhkosti vzduchu. Pro odhad byla použita metoda regresní analýzy vztahů mezi dlouhodobými průměry pozorovaných odtoků a dlouhodobých průměrů meteorologických veličin z období 1971–1990 na 21 povodích vybraných tak, aby reprezentovala různé přírodní podmínky v ČR.

Z analýzy vyplývá, že pokud jde o celkové množství vody, která oteče z našeho území, a tedy i celkových dostupných zdrojů vody v ČR, jsou při oteplování podstatnější poklesy odtoku v horských oblastech. Z hlediska ekologie vodních toků a minimálních zůstatkových průtoků jsou nebezpečnější dopady oteplení v suchých oblastech.

### Úvod

Odhady dopadu změn klimatu na hydrologické poměry a vodní zdroje, provedené v posledních letech, jsou založeny převážně na scénářích klimatické změny, které byly získány pomocí modelů globální cirkulace. V posledních letech jsou k dispozici i regionální klimatické modely a jim odpovídající regionální scénáře s jemnějším plošným rozlišením, například v gridech 50 x 50 km. Pokud jde o změny teplot, jsou trendy stanovené podle scénářů většinou v dobré shodě s trendy vyhodnocenými podle pozorování na území ČR v posledních desetiletích. Změny průměrných dlouhodobých úhrnů atmosférických srážek by podle modelů globální cirkulace i regionálních klimatických modelů na území ČR neměly být významné. Očekává se (a do určité míry i projevuje) zvýšení srážek v zimních měsících a pokles srážek v měsících letních. Plošné rozložení teplot, a tím méně srážek, nemohou ani regionální modely prozatím vystihnout.

Vzhledem k značné nejistotě, kterou se vyznačují předpoklady o vývoji skleníkových plynů, a absenci předpovědí dalších činitelů, jež mohou klima v budoucnosti významně ovlivnit, mají projekce možných změn klimatu velmi velký rozptyl. To se při jejich použití pro odhad změn hydrologických poměrů a dopadu na vodní zdroje pomocí hydrologických modelů promítá do rovněž značného rozptylu výsledků. V této situaci jsme považovali za vhodné pokusit se odhadnout, jaké lze očekávat změny základní hydrologické bilanční veličiny – průměrné dlouhodobé výšky odtoku – za předpokladu pokračujícího oteplování při různých variantách změn průměrné dlouhodobé výšky srážek, a také v závislosti na různých variantách změn relativní vlhkosti vzduchu jako veličiny, která spolu s tep-

lotou vzduchu významně ovlivňuje potenciální evapotranspiraci, a může tedy ovlivňovat i územní výpar.

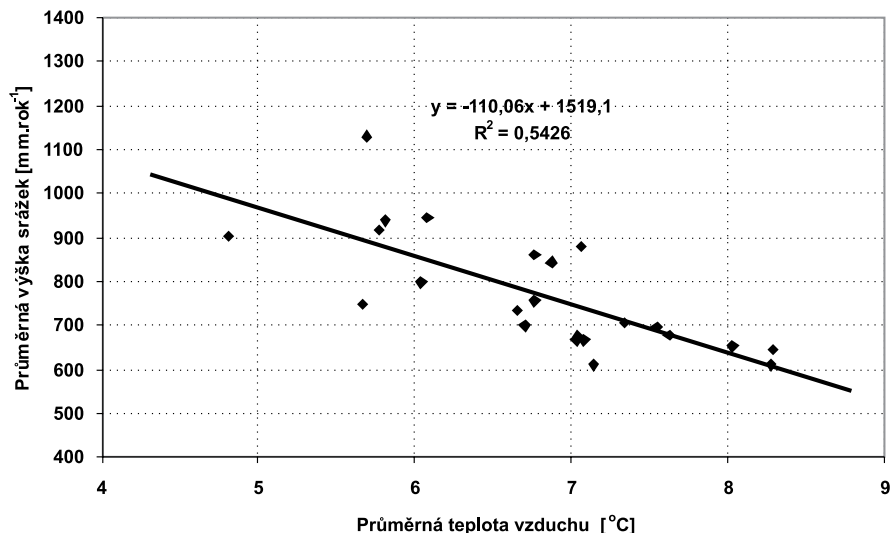
### Použitá data a metoda řešení

Pro odpověď na položenou otázku jsme využili informační zdroje nezávislé na scénářích klimatické změny. Využili jsme metodu regresní analýzy vztahů mezi dlouhodobými průměry pozorovaných odtoků (stanovených z řad průtoků v závěrových profilech povodí) a dlouhodobých průměrů meteorologických veličin z období 1971–1990 na 21 povodích, která byla vybrána tak, aby reprezentovala různé přírodní podmínky v ČR. Po většinu trvání vybraného období se ještě nezvyšovala radikálně teplota vzduchu – reprezentuje tedy s přijatelnou mírou klimatické poměry před počátkem probíhající klimatické změny. Seznam povodí, ze kterých pocházejí použitá data, je uveden v tabulce 1.

Veličiny, kterými jsme se zabývali, jsou průměrná dlouhodobá roční výška srážek v povodí, průměrná dlouhodobá roční výška odtoku z povodí, průměrná dlouhodobá teplota v povodí (vyhodnocené podle výsledků pozorování vodoměrných, srážkoměrných a klimatických stanic), průměrná dlouhodobá roční výška potenciální evapotranspirace a průměrná

Tabulka 1. Seznam povodí, ze kterých byla použita data

Tok	Závěrový profil	Poznámka	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]
Labe	Království		531,76
Úpa	Česká Skalice		460,69
Metuje	Hronov		248,07
Zdobnice	Slatina n. Z.		84,22
Orlice	Týniště n. O.		1590,75
Loučná	Dašice		626,0
Chrudimka	Nemošice		851,87
Doubrava	Žleby		202,54
Mrlina	Vestec		460,21
Labe	Nymburk	mezipovodí	1234,12
Oleška	Slaná		168,92
Jizera	Tuřice		2159,19
Labe	Brandýs n. L.	mezipovodí	964,33
Vltava	Vyšší Brod		998,60
Lužnice	Bechyně		4046,29
Otava	Písek		2940,84
Želivka	Soutice		1186,99
Sázava	Poříčí n. S.		4000,48
Berounka	Dobříčovice		8720,4
Teplá	Cihelny		286,52
Ohře	Louny		4982,78



Obr. 1. Vztah mezi průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu v povodí a průměrnou dlouhodobou výškou ročních atmosférických srážek na povodí

dlouhodobá roční výška územního výparu z povodí (vypočtené pomocí modelu hydrologické bilance BILAN, popsaného v [1] při simulaci průběhu měsíční hydrologické bilance v jednotlivých povodích). Potenciální evapotranspirace je v modelu BILAN stanovována metodikou založenou na postupu podle [2], závisí především na teplotě vzduchu, ale i na relativní vlhkosti vzduchu. Bilanční veličiny jsme používali vyjádřené jako průměrné výšky na povodí [ $\text{mm.rok}^{-1}$ ] a teplotu ve [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Jako základní metodu posouzení vztahů mezi průměrnou dlouhodobou teplotou v povodí a výše popsanými veličinami hydrologické bilance jsme použili bodové grafy; podle charakteru korelačních polí, popř. s přihlédnutím ke zřejmým fyzikálním omezením vztahů jsme pro jejich aproximaci použili lineární nebo nelineární regresní funkce. Z průběhu těchto závislostí jsme pak odvozovali gradienty změn bilančních veličin, odpovídající změně dlouhodobé průměrné roční hodnoty příslušné veličiny [ $\text{mm.rok}^{-1}$ ] při zvýšení průměrné dlouhodobé teploty vzduchu v povodí o  $1^{\circ}\text{C}$ . Tímto způsobem jsme získali střední odhady gradientů; pro solidní analýzu jejich rozptylu není použitý počet povodí dostatečně rozsáhlý.

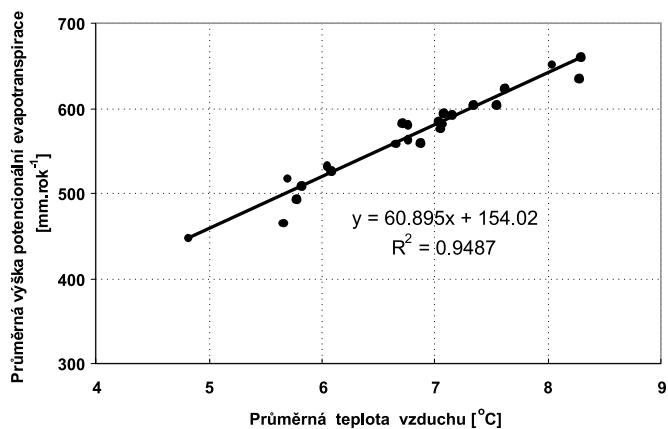
### Vztahy mezi bilančními veličinami a teplotou vzduchu

Vztah mezi průměrnou dlouhodobou teplotou v povodí a průměrnou dlouhodobou roční výškou srážek na povodí je na obr. 1. Vysvětlení toho, že srážka se s nárůstem teploty snižuje, odpovídá obvyklému vzestupu srážek a poklesu teplot při zvyšování průměrné nadmořské výšky povodí. V dílčích povodích bývá korelační vztah mezi průměrnou nadmořskou výškou povodí a průměrnou dlouhodobou srážkou na povodí většinou těsný. Poměrně malý koeficient determinace uvedený na obr. 1 i rozptyl bodů kolem regresní přímky odpovídá často dosti odlišným gradientům tohoto vztahu v povodích, rozdílných z hlediska návětrného efektu zvyšování srážek.

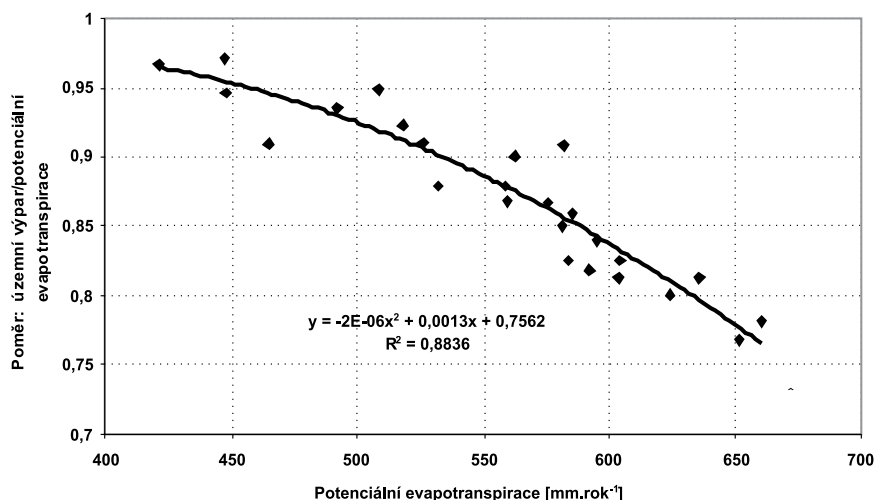
Mezi teplotou vzduchu a výškou srážek neexistuje příčinný vztah. Korelace mezi uvedenými veličinami je projevem toho, že obě jsou závislé na nadmořské výšce povodí. Z hlediska odhadu změn klimatu nemáme žádný důvod předpokládat, že srážky se budou při globálním oteplování měnit podle závislosti uvedené na obr. 1. Údaje z tohoto obrázku nám pouze poskytují pro další analýzu informaci, jak velké byly srážky v povodích s určitou průměrnou teplotou vzduchu.

Základním projevem již probíhající změny je zvyšování průměrné roční teploty vzduchu, které se podle fyzikálních zákonitostí musí projevovat zvýšením potenciální evapotranspirace (tato veličina je definována jako výpar z travnatého povrchu, který je zavlažován tak, že má stále dostatek vody pro transpiraci i výpar). Pro aproximaci závislosti potenciální evapotranspirace na průměrné teplotě vzduchu v povodí, kterou ukazuje obr. 2, lze využít lineární regresi, podle které se zvýšení teploty o  $1^{\circ}\text{C}$  projeví zvětšením roční výšky potenciální evapotranspirace o cca  $61 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

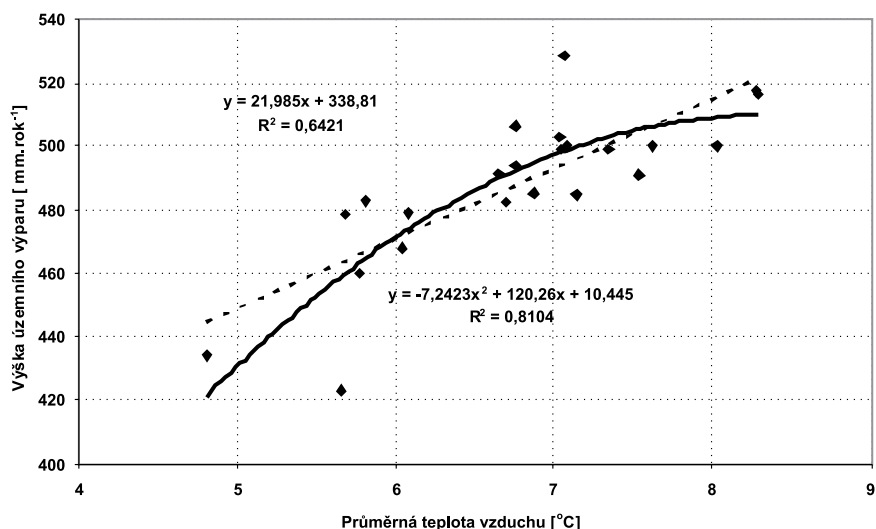
Potenciální evapotranspirace vypočtená metodou zahrnutou do modelu BILAN je stanovována podle empirických závislostí na sytostním doplnku vzduchu (určuje se podle teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu), odvozených z pozorování – viz [2]. Závislosti jsou rozlišeny jednak podle kalendářního měsíce, jednak podle toho, v jaké bioklimatické zóně se povodí nachází. Povodí na území ČR mohou spadat od extrémních horských podmínek bioklimatické zóny tundra, přes zónu jehličnatých lesů, smíšených lesů a listnatých lesů až do zóny stepní. Podle poměrně velkého koeficientu determinace uvedeného na obr. 2 je vliv teploty vzduchu dominantní. Tento závěr však musíme zeslabit vzhledem k tomu, že velikost potenciální evapotranspirace je ovlivněna i tím, že průměrná relativní vlhkost vzduchu se vzrůstající teplotou klesá (cca o  $1,2\%$  při vzestupu o  $1^{\circ}\text{C}$ , graf prokazující tuto závislost neuvádíme). Z výpočtu citlivosti potenciální evapotranspirace na změnu relativní vlhkosti vzduchu lze prokázat, že poklesu relativní vlhkosti o  $1,2\%$  odpovídá zvětšení potenciální evapotranspirace o cca  $12$  až  $16 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Vliv relativní vlhkosti vzduchu je sice slabší než vliv teploty vzduchu, není však bezvýznamný. Potenciální evapotranspirace ukazuje, jak velký by mohl být výpar z povodí, kdyby byl na celém povrchu povodí dostatek vody pro evapotranspiraci rostlin i ostatní složky územního



Obr. 2. Vztah mezi průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu v povodí a průměrnou dlouhodobou výškou roční potenciální evapotranspirace z povodí



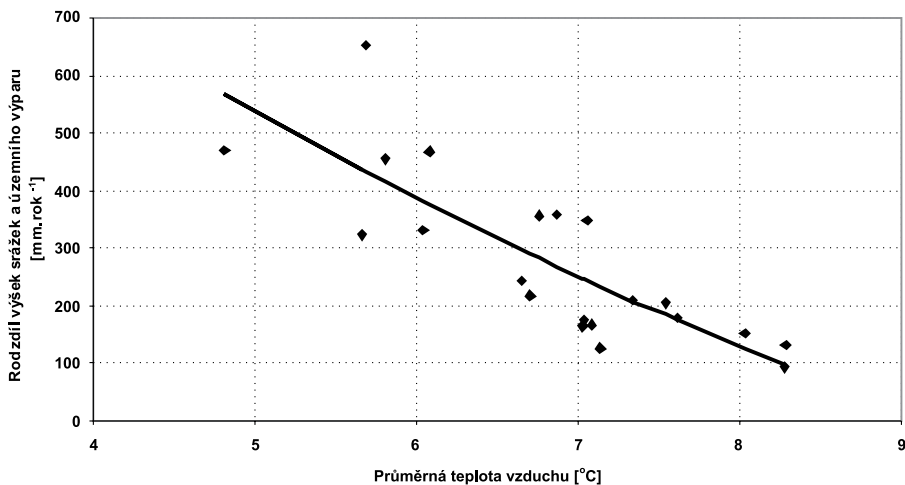
Obr. 3. Závislost poměru územní výpar/potenciální evapotranspirace na výšce potenciální evapotranspirace



Obr. 4. Vztah mezi průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu v povodí a průměrnou dlouhodobou výškou územního výparu z povodí

výparu. Ke splnění této podmínky se blíží jen poměry v povodích, kde jsou srážky tak velké a časté, že v půdě udržují stálý dostatek vody, což jsou v podmínkách ČR jen povodí v horských oblastech.

Poměrně těsnou vazbu mezi poměrem územní výpar/potenciální evapotranspirace a výškou potenciální evapotranspirace ukazuje obr. 3. V horských povodích s nejmenšími hodnotami potenciální evapotranspirace  $400$  až  $500 \text{ mm.rok}^{-1}$  je územní výpar menší jen o  $5$  až  $10\%$ . Protože obecně se srážky v ČR s klesající nadmořskou výškou zmenšují, nepostačují ve velmi teplých oblastech s hodnotami potenciální evapotranspirace



**Obr. 5.** Korelační závislost rozdílů dlouhodobých průměrů výšek srážek a územního výparu na průměrné dlouhodobé teplotě vzduchu v povodí.

nad 600 mm.rok<sup>-1</sup> poskytovat vodu pro potenciální evapotranspiraci a územní výpar je tam o 15 až 25 % menší.

Při zobrazení vztahu mezi průměrnou teplotou vzduchu v povodí a průměrnou roční výškou územního výparu z povodí na obr. 4 sledujeme, že korelace je mnohem volnější než v případě obdobného vztahu pro potenciální evapotranspiraci. Podle lineární regresní rovnice proložené polem bodů se zvýšení teploty o 1 °C projeví zvětšením roční výšky územního výparu o cca 22 mm.rok<sup>-1</sup>. Podle koeficientu determinace i s přihlédnutím k nelineárnímu charakteru vztahu na obr. 3 je vhodnější použít pro jeho aproximaci nelineární regresní rovnici. Podle ní můžeme odhadnout, že oteplení o 1 °C se v chladných oblastech projeví nárůstem územního výparu až o 40 mm.rok<sup>-1</sup>, v teplých oblastech i méně než 10 mm.rok<sup>-1</sup>. V horských oblastech se tedy vliv oteplení může projevat větším nárůstem územního výparu než v nížinách, kde je limitován srážkami.

### Odhad změn průměrné výšky odtoku

Protože podle základní rovnice dlouhodobé hydrologické bilance uzavřeného povodí (kdy můžeme zanedbat změny zásob vody v povodí) je odtok rozdílem mezi srážkami a územním výparem, můžeme při předpokladu nezměněných srážek považovat velikost zvětšení územního výparu za rámcový odhad poklesu odtokové výšky. V relativním měřítku (vzhledem k průměrné výšce odtoku) se pak pokles 40 mm.rok<sup>-1</sup> pro povodí s výškami odtoku nad 400 mm.rok<sup>-1</sup> jeví menší než pokles 10 mm.rok<sup>-1</sup> pro povodí s výškami odtoku pod 100 mm.rok<sup>-1</sup>. Z hlediska celkového množství vody, která oteče z našeho území, a tedy i celkových dostupných zdrojů vody v ČR, jsou podstatnější změny v horských oblastech. Z hlediska ekologie vodních toků a minimálních zůstatkových průtoků jsou nebezpečnější dopady v suchých oblastech – u povodí, jejichž pramenná oblast neleží v horách. V nejsušších oblastech, kde původní výšky odtoku jsou cca 50 mm.rok<sup>-1</sup>, může oteplení o několik °C zřejmě způsobit zánik odtoku, i v povodích s výškami odtoku řádově 100 mm.rok<sup>-1</sup> lze očekávat dočasné vysychání vodotečí. Ukazuje to i graf na obr. 5, kde kromě empirických hodnot rozdílů výšek srážek a územního výparu je i vztah, který vznikne odečtením rovnice pro odhad výparu od rovnice aproximující závislost srážky na teplotě vzduchu.

Výše uvedený vztah mezi územním výparem a teplotou vzduchu můžeme také použít pro orientační posouzení toho, jaký nárůst srážek je schopen kompenzovat dopad oteplení na průměrný odtok tak, aby nepoklesl. Příznivější jsou poměry v horských oblastech. Například zvýšení srážky o 40 mm.rok<sup>-1</sup> potřebné při vzestupu teploty o 1 °C je při srážce 1000 mm za rok jen 4 %. Při srážce 500 mm.rok<sup>-1</sup> v nížinném povodí je jen pro kompenzaci nárůstu územního výparu průměrně o 10 mm.rok<sup>-1</sup> potřeba zvýšení srážky o 10 %. Vzhledem k tomu, že územní výpar je zde omezen velikostí srážky, nemusí ani toto zvýšení srážky zachovat velikost odtoku. Záleží na sezonním rozložení změn srážek: v období nízkých teplot se projeví, v letním období spíše jen v případě intenzivních dešťů.

### Závěr

Analýza citlivosti hydrologické bilance na změny srážek a relativní vlhkosti vzduchu, založená na výsledcích dlouhodobého pozorování v různých klimatických podmínkách na území ČR, poskytla střední odhady gradientů změn potenciální evapotranspirace, územního výparu a odtoku z povodí vztahované ke zvýšení teploty vzduchu v povodí. Jde o střední odhady, v dílčích povodích by byly modifikovány zejména lokálními vztahy mezi nadmořskou výškou a úhrnem srážek.

Pokud jde o výšky odtoku, jsou z hlediska celkového množství vody, která oteče z našeho území, a tedy i celkových dostupných zdrojů vody

v ČR podstatnější změny v horských oblastech. Z hlediska ekologie vodních toků a minimálních zůstatkových průtoků jsou nebezpečnější dopady v suchých oblastech, tj. v povodích, jejichž pramenná oblast neleží v horách. U těchto toků lze při pokračujícím trendu oteplování očekávat výskyt období bez odtoku z povodí.

### Literatura

- [1] Tallaksen, LM. and van Lanen, HAJ. (eds) 2004. Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Amsterdam, Developments in Water Sciences 48, Elsevier B.V.
- [2] Rekomendacii po rasčotu isparenija s poverchnosti suši. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1976, 36 s.

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101.

**Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.**  
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha  
ladislav\_kasperek@vuv.cz  
Příspěvek prošel lektorským řízením.

### Key words

climate change, water balance, runoff, potential evapotranspiration, basin evaporation

*Analysis of sensitivity of water balance components to changes in basin precipitation and relative air humidity in conditions of climate warming (Kašpárek, L.)*

**The paper describes methods and results of a project, whose aim was to derive possible changes in water balance components, particularly in long-term mean runoff, consequently to alternative changes in long-term mean precipitation and relative air humidity in conditions of continuing climate warming. The derivation was based on regression analysis between long-term mean observed runoff and long-term mean values of meteorological variables derived for 21 basins from the period 1971–1990. The basins have been selected with the aim to represent different natural conditions in the Czech Republic.**

**Substantial knowledge stemming from the project was derived from relationships between basin precipitation, air temperature and runoff. For example, these relationships showed that in mountain areas, 4% increase in precipitation at a level of 1000 mm.year<sup>-1</sup> can compensate an increase in the air temperature by 1 °C and in lowlands with mean precipitation of 500 mm.year<sup>-1</sup>, this temperature increase can be compensated by an increase in precipitation by 10%.**

**The results of the analysis showed that in terms of changes in total runoff from the whole territory of the Czech Republic, the most important role is played by impacts of climate warming on runoff in mountain areas. In terms of ecology and with respect to minimum ecological flows, the highest risks are associated with the climate change impacts in dry areas.**



**INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST  
VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ**

**Pöyry Environment a. s.**

Botanická 834/56, 602 00 BRNO

tel.: 541 554 111, fax: 541 211 205 E-mail: trade.wecz@poyry.com, www.poyry.cz

**Pobočky: Praha, Bezová 1658, 147 14 Praha 4, tel.: 244 062 353**

**Ostrava, Varenská 49, 701 00 Ostrava, tel.: 596 657 206**

**Břeclav, Růžickova 5, 690 39 Břeclav, tel.: 519 322 304**

**Organizační složka Trenčín, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín,  
tel.: +421 326 522 600**

Miroslav Olmer

## Klíčová slova

hydrogeologický rajon, informační systém, geodatabáze

## Souhrn

Hydrogeologická rajonizace vznikla v šedesátých letech minulého století s cílem vytvořit vyhovující podklad pro organizování a plánování regionálního průzkumu. První verze z roku 1965, v níž byly v celostátním měřítku vymezeny podle stratigrafického hlediska hydrogeologické rajony jako celky pro hodnocení přírodních zdrojů a vodohospodářskou bilanci podzemních vod, představovala ve své době světový primát. Tato verze byla postupně zpřesňována podle přibývajících poznatků, zkušeností a možností větší podrobnosti zpracování. Další, revidovaná vydání jsou z let 1973 a 1986 – obě tyto verze byly vydány jako soubory přehledných map. V době nabytí účinnosti vodního zákona č. 254/2001 Sb. byla poslední edice map prakticky nedostupná a navíc již nevyhovovala podrobností a technickým provedením současným nárokům informačního systému veřejné správy. Přistoupilo se proto k novému zpracování, a to technologií GIS, která těmto nárokům odpovídá. Rajonizace 2005 je dostupná jako interaktivní mapa na webu VÚV T.G.M., v.v.i., a zároveň v samostatné monografii. Hydrogeologické rajony se staly podkladem pro vymezení útvarů podzemních vod podle Rámcové směrnice 2000/60/ES.

## Úvod

Rozčlenění území do rajonů podzemních vod – hydrogeologická rajonizace má v podmínkách území bývalého Československa, později Čech a Moravy, dlouhou, čtyřicetiletou tradici. Od původního záměru vytvořit podklad pro orientaci hydrogeologického průzkumu se v polovině šedesátých let minulého století přistoupilo ke zpracování hydrogeologické mapy s rajony podzemních vod pro území Československa v přehledném měřítku 1 : 500 000. Ukončení edice základních geologických map Ústředního ústavu geologického (ÚÚG) umožnilo pak v polovině sedmdesátých let převedení rajonizace do podrobnějšího měřítku 1 : 200 000, které bylo standardní svou podrobností pro úkoly vodohospodářského plánování a navazující činnosti.

Výsledky regionálního hydrogeologického průzkumu umožnily a zároveň vyvolaly potřebu aktualizovat vymezení rajonů. K němu došlo v polovině osmdesátých let, a to stále v podobě tištěných map v měřítku 1 : 200 000. S nástupem nových technologií a nároků na způsob vedení evidenčních a bilančních souborů se ukázala tato podrobnost nepostačující. Bylo proto nutno zpracovat novou verzi rajonizace, která by v souladu s ustanovením vodního zákona č. 254/2001 Sb. odpovídala nárokům přístupné součásti informačního systému veřejné správy.

Rajonizace, označená jako „rajonizace 2005“, představuje kromě promítnutí nových poznatků kvalitativní posun. Definování hranic rajonů se opírá o dostupné geodatabáze s podrobností zákresů hranic odpovídající měřítku 1 : 50 000, která vyhovuje nárokům evidence a dokumentace systémů činností vodního hospodářství. Přechod od klasického kartografického zpracování tištěných map k technologii GIS a zobrazení rajonů v elektronické podobě umožnily odstranit rozdělení nebo omezení podložních rajonů a uzavřít proudové systémy. Byly tím vytvořeny podmínky pro přesnější bilance vícekolektorových hydrogeologických struktur. Nová technologie umožnila zároveň připojení databází k příslušným rajonům a možnost promítání hranic rajonů v různých vrstvách GIS. Současné rajony jsou vyjádřeny ve třech navzájem se překrývajících vrstvách.

## Principy rajonování

Používané principy hydrogeologického rajonování území Československé a později České republiky se postupně vyvíjely jednak podle účelu, kterému měly rajony sloužit, jednak podle stupně poznání geologické stavby a oběhu podzemních vod. Účelem vymezení rajonů neměla být hydrogeologická mapa, ale definování vhodných územních jednotek pro činnosti související s vodohospodářským plánováním a organizací hydrogeologického průzkumu a oceňování zdrojů podzemních vod. Hydrogeologický průzkum organizovaný v rámci hydrologických povodí narážel na různorodost geologické stavby a uzavřenost oběhu podzemní vody. Proto byl hydrogeologický rajon pojat jako *celek horninového prostředí, který je relativně jednotný ve vztahu k infiltraci a akumulaci podzemní vody a v němž převládá určitý typ zvodnění a oběhu podzemní vody*. Toto pojetí bylo v podstatě zachováno i v dalších verzích zpracování.

Hranice používané pro vymezení hydrogeologických rajonů jsou v zásadě čtyř typů:

1. *Hydrologické rozvodnice* – rozvodnice povrchových vod se pro účely vodohospodářského plánování v oblasti podzemních vod používají obvykle v první fázi, kdy chybí hydrogeologické podklady. Na velké části území ČR, budované převážně starými krystalinickými horninami, kde nejsou spojitě zvodněné kolektory, lze hydrologické rozvodnice přímo využít pro vymezení rajonů. Avšak i v území spojitě zvodněných křídových a kvartérních kolektorů mají hydrologické rozvodnice přednost pro vymezení rajonů v případech, že mají podobný průběh s hydrogeologickou hranicí. Usnadňují hydrologickou bilanci a navíc je průběh hydrogeologické hranice často pouze předpokládán, může být i časově proměnný. Hydrologická hranice je naproti tomu stabilní a zřetelně definovaná.
2. *Hydraulické hranice* – na rozdíl od hydrologické rozvodnice nemusí být jejich průběh stabilní, může se změnit např. vlivem jímání podzemní vody. Hydraulické hranice byly proto použity jen v omezeném rozsahu.
3. *Geologické hranice* – v původní rajonizaci Československa byly tyto hranice prvotními hranicemi hydrogeologických rajonů. V dalších fázích pak byly geologické hranice podkladem pro vymezení rajonů, pokud šlo o strukturně tektonické prvky – zlomy a antiklinály.
4. *Administrativní hranice* – mezním omezením v procesu rajonování je státní hranice. Převažující část území České republiky probíhá v horských oblastech tvořených krystalinickými a na východě flyšovými horninami s vodohospodářsky nevýznamnými přípovrchovými kolektory. Průběh státní hranice je velmi blízký hydrologickým rozvodnicím. Jiné administrativní hranice se v zásadě pro rajonování nepoužívají.

## Rajonizace 1965

V první polovině šedesátých let minulého století byly provedeny rozbory nároků na vodní zdroje a možnost jejich pokrytí. I když byly koncipovány v souladu s tehdejšími systémy centrálního plánování, nesporným přínosem bylo, že v roce 1966 byl na území tehdejší Československé socialistické republiky zahájen soustavný regionální hydrogeologický průzkum, který navazoval na průzkumné práce prováděné od padesátých let v rámci doplňování a zpřesňování Státního vodohospodářského plánu (SVP).

V průběhu přípravy systematického hydrogeologického průzkumu bylo zřejmé, že pro plánování akcí širokého regionálního zaměření chybí potřebné podklady. Návrh označený později jako „rajonizace 1965“ vymezil rajony podle stratigrafického hlediska. Toto pojetí hydrogeologických rajonů jako základu pro vodohospodářskou bilanci množství podzemních vod bylo první ve světovém měřítku. Hydrogeologická mapa Československa s rajony podzemních vod v měřítku 1 : 500 000 představovala původní mapové dílo v tomto oboru v rozsahu celého státního území a následně v roce 1967 ji vydalo tiskem Kartografické nakladatelství, Praha a doprovodný text Ředitelství vodních toků, Praha.

Stav tehdejší prozkoumanosti ještě nedovolil přistoupit k podrobnějšímu členění, než jsou hydrogeologické celky. Rajon byl definován jako *celek s obdobnými hydrogeologickými poměry, vymezený tektonicky a geologicky, na jehož území převládá určitý typ zvodnění a oběhu podzemní vody*. Je zřejmé, že šlo v tomto procesu o první krok, nutně poznamenaný nedostatkem zkušeností, nestejnou úrovní podkladů i nezbytnou generalizací danou měřítkem přehledné mapy. S vědomím těchto podmínek se předpokládalo, že postupně bude možné rajony zpřesňovat, a to jak co do podrobnosti zákresu hranic, tak uplatněním dalších hledisek při jejich vymezení, popřípadě změnou jejich vzájemné váhy. Pro značení rajonů byl zvolen poměrně složitý alfanumerický systém, v němž základním rozlišovacím prvkem byla stratigrafická příslušnost rajonu.

## Rajonizace 1973

Počátkem sedmdesátých let minulého století bylo rozhodnuto o novelizaci původního Státního vodohospodářského plánu. Nové zpracování bylo v souladu se změněnými hledisky centrálního plánování koncipováno již jako Směrný vodohospodářský plán, a to v podmínkách federálního uspořádání státu samostatně pro Českou a Slovenskou republiku.

K původnímu pojetí hydrogeologické rajonizace přistoupila potřeba vymezit rajony jako základní územní jednotky pro zaváděnou bilanci podzemních vod a s ní spojenou evidenci zdrojů a odběrů. Nové zpracování již využilo výsledky prvního programu regionálního průzkumu. Pro veškeré mapové přílohy nového SVP bylo zavedeno zobrazení v podrobnějším měřítku 1 : 200 000, jemuž bylo nutno přizpůsobit i zákresy hranic rajonů.

Toto zpracování bylo koncipováno tak, že obsahovalo hydrogeologickou mapu jako základní list, k němuž by byly řazeny přílohy s obsahem prvků s časově omezenou platností. Bilanční příloha obsahovala vlastní rajonizaci a později následovala Mapa ochrany vzájemné váhy. Společným prvkem základního listu a příloh byly zákresy kontur hydrogeologických struktur.

Pro konstrukci základního listu byly aplikovány principy standardní legendy doporučené pro připravovanou hydrogeologickou mapu Evropy. Výchozím zobrazeným prvkem bylo hydrogeologické struktury vymezené geomorfologicky, strukturně geologicky a hydrogeologicky. Rozlišovalo se celkem devět typů struktur, z toho šest typů s převážně volnou hladinou podzemní vody,

dva typy převážně artéské a struktury krasové. Použitá proužková metoda zobrazení umožnila vyjádřit překrývání dvou struktur.

V bilanční příloze byl zachován princip rajonizace zavedený v roce 1965, včetně alfanumerického značení, k úpravám hranic rajonů došlo na podkladě zákresu struktur v podrobnějším měřítku. Na území České republiky bylo vymezeno celkem 143 rajonů. Na základním listu mapy byly použity proužkovou metodou zobrazeny až dva zvodněné kolektory. Při vymezení rajonů byla snaha využít této skutečnosti i pro vyjádření případů, kdy se vzájemně překrývaly struktury s odlišným oběhem podzemní vody. Překrývání rajonů bylo vyjádřeno grafickým odlišením kontur hranice a označení rajonu.

Na bilanční příloze byly tabelárně vyjádřeny údaje vztahované k době redakční uzávěrky mapy, tj. k roku 1972, a to v pojetí tehdy platné klasifikace zásob podzemních vod a metodiky vodohospodářské bilance. Zcela novým prvkem byly hodnoty odtoku podzemní vody – uvedené ve 105 profílech toků, v nichž byly odvozeny – vyjádřené jednak jako základní odtok v l/s/km<sup>2</sup>, jednak jako procentuální poměr k ročnímu dlouhodobému průtoku v povrchovém toku. Byl takto již zobrazen parametr, který je v současné době navrhován pro hodnocení stavu útvarů podzemních vod.

Edici Hydrogeologické mapy SVP a Bilanční přílohy tvořil soubor 38 mapových listů, vydaný v l. 1974–76 v Kartografii, n. p., Praha. Vzhledem k tehdy platným předpisům byl jejich oběh omezen „pro vnitřní potřebu státních orgánů a socialistických organizací“. Mapy tedy nebyly veřejně dostupné a jejich distribuce byla provedena podle schváleného rozdělovníku.

## Rajonizace 1986

Revize hranic hydrogeologických rajonů je přirozeným odrazem postupného prohlubování znalostí o přírodních poměrech i vývoje metod bilančování. V letech 1981–85 byl v podstatě ukončen program regionálního hydrogeologického průzkumu a vyhodnocení převážně části potenciálně vodohospodářsky významných území. Základní hlediska pro vymezení rajonů, ze kterých se vycházelo při dřívějších zpracováních, zůstala v nové rajonizaci zachována, změnila se však jejich váha, došlo především ke zvýšení důrazu na hledisko hydrologické. Byl kladen důraz na definování okrajových podmínek a jednotlivých fází oběhu podzemní vody, tj. infiltrace – proudění, akumulace – odvodnění.

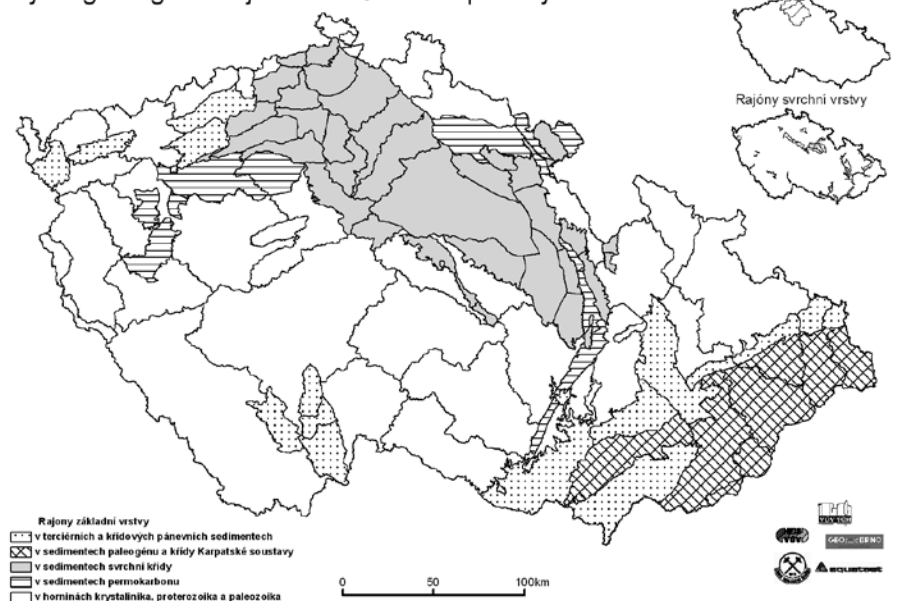
Zároveň však došlo i ke změně, jejíž důsledky nebyly dobře odhadnuty a později se ukázaly jako ne zcela vyhovující. Rajonizace 1973 byla založena na zákresech Hydrogeologických map SVP, jejichž konstrukce umožňovala využitím proužkové metody a plošného vybarvení vyjádřit až dva nad sebou ležící zvodněné kolektory. Naproti tomu zákresy hranic rajonů byly liniové a zvolený způsob vyjádření vzájemného překrývání rajonů odlišením kontury a značení byl nepřehledný a nebylo jej možno při zpracování dat využít. Tato skutečnost vedla k tomu, že v novém zpracování se přistoupilo k vyjádření zcela obdobnému jako u geologických map zakrytých, kdy byla dána přednost zvodněným mladším pokryvným útvarům, pokud měly hydrogeologický význam a nebyly v přímé souvislosti se zvodněním překrytého kolektoru.

Původní alfanumerické značení rajonů nevyhovovalo postupně zaváděnému způsobu automatizovaného zpracování dat, a v nové rajonizaci bylo proto zavedeno čtyřmístné číselné značení s vertikálním tříděním. Celkem bylo na území Čech a Moravy vymezeno 105 hydrogeologických rajonů. Soubor 19 listů map 1 : 200 000 byl součástí SVP ČSR, zpracoval jej VÚV a byl vydán jako účelový náklad v ČUGK v roce 1987. Distribuce map byla opět omezena „pro vnitřní potřebu státních orgánů a socialistických organizací“. V rámci této verze rajonizace byly zpracovány popisy rajonů, které obsahovaly charakteristiku, bilanční hodnocení a využití rajonu a seznam literatury. Popisy rajonů se vztahovaly k časové úrovni roku 1986–87 a byly vydány tiskem odděleně pro povodí Labe (Práce a studie VÚV, sešit 176) a pro povodí Moravy a Odry (Geotest Brno).

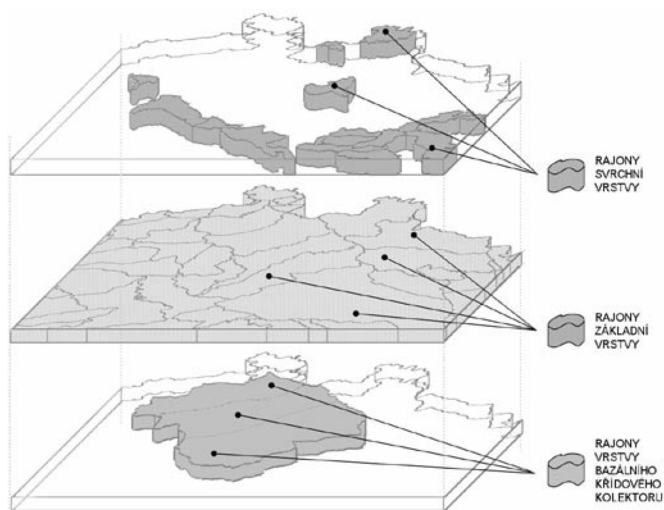
## Stav po vydání vodního zákona z roku 2001

Hydrogeologický rajon byl definován v § 2 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, jako „území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a oběhem podzemní vody“. Samotná definice se neliší od původního odborného pojetí rajonu, avšak tím, že byla jmenovitě zavedena do zákona, nabyla i určitý legislativní význam. V dalších ustanoveních vodního zákona jsou v § 21 rajony jednotkou pro zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod a vedení souvisejících evidencí a dále podle § 22 tvoří součást informačního systému veřejné správy. Podrobnosti pak

## Hydrogeologická rajonizace České republiky 2005



Obr. 1. Přehledná mapa



Obr. 2. Vzájemný vztah vrstev

upravují navazující prováděcí předpisy. V době nabytí účinnosti nového vodního zákona byly stále v platnosti hydrogeologické rajony v poslední schválené verzi 1986. Bylo však zřejmé, že tato verze již nebude vyhovovat současným nárokům, a to především z důvodů technických, operativních a částečně i věcných.

Poslední edice byla zpracována a vydána v roce 1987 jako kartografické mapové dílo v souboru 19 listů. V důsledku omezení oběhu map a jejich distribuce pouze podle rozdělovníku se opakoval stejný stav jako v případě předchozí edice z roku 1976. Mapy byly jednorázově rozeslány a byly k dispozici jen na omezeném počtu pracovišť. Vlivem reorganizací státní správy a změn v hospodářském sektoru se postupně tento okruh pracovišť dále výrazně redukoval. Textová část, vydaná k těmto mapám samostatně, byla rovněž rozebrána.

Předpokladem zařazení určitého prvku do informačního systému veřejné správy je, aby byl aktuální a dostupný. Tomuto požadavku stav edice z roku 1987 nemohl vyhovět a navíc ani potřebám a uspořádání vodoprávní agendy a dalších činností vyplývajících z vodního zákona. Pro odstranění nevyhovujícího stavu byly z technického hlediska prakticky jen velmi omezené možnosti. Tiskové předlohy minulé edice již nebyly k dispozici. Nové vydání s využitím jiných reprodukčních technik by sice bylo teoreticky možné, avšak dotisk nezměněného mapového díla, u kterého se od počátku předpokládala časově omezená platnost, je z odborného i autorského hlediska po uplynutí 15 let stěžejně přijatelný.

Mapy edice z roku 1987 nevyhovovaly dále ani současným nárokům dokumentace a evidence, a to zejména podrobností měřítko 1 : 200 000, způsobem zobrazení a uložení. Nezbytnou podmínkou bylo, v souladu s ostatními vodohospodářskými dokumentacemi, podrobnější měřítko 1 : 50 000 a současně navázání na jednotné, vesměs již digitalizované mapové podklady celostátní platnosti. Tyto podmínky bylo možno spl-

nit pouze novým, technicky zcela odlišným zpracováním zákresů hranic rajonů.

Uvedené důvody vedly k rozhodnutí, že nová verze nebude zpracována klasickým kartografickým způsobem a vydána na tištěných mapách. Dalšími důvody byla náročná manipulace s mapovým souborem, který by obsahoval přes 200 listů, i to, že možnost průběžné nebo dílčí aktualizace zákresů je u tištěných map velmi ztížena.

## Rajonizace 2005

Za období uplynulých dvaceti let od posledního zpracování rajonizace došlo k vývoji geologických, geodetických i vodo hospodářských podkladů, na nichž je vymezení rajonů založeno. Zatímco v předchozí verzi byla výsledná podrobnost dána měřítkem 1 : 200 000, v současné době byly potřebné podklady již k dispozici v podrobnější formě a digitálním zákresem.

Hlediska pro vymezení hydrogeologických rajonů zůstala i v novém zpracování v zásadě zachována. Výrazný rozvoj v uplatnění hydrologických výpočtových postupů při hodnocení zdrojů podzemních vod i metody vodo hospodářského bilancování se však nutně promítly do posunu v jejich váze. Jednotná úroveň hydrogeologické rajonizace byla v této poslední verzi zajištěna důsledným uplatňováním nadřazenosti hydrologického a bilančního hlediska nad hlediskem geologické a hydrogeologické mapy. Hranice rajonů byly tedy přednostně adaptovány na vrstvu hydrologických rozvodnic.

V předešlých verzích byl základním kritériem při vymezení hydrogeologických rajonů kvantitativní stav jako podklad pro bilanci množství podzemních vod. V současné verzi přistoupilo do základních charakteristik i hledisko chemického stavu, vyjádřené jakostí podzemních vod.

V aktualizované verzi rajonizace nešlo v zásadě o změnu v pojetí rajonů ani zavedení systému jejich členění a značení. Identifikační číslo rajonu, nyní čtyřmístné, zachovává původní logický systém značení rajonů, zavedený ve verzi 1986. První pozice identifikačního čísla označuje základní genetickou charakteristiku:

- 1 – rajony v sedimentech svrchního kenozoika – 37 rajonů,
- 2 – rajony v terciérních a křídových pánevních sedimentech – 17 rajonů,
- 3 – rajony v paleogenních a křídových sedimentech Karpatské soustavy – 9 rajonů,
- 4 – rajony v sedimentech svrchní křída – 40 rajonů,
- 5 – rajony v sedimentech permokarbonu – 13 rajonů,
- 6 – rajony v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika – 36 rajonů.

Celkem je na území ČR vymezeno 152 hydrogeologických rajonů.

Čtvrtá číslice, zamýšlená v minulé verzi pro označení subrajonů, byla nyní využita pro odlišení samostatných částí původního rajonu v oddělených polygonech a dále při rozdělení původních rajonů, které vyplývalo z členění podle oblastí povodí, podle výsledků hydrogeologických průzkumů a studií a z potřeb hodnocení kvantitativního a chemického stavu vodních útvarů ve smyslu Rámcové směrnice 2000/60/ES.

Rajonizace 1973 využila způsobu konstrukce podkladových hydrogeologických map pro zobrazení překrývání rajonů. Tento způsob se však v praktickém využití neosvědčil. V rajonizaci 1986 již proto nebyl použit a zákresy hranic byly provedeny jako jednovrstevné. Zvolený způsob zobrazení potlačil překryté zvodněné kolektory, jeho důsledkem však bylo, že rajony překrytých kolektorů byly omezeny hranicemi rajonů překrývajících, zpravidla kvartérních kolektorů, popřípadě se rozpadly na dvě nebo i více navzájem oddělených částí. Došlo tedy k tomu, že polygony překrytých rajonů ve skutečnosti nebyly uzavřeny a oddělené části mohly mít stejné číselné označení. Takový stav však byl naprosto neslučitelný se zásadami identifikace a musel být odstraněn. Řešení tohoto problému umožnilo použití technologie GIS.

Hydrogeologické rajony jsou nyní zobrazeny vertikálně ve třech vrstvách:

1. základní vrstvě, která pokrývá celé území ČR, s rajony v terciérních a křídových pánevních sedimentech, paleogenních a křídových sedimentech Karpatské soustavy, sedimentech svrchní křída, sedimentech permokarbonu a v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika,
2. svrchní vrstvě zahrnující oblast sedimentů svrchního kenozoika (kvartérních a propojených kvartérních a neogenních sedimentů),
3. vrstvě bazálního křídového kolektoru.

Vymezení rajonů je zobrazeno na přehledné mapě na obr. 1 a vzájemný vztah jednotlivých vrstev rajonů na obr. 2. Zvolenou technologií se odstranilo rozdělení nebo omezení podložních rajonů, k němuž docházelo při překrývání v jednovrstevném kartografickém zákresem. Trojvrstevná rajonizace umožňuje lépe uzavřít proudové systémy podzemní vody, a tím i přesněji bilancovat vícekolektorové hydrogeologické struktury. Plochy a hranice rajonů byly v základní vrstvě po odskrytí na základě regionálních i lokálních hydrogeologických prací doplněny. Tím byly opraveny neuzavřené polygony a dodržen princip samostatného značení jednotlivých oddělených polygonů.

Podrobnost výsledné verze rajonizace 1 : 50 000 je dána měřítkem použitých podkladů. Tato podrobnost je zcela vyhovující pro veškeré navazující činnosti. *Při vymezení rajonů byla důsledně uplatněna zásada, že hydrogeologický rajon musí v prostředí se souvislým zvodněním odpovídat proudovému systému, tzn. rajon nemá obsahovat více proudových systémů a jeden proudový systém nemůže zasahovat do dvou rajonů.*

K edicím map odborné povahy vydávaných tiskem se zpravidla připojují vysvětlivky nebo doprovodný text. Současná verze rajonizace je zpracována odlišným způsobem, kdy tištěné mapy jsou nahrazeny geografickými vrstvami a zákresy rajonů jsou v interaktivní mapě (obr. 1) propojeny s databází charakteristik. Tato databáze obsahuje charakteristiky jednak obecné, jednak přírodní. Všechny charakteristiky jsou v databázích uvedeny pod kódovým označením; tato forma tak umožňuje snadný výběr podle zadaných kritérií a doplňování podle aktuální potřeby.

## Útvary podzemních vod

Rámcová směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES zavedla u nás do té doby nepoužívané pojmy „vodní útvar“ a „útvar podzemní vody“. Definiční těchto pojmů byly začleněny do vodního zákona č. 254/2001 Sb.: „vodním útvarem je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu ...; útvar podzemní vody je vymezené soustředění podzemní vody v příslušném kolektoru nebo kolektorech ...“

Vodní útvary byly do národní legislativy zavedeny jako základní jednotky pro vodo hospodářské plánování. V české vodo hospodářské praxi byl vyvinut a od šedesátých let postupně propracován systém hydrogeologické rajonizace, kde jsou rajony založeny na charakteristikách přírodního horninového prostředí a vymezují jeho části, v nichž za určitých podmínek dochází ke zvodnění a oběhu podzemní vody. Rajony byly již od počátku koncipovány jako základní jednotky pro bilanci a evidenci podzemních vod a je na ně vázána základní dokumentace. Pokud tedy jde o přírodní a kvantitativní charakteristiky, jsou hydrogeologické rajony totožné s útvary podzemních vod, a bylo proto možné na nich založit přímo charakterizaci útvarů a hodnocení jejich kvantitativního stavu ve smyslu Rámcové směrnice.

Při hodnocení chemického stavu je naproti tomu nutno vzít v úvahu, že určité části hydrogeologických rajonů mohou být výrazněji ovlivněny antropogenní činností. Pro jejich efektivní management je vhodné tyto části oddělit. Týká se to hlavně rajonů v krystaliniku, proterozoiku a paleozoiku a v omezené míře některých flyšových a terciérních rajonů, které jsou složeny z lokálních kolektorů s místními drenážními bázemi. Na základě vyhodnocení vlivů a dopadů antropogenní činnosti může být proto vhodné některé rajony rozdělit na více částí a každá tato dílčí část je potom samostatným útvarem podzemních vod, s vyjádřením vlastního stavu a navazujícím návrhem opatření. Pokud však v rámci plánů oblastí povodí budou úspěšně aplikovány programy opatření na dosažení jejich dobrého stavu, bude moci v budoucnu dojít k jejich opětovnému sloučení.

Možnost dělení rajonů na dílčí celky závisí na místních podmínkách a využívá se právě při hodnocení chemického stavu vodních útvarů, protože platí zásadní podmínka, že v rámci celého útvaru má být stejný stav. Obecně však útvar podzemní vody nemůže přesahovat hranice hydrogeologického rajonu a naproti tomu v rajonech, které jsou podle přírodních podmínek dělitelné, může být pro účely hodnocení chemického stavu jeden nebo více útvarů.

Platnost vymezení vodních útvarů je ve smyslu Rámcové směrnice omezena na dobu trvání plánu oblasti povodí, tj. šest let. Lze předpokládat, že pro každý plán povodí se vodní útvary mohou v podrobném vymezení měnit. Hydrogeologické rajony je naopak podle zkušeností vhodné revidovat v delším období, přibližně 15 až 20 let. Za tuto dobu se plány povodí budou aktualizovat nejméně třikrát, a zdánlivá časová disproporce mezi dobami platnosti vymezení vodních útvarů a hydrogeologických rajonů je tedy i z praktických důvodů výhodná.

## Závěr

Hydrogeologická rajonizace 2005 představuje souhrn výsledků čtyřicetiletého vývoje poznání přírodních poměrů a zkušeností z minulých verzí rajonizace. Současné provedení, podrobnost a technologie zpracování odpovídají nárokům informačního systému veřejné správy i požadavkům vyplývajících z vodního zákona č. 254/2001 Sb. a navazujících prováděcích předpisů.

Hydrogeologické rajony současné verze byly zavedeny do hydrologické a vodo hospodářské bilance za rok 2007 a zároveň do návrhů plánů oblastí povodí, které jsou t. č. ve fázi projednávání a schvalování.

Hydrogeologická rajonizace 2005 je veřejně dostupná na webu VÚV T.G.M., v.v.i., a mimo to v monografii, která obsahuje podrobný popis teoretických a metodických principů, vývoje jednotlivých fází a přílohu CD s interaktivní mapou a kompletní databází obecných a přírodních charakteristik rajonů.



#### Poděkování

Hydrogeologická rajonizace 2005 vznikla jako realizační výstup projektu VaV/650/4/02, jehož zadavatelem bylo Ministerstvo životního prostředí ČR, garantem za odbor ochrany vod MŽP RNDr. Jan Cepák a vedoucím řešitelem RNDr. Hana Prchalová. Poděkování náleží zároveň kolektivu spolupracovníků z VÚV T.G.M., České geologické služby a firem Aquatest, Praha a Geotest, Brno, kteří se podíleli na řešení úkolu v letech 2002–2005.

#### Přehled vydání Hydrogeologické rajonizace 2005

Podzemní voda, hydrogeologické rajony. <http://www.vuv.cz>, <http://heis.vuv.cz>.

Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R. a Prchalová, H. Hydrogeologická rajonizace 2005. *Sborník geol. věd* 23, řada HIG, ČGS 2006 (včetně přílohy CD).

Olmer, M. a Dlabal, J. Hydrogeologická rajonizace 2005 (CD). HEIS VÚV, 2006 pro účastníky semináře Podzemní voda ve vodoprávním řízení III. ČVHVTS.

Ing. Miroslav Olmer  
VÚV T.G.M., v.v.i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

## JEZERO CHABAŘOVICE – VÝVOJ EKOSYSTÉMU ŘÍZENĚ ZATÁPĚNÉ ZBYTKOVÉ JÁMY PO TĚŽBĚ UHLÍ

Petr Vlasák, Ladislav Havel, Kateřina Kohušová

#### Klíčová slova

zbytková jáma Chabařovice, hydrická rekultivace, biomanipulace, vývoj ekosystému

#### Souhrn

Příspěvek popisuje praktické poznatky z průběhu řízeného zatápní (hydrické rekultivace) první velké zbytkové jámy po těžbě uhlí v České republice v lokalitě Chabařovice (50°38' N, 13°57' E). Budoucí jezero musí splňovat požadavky Rámcové směrnice EU (2000/60/ES), požadavky legislativy ČR v oblasti ochrany přírody a krajiny a vzhledem k plánovanému rekreačnímu využití i požadavky na vodu vhodnou pro koupání. Rizikovými faktory při zatápní zbytkové jámy Chabařovice jsou nepříznivá množství bilance (zhoršující se s předpokládanými scénáři klimatické změny) a kvalita zdrojů vody, které jsou navíc i zdrojem inokula fytoplanktonu a nežádoucích planktonofágních ryb. Na potlačení důsledků vysoké trofie přítoků se kromě spontánně probíhajících samočisticích procesů (posilovaných narůstajícím objemem vody) podílel i významný výskyt filtrujícího zooplanktonu (velké perloočky rodu *Daphnia*), umožněný relativně nízkým výskytem planktonofágních ryb. Vzhledem k výrazným změnám velikosti i druhové skladby zooplanktonu a k nárůstu početnosti planktonofágních ryb se od druhého kalendářního roku zatápní (2002) zbytkové jámy přistoupilo k biomanipulačním zásahům do rybí populace. Narůstající abundance velkých perlooček rodu *Daphnia* (*D. pulicaria*, *D. longispina*) a přetrvávající vysoká průhlednost vody od roku 2004 jsou prvním projevem úspěšné manipulace vodního ekosystému řízenou v rámci sbsádkou. V důsledku tvarování výtopy jezera i břehových partií (strmé svahy, potlačení členitosti břehové linie) postupně zanikly souvislé litorální porosty emerzní vegetace. Tyto výrazné změny prostředí se negativně odrazily v diverzitě, početnosti a reprodukci ptačího společenstva.

#### Úvod

Zbytková jáma Chabařovice („Milada“) je v České republice prvním realizovaným projektem řízeného zatápní (hydrické rekultivace) prostorů po těžbě hnědého uhlí. Příspěvek přináší poznatky ze sledování vývoje ekosystému zbytkové jámy po těžbě uhlí v průběhu zatápní. V rámci osmi plánovaných jezer v severozápadních Čechách bude jezero Chabařovice nejmenší – 247 ha, max. hloubka 23 m. Toto jezero se zákonitě stává, do určité míry, modelovou lokalitou pro sanační a rekultivační postupy dalších sedmi zbytkových jam, které už jsou (Ležáky u Mostu) nebo budou rekultivovány podobným způsobem v průběhu zhruba dalších 50 let.

Budoucí jezera musí, jako umělé vodní útvary, splňovat požadavky Rámcové směrnice (2000/60/ES), požadavky legislativy ČR v oblasti ochrany přírody a krajiny (zákon č. 114/1992 Sb.) a vzhledem k plánované rekreační funkci i požadavky na vodu vhodnou pro koupání (vyhláška č. 135/2004 Sb.). To vše se promítá do měrných nákladů na hydrickou

#### Key words

hydrogeological zoning, GIS

#### Hydrogeological Zoning 2005 (Olmer, M.)

The 2005 version represents the newest stage in the more than forty-year development in hydrogeological zoning in the former Czechoslovakia and later in the Czech Republic comprising three editions (1965, 1973, 1986). Hydrogeological zones were established as geologically, hydrogeologically and hydrologically defined units for regional exploration and estimation of available groundwater resources and their management. The actual version has been compiled in a GIS technology which makes possible to depict three layers of aquifers at a scale 1 : 50 000 compatible with other items of the public administration information system. The version is available on the web pages of the T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i., Prague (<http://www.vuv.cz>). The 2005 hydrogeological zones have been fully adopted in the process of implementation of the Water Framework Directive 2000/60/EC as they are identical with groundwater bodies for the purpose of characterization and classification of their quantitative status.

rekultivaci, které výrazně převyšují náklady na běžné lesnické nebo zemědělské rekultivace (obr. 1).

Problémem zatápní většiny zbytkových jam na území SZ Čech, především však v severočeských uhelných pánevích, je nepříznivá množství bilance a kvalita povrchových i podzemních vod. Od původně plánovaného využití řeky Bíliny jako hlavního zdroje zatápní severočeských zbytkových jam bylo upuštěno právě pro nevyhovující kvalitu vody.

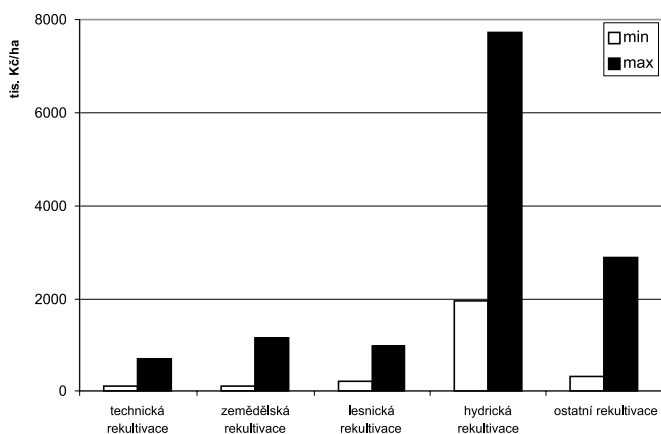
#### Specifické podmínky iniciálního stadia hydrické rekultivace lokality Chabařovice

Technická rekultivace proběhla ve třech fázích. Po vytvarování dna a svahů zbytkové jámy byla provedena izolace dna a budoucích břehů jílovitými zeminami od zbytků uhelné sloje a stařinových vod a byl vybudován masivní kamenný zához v úrovni budoucí hladiny jako ochrana před abrazivním účinkem velkých vln. Projektovaný způsob technické rekultivace výtopy jezera i břehových partií vedl k potlačení členitosti terénu a k formování relativně strmých svahů.

Ve vlastním povodí lomu Chabařovice o celkové výměře 629,8 ha (247 ha jezero) se nevyskytují dostatečné vodní zdroje, které by zajistily zatápní zbytkové jámy v relativně krátkém časovém úseku (kolem pěti let) a posléze i kompenzaci ztrát odparem. Jde o několik vodotečí víceméně jen sezonního charakteru, ve vegetačním období s průtokem od nula do několika desetin litru. Většina toků vlastního povodí zbytkové jámy se vyznačuje vysokou salinitou (až 350 mS/m), vysokým obsahem celkového dusíku a fosforu. Jejich dotace je však tak nízká, že kvalitu vody jezera významněji neovlivňují. Vliv vlastního povodí se projevuje pouze za jarního tání a za příválových dešťů, kdy v krátkém časovém období mohou toky do jezera odvést až 100 000 m<sup>3</sup> (2002) (Vlasák et al., 2002–2006).

Základním zdrojem vody pro zatápní jsou řízené přítoky z přeložky malých krušnohorských potoků, které protékají dvěma nádržemi rybníčního typu v hustě obydlené oblasti. Vyznačují se však vysokou trofií, navíc jsou i zdrojem nežádoucích planktonofágních ryb a fytoplanktonu. Koncentrace těžkých kovů a specifických organických polutantů v průběhu sledování byla většinou pod mezí stanovitelnosti.

Maximální povolený odběr pro zatápní se v současné době pohybuje kolem 700 l/s.



Obr. 1. Porovnání měrných nákladů na různé druhy rekultivací (podle Stiebitz, 2001)

Význam izolace dna a svahů zbytkové jámy je možné demonstrovat na situaci důlních jezer centrálního a východního Německa, kde tato technologie nemohla být vzhledem k odlišné geologické situaci použita. Dominantní písčité substráty v této oblasti, bohaté na pyrit a markasit, jsou příčinou vysoké kyselosti vody ve vznikajících jezerech (Gläßer, 2005). Kyselost vody se v takovýchto neizolovaných jámách pohybuje v rozmezí kolem pH 2–4, což je úroveň, která dlouhodobě neumožňuje vývoj běžných vodních společenstev ani rekreační využití.

U zbytkových jam po těžbě uhlí zatápěných eutrofní až hypertrofní vodou byla plná rekreační využitelnost předpokládána až po delším časovém období (Chour et al., 1998–2001). Praktické poznatky ze systematického sledování vývoje jezera Chabařovice (Havel et al., 2005; Vlasák et al., 2007) však zatím prokazují, že alespoň v tomto případě byl hypotetický scénář příliš pesimistický. Zásadní význam pro vývoj kvality vody v období zatápnění i po jeho finalizaci má kombinace řady faktorů: izolace dna a svahů zbytkové jámy od uhlé slaje, jejího nadloží i od důlních vod, jakost vody přítoků a procesy probíhající v jezeře (viz praktické zkušenosti ze zatápnění zbytkových jam na území Německa – Gröschke et al., 2002).

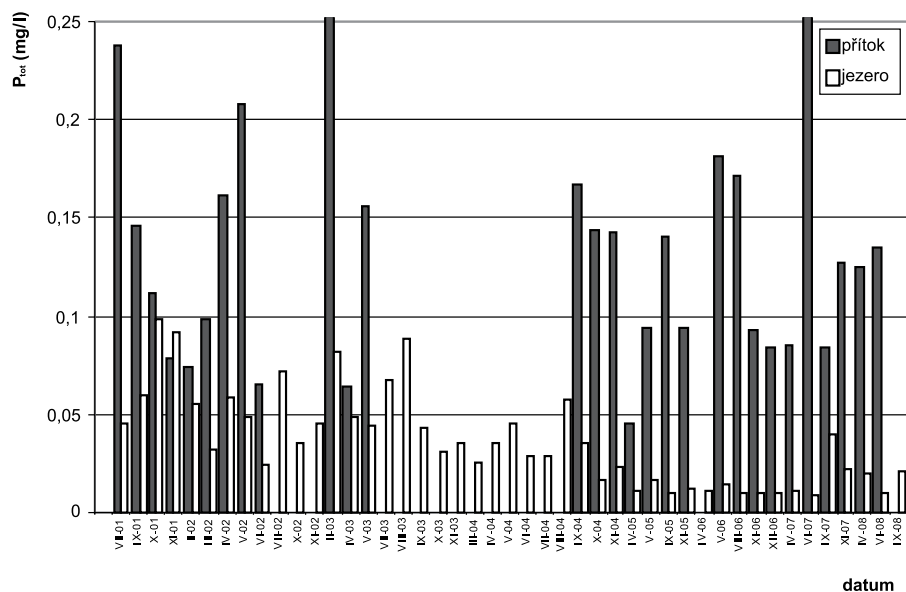
### Vývoj ekosystému jezera Chabařovice

Z dosavadních poznatků o zatápnění zbytkové jámy Chabařovice vyplývá, že i když zdroje vody pro zatápnění vrvale vykazují vysoké koncentrace živin ( $P_{tot} > 0,1$  mg/l,  $N_{tot} > 3$  mg/l), ve vznikajícím jezeře dochází k jejich významné redukci – v posledních třech letech zatápnění se kupříkladu koncentrace fosforu pohybovala pod úrovní 0,05 mg/l (většinou pod 0,02 mg/l) a koncentrace chlorofylu-a byla vždy nižší než 10 µg/l. Průhlednost vody kolísala v rozmezí 2–7 m (obr. 2, 3), přičemž její nižší hodnoty byly způsobeny základem v důsledku probíhajících rekultivačních prací. Do současné doby nebyl zaznamenán masový výskyt fytoplanktonu.

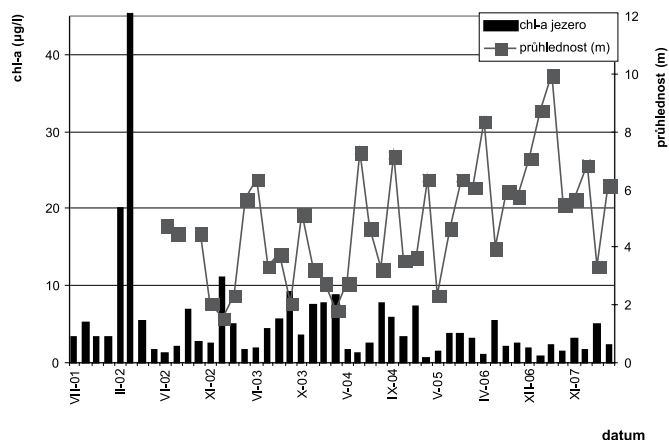
Na potlačení důsledků vysoké trofie přítoků se kromě spontánně probíhajících samočisticích procesů (posilovaných narůstajícím objemem vody) podílel i významný výskyt filtrujícího zooplanktonu (velké perloočky rodu *Daphnia*) umožněný dosud relativně nízkým výskytem planktonofágních ryb. Vzhledem k výraznému poklesu velikosti perlooček rodu *Daphnia* (obr. 4) vyvolanému zřejmě nárůstem početnosti planktonofágních ryb bylo od druhého kalendářního roku (2002) napouštění jezera přistoupeno k biomanipulačním zásahům do rybí populace. Tato opatření spočívala ve vysazování dravých ryb a odlovu ryb nežádoucích (Vlasák, et al., 2005–2006). V roce 2005 hodnota CPUE (catch per unit effort – množství ryb na jednotku lovného úsilí) odpovídala hodnotě 8,4 kg/tenato/24 h (Vlasák et al., 2007; Vlasák et al., 2005); v roce 2006 bylo zjištěno, že biomasa ryb nepřevýšila 30 kg/ha (Kubečka et al., 2006). Za hraniční hodnoty pro úspěšné biomanipulace zaměřené na redukci početnosti planktivorních ryb je považováno rozmezí 50–120 kg/ha (Matěna a Vyhánek, 1996, 1996a; Benndorf, 1990; Sedá et al., 2000). Mehner se svými spolupracovníky (2004) však považují za bezpečnou hranici v podmínkách jezer jen 50 kg/ha.

Narůstající abundance velkých perlooček rodu *Daphnia* (*D. pulicaria*, *D. longispina*) od roku 2004, stoupající hodnoty průhlednosti a klesající trend hodnot chlorofylu jsou prvním projevem úspěšné manipulace jezera Chabařovice rybí obsádkou (obr. 3, 4).

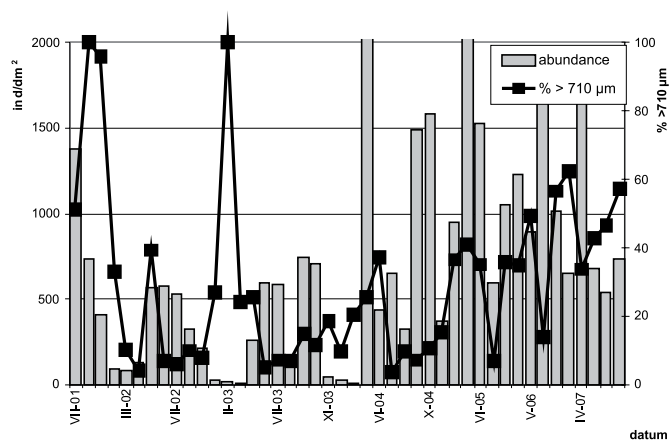
Kvalita vody jezera Chabařovice je samozřejmě i výsledkem spontánně probíhajících samočisticích procesů, které jsou posilovány narůstajícím objemem vody a snižujícím se zastoupením mělkých litorálních partií. Významnou roli v postupné oligotrofizaci jezera hraje i selektivní využití čerpaných důlních



Obr. 2. Koncentrace fosforu (mg/l) v řízeném zdroji vody a v jezeře v období 2001–2008



Obr. 3. Koncentrace chlorofylu-a a průhlednost vody (Chabařovice, 2001–2008)



Obr. 4. Celková abundance perlooček rodu *Daphnia* v jezeře Chabařovice (2001–2007); podíl velikostní frakce > 710 µm na celkové abundanci

Tabulka 1. Početnost vodních ptáků vybraných řádů z období konce května a první dekadý června (J) a září až října (P) v letech 2001–2008

Řád	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008	
	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P
<b>Potápky</b> <i>Podicipediformes</i>			51	12	46	5	63	11	63	33	29	3	24	23	15	16
<b>Vrubozobí</b> <i>Anseriformes</i>	5	50	61	224	82	57	172	61	51	97	22	59	27	60	58	76
<b>Krátkokřídlí</b> <i>Ralliformes</i>	4	50	101	362	64	165	160	1417	46	58	19	68	8	490	4	276
<b>Dlouhokřídlí</b> <i>Lariformes</i>	6		232	5	15	14	22	5	53	4	50		10			1
<b>Celkem</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>445</b>	<b>603</b>	<b>207</b>	<b>241</b>	<b>306</b>	<b>1605</b>	<b>213</b>	<b>192</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>69</b>	<b>573</b>	<b>77</b>	<b>369</b>

**Tabulka 2.** Fluktuace početnosti a odhad intenzity reprodukce (% hnízdících párů) vybraných druhů v období 2002–2008; pozn.: ( ) = početnost v VI. měsíci; \* = k dispozici údaje z konce V. a VIII. měsíce

Druh	2002	2003	2004	2005	2006*	2007	2008
<b>Potápka černokrká</b> <i>Podiceps nigricollis</i>	(44) 70–80 %	(35)	(42) 70–100 %	(8)	(3)	(0)	(0)
<b>Potápka malá</b> <i>Tachybaptus ruficollis</i>	(3)	(5)	(11) 30–50 %	(2)	(1)	(1)	(0)
<b>Potápka roháč</b> <i>Podiceps cristatus</i>	(4) 100 %	(6)	(10)	(53) 23–25 %	(25) 72 %	(23)	(15)
<b>Labuť velká</b> <i>Cygnus olor</i>	(4)	(12) 16 %	(18) 10–25 %	(5)	(2)	(8)	(2)
<b>Kachna divoká</b> <i>Anas platyrhynchos</i>	(21) 10 %	(30) 50–60 %	(50) 30–50 %	(13) 25–30 %	(9)	(9) 17 %	(41)
<b>Poňák chocholačka</b> <i>Aythya fuligula</i>	(30) 3–5 %	(40)	(20) 10 %	(33) 25–60 %	(10)	(8)	(7)
<b>Lyska černá</b> <i>Fulica atra</i>	(101) 25 %	(64) 3 %	(160) 60 %	(46) 10 %	(19)	(8)	(4)
<b>Racek chechtavý</b> <i>Larus ridibundus</i>	(232) 80–90 %	(15)	(23)	(50)	(35)	(0)	(0)

železitých vod (až 3000 µg/l Fe), které přispívá ke srážení fosforu ve vodním sloupci a jeho depozici v nerozpustné formě na dně jezera.

### Kvalitativní a kvantitativní charakteristika populace vodních ptáků a ptáků pobřežní zóny

Jako jeden z možných indikátorů kvality prostředí jezera jako nového krajinného prvku byla sledována synusie vodních ptáků a ptáků pobřežní zóny.

Ze zhodnocení početnosti vybraných řádů vodních ptáků v hnízdním období a na podzim (*tabulka 1*) je patrné, že jejich abundance dosáhla vrcholu v období 2002–2004. Šlo o období s existencí větší vodní plochy, zpočátku s maximální diverzifikací břehové linie, výskytem ostrovů a daleko do vody vyběhajících kos a bohatým terestrickým i emerzním litorálním krytem. V posledních čtyřech letech (2005–2008) došlo ke ztrátě vegetačního krytu a k radikální redukci litorálních pásem. Lokalita již není atraktivní pro kachnovité (*Anatidae*), chřástalovité (*Rallidae*) ani rackovité (*Laridae*). Roky 2006 a 2007 lze považovat za hlediska vývoje populace většiny vodních ptáků jezera Chabařovice za zlomové. Například v roce 2006 zde hnízdilo již jen 12 párů potápky roháče (*Podiceps cristatus*), o rok později již hnízdění prokázáno nebylo, i když jejich abundance byla zhruba stejná (*tabulka 2*).

Za příčinu negativního trendu v diverzitě, početnosti a reprodukci ptáčího společenstva lze považovat především nepříznivé tvarování výtopy jezera i břehových partií (strmé svahy, potlačení členitosti břehové linie) doprovázené likvidací původních sukcesních rostlinných společenstev.

### Závěr

Jezero Chabařovice je zatím jediným případem velké, potenciálně eutrofní nádrže v České republice, kde se kombinací technických a biologických opatření zatím podařilo zvrátit přirozený vývoj směřující k vegetačnímu zákalu a udržet vysokou průhlednost odpovídající požadavkům na jeho budoucí využití.

Plánované široké rekreační využití důlního jezera si vyžádá obsáhlý management, který by měl kromě očekávaných finančních nákladů na „běžnou hospodářskou údržbu“ zahrnovat systematický monitoring vývoje celého umělé vytvořeného ekosystému. Nelze očekávat, že vývoj všech plánovaných jezer v místech zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí bude totožný (rozdílná geologická situace, morfologie, zdroje vody aj.). Soustavný monitoring sukcesního vývoje ekosystému jezer je, alespoň v prvních letech, zárukou odhalení nečekaných, nežádoucích, někdy i ireverzibilních vývojových trendů, které je možné včas patřičným způsobem korigovat.

### Literatura

- Benndorf, J. (1990) Conditions for effective biomanipulation; conclusions derived from whole-lake experiments in Europe. *Hydrobiologia*, vol. 200/201, 1990, p. 187–203.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Gröschke, A., Uhlmann, W., Rolland, W., and Grünwald, U. (2002) Hydrochemische Entwicklung Lausitzer Tagebauseen während der Flutung – Beispiel Gräbendorfer See. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 46(6): 256–267.
- Havel, L., Vlasák, P., Adámek, Z., Jurajda, P., and Frančová, A. (2005) Nutrients, phytoplankton, zooplankton and fish stock development during the Chabařovice residual mining pit flooding. *Proc. 4th Symp. European Freshwater Sc.*, Jag. University, Krakow, Poland, August 22–26: 78.
- Kubečka, J., Draščík, V., Prchalová, M., Říha, M., Peterka, J., Vašek, M., Frouzová, J., Hohaňová, E., Jarolím, O., Jůza, T., Tušer, M., Racek, V., Uhlíř, F., and Uhlířová, A. (2006) Complex estimation of fish stock in the mining lake Chabařovice. In Sacherová, V. (ed.) *Sborník 14. konf. České limnologické spol. a Slovenskej limnologickéj spol., Nečtiny 26.–30. 6. 2006* : 114–116 (in Czech).
- Matěna, J. a Vyhňálek, V. (1996) Ovlivňování potravních sítí ve vodních nádržích. In Eiseltova, M. (ed.) *Restoration of lake ecosystems – a holistic approach*. IWRB Publ. 32: 169–173 (Czech transl.).
- Matěna, J., Vyhňálek, V. a Šimek, K. (1996a) Ovlivňování potravních sítí v nádržích. In Eiseltova, M. (ed.) *Restoration of lake ecosystems – a holistic approach*. IWRB Publ. 32: 97–103 (Czech transl.).

Mehner, T., Arlinghaus, R., Berg, S., Döhner, H., Jacobsen, L., Kasprzak, P., Koschel, R., Schulze, T., Skov, C., Wolter, C., and Wysujack, K. (2004) How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 261–275.

Seda, J., Hejzlár, J., and Kubečka, J. (2000) Trophic structure of nine Czech reservoirs regularly stocked with piscivorous fish. *Hydrobiologia*, 429: 141–149.

Stiebitz, J. (2001) Současný stav zahlabování důsledků hornické činnosti formou sanací a rekultivací včetně některých problémů spojených s touto činností. *Symp. Hornická Příbram ve vědě a technice*, sekce Horní právo, poř. č. L9: 6 pp. (CD, ISBN 80-239-5211-0; <http://www.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/legislative/09/L09.htm>).

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Vlasák, P., Havel, L., Kašpárek, L. a Vránek, T. (2002–2006) Zatápění zbytkové jámy Chabařovice – model vývoje mělkého jezera v podmínkách uhelné pánve. Zprávy VÚV T.G.M. pro MZP ČR.

Vlasák, P., Havel, L., Adámek, Z. a Jurajda, P. (2005) Jezero Chabařovice: Ichtyologické posouzení a management rybí obsádky. Zpráva VÚV T.G. M. Praha pro PKÚ Ústí nad Labem, HS OZPP/Ra/122/2005: 19 pp.

Vlasák, P., Havel, L. et al. (2005–2006) Hydro-ekologická revitalizace krajiny ovlivněné lidskou činností. In Fuksa, J.K. et al. (2005–2006) Výzkum a ochrana hydrosféry – výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů. Výzk. záměr MZP ČR MZP0002071101.

Vlasák, P., Havel, L., and Adámek, Z. (2007) Water reclamation of the residual coal mining pit in the Czech Republic. *Proc. Fifth Symp. European Freshwater Sc.*, Palermo, Italy, July 8–13, 2007: 265. Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101.

doc. RNDr. Petr Vlasák, CSc.

RNDr. Ladislav Havel, CSc.

RNDr. Kateřina Kohušová

VÚV T.G.M., v.v.i., Praha

[petr\\_vlasak@vuv.cz](mailto:petr_vlasak@vuv.cz), [ladislav\\_havel@vuv.cz](mailto:ladislav_havel@vuv.cz),

[katerina\\_kohusova@vuv.cz](mailto:katerina_kohusova@vuv.cz)

Příspěvek prošel lektorským řízením.

### Key words

Chabařovice coal mining pit, water reclamation, biomanipulation, ecosystem development

*The Chabařovice Lake – an ecosystem development in a controlled flooded residual mining pit (Vlasák, P., Havel, L., Kohušová, K.)*

The Chabařovice lake is the first water reclamation of a residual coal mining pit in the north-west part of the Czech Republic. The planned parameters of the future lake are: surface area 247 ha; total water volume 34 mil. m<sup>3</sup>; max. depth 23 m (current depth in November 2008 – 18 m); mean depth 15 m. The main risk connected with the proposed use of the lake is a high trophic level of the main tributaries. Moreover, these tributaries are sources of fish and phytoplankton inoculum. The in-lake processes lead to the decrease in total phosphorus concentration to values lower than 0.05 mg/l (mostly lower than 0.02 mg/l). The Secchi depth (transparency) fluctuates between 2–7 meters (lower values are mostly affected by the presence of mineral particles). Chlorophyll-a concentrations (less than 10 mg/m<sup>3</sup>) are lower than the Dillon-Rigler's equation supposes. Initially, the zooplankton abundance, size and species composition have changed from the beginning of flooding because of the substantial change in quantitative and qualitative parameters of the fish populations; this could be a serious threat for the further development of water quality. Therefore, a selective fish stocking and withdrawal (biomanipulation, based on the “top-down effect”) has been applied. The increasing abundance of large *Daphnia* species (*D. pulicaria*, *D. longispina*) since 2004 and the persisting high transparency could be regarded as the first results of a successful biomanipulation impacts on the lake ecosystem. Unfavourable technical reclamation of the mining pit (steep slopes, suppression of the shoreline development) which took place during the years 2001–2006 resulted in changes of waterbirds populations; their density, diversity and reproduction have decreased distinctively.

The future water quality will be strictly dependent on the suitable management of the lake. The ongoing biological survey of water quality development is important and necessary, as it could give the early warning when further reclamation steps are necessary. The adverse effects rising from the recreational use (including sport fishing) could not be underrated.

# HYDROLOGICKÉ HODNOCENÍ POVODNÍ NA HORNÍ BLANICI

Václav Matoušek

## Klíčová slova

regionální dešť, srážkoodtokový proces, povodeň, součinitel přímého odtoku, retenční vodní kapacita půdy, tlumení povodně rozlivem

## Souhrn

V horním povodí Blanice jsou dvě srážkoměrné a jedna průtokoměrná stanice. Data ze tří povodní dovolila jejich hydrologické vyhodnocení, podle popsané metodiky založené na určování součinitele přímého odtoku ze změřené srážky a průtoku. Součinitel udává, jak velká část srážky se přeměňuje na přímý odtok a narůstá v závislosti na růstu srážkového úhrnu. V povodí horní Blanice dosahuje maximální možné hodnoty při úhrnu kolem 80 mm. Při nasyceném povodí předchozí srážkou dosáhl této hodnoty již při úhrnu kolem 35 mm. Zjištěné hodnoty součinitele přímého odtoku vypovídají o odtokových vlastnostech povodí a upozorňují na anormálnost hydrogramu povodně a na změny ve velikosti odtoku.

## Úvod

Na Blanici se v posledních letech vyskytly tři povodně. Dvě mimořádně velké v srpnu 2002 a menší v září 2007. Zaměřili jsme se na vyhodnocení povodní na horní Blanici, kde nejsou průtoky ovlivněny nádrží, srážky se měří ve dvou stanicích a průtok v limnigrafické stanici Blanický Mlýn. Povodí o ploše 85,51 km<sup>2</sup> je asi z 50 % pokryto lesem a zbytek jsou převážně zatravněné plochy. Osídlení je velmi malé.

## Metodika hodnocení povodní na malých povodích

Velikost průtoku ze srážky udává vztah

$$Q_t = F_t k_o H_t \frac{10^3}{60t} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1-1)$$

kde  $F_t$  – plocha odtoku odpovídající době dotoku  $t$  v km<sup>2</sup>,  
 $k_o$  – součinitel přímého odtoku,  
 $H_t$  – úhrn srážky za dobu dotoku  $t$  v mm,  
 $t$  – doba dotoku, doba od začátku deště, který způsobil odtok, po zvolený čas v min.

Ve vztahu (1-1) je celá složitost srážkoodtokového procesu vložena do jedné veličiny, a to do součinitele přímého odtoku  $k_o$ . Pokud budeme znát hodnoty této veličiny, můžeme bez obtíží předpovídat povodňové průtoky ze srážky a při znalosti možných srážek určovat, jak velké povodně mohou být. Součinitel přímého odtoku  $k_o$  je klíčovou veličinou a na ní se soustřeďuje vyhodnocení povodně. U hodnocené povodně známe průtoky a srážky a ze vztahu (1-1) můžeme vypočítat hodnoty součinitele přímého odtoku  $k_o$ , hledat jeho závislosti na různých veličinách, porovnávat jeho hodnoty s hodnotami z jiných povodní a zjišťovat odchylky.

Pro stanovení součinitele  $k_o$  ze vztahu (1-1) je potřebné znát plochu odtoku v čase  $t$ . Velikost této plochy závisí na rychlosti stékání vody po terénu a rychlosti vody v toku. Rychlosti vody lze stanovit z Chézyho rovnice a z nich se pak vypočítají délky dráhy, kterou dešťová voda urazí za zvolený čas  $t$ . Získané hodnoty dovolují vykreslit do mapy povodí izochrony, a tak vymezit plochy odtoku pro různé časy dotoku  $t$ . Získání potřebných veličin pro výpočet je často obtížné. Mnohem schůdnější je zjistit dobu koncentrace a z ní a celkové plochy povodí odvodit plochy odtoku pro potřebné doby dotoku.

Doba koncentrace je doba, za kterou doteče voda do měrného profilu na toku i z toho nejvzdálenějšího místa v povodí. V době koncentrace se na průtoku v měrném profilu podílí celé povodí. Plocha odtoku  $F_t$  se rovná ploše povodí. Doba koncentrace lze odvodit z porovnání hydrogramu povodňové vlny s časovým vývojem dešťové srážky.

Nejjednodušší způsob hrubého odhadu velikosti plochy odtoku představuje určení plochy odpovídající jedné hodině odtoku z plochy povodí a doby koncentrace ( $F/\tau_k$ ). Zjištěná doba koncentrace vyjadřuje odtokové podmínky v povodí a nelze ji při určování plochy odtoku opomenout. Rozdělení plochy povodí na stejné díly nevystihuje průběh srážkoodtokového procesu. Rychlost

odtoku se v průběhu deště mění. Na začátku deště je rychlost odtoku velmi malá a s narůstající srážkou se zvětšuje. Zvětšuje se množství vody na povrchu terénu i průtok vody v toku. Vztah pro určení velikosti plochy odtoku by měl zahrnovat i vliv srážkového úhrnu.

Úhrn srážky reprezentuje určitou tloušťku vrstvy vody na svahu. Z hydraulického pohledu to je hydraulický poloměr proudu, který se vyskytuje v Chézyho rovnici pro určování rychlosti vody. Velikost plochy odtoku závisí na rychlosti stékající vody po svahu, a to vybízí uvažovat ve vztahu pro výpočet plochy odtoku s  $\sqrt{H_t}$ .

Plochu odtoku lze zjednodušeně stanovit ze vztahu

$$F_t = a \tau_t \sqrt{H_t} \quad (1-2)$$

kde  $F_t$  – plocha odtoku odpovídající době dotoku v čase  $t$  v km<sup>2</sup>,  
 $\tau_t$  – doba dotoku – doba  $t$  v h,  
 $H_t$  – úhrn srážky za dobu  $t$  v mm,  
 $a$  – koeficient.

Vztah (1-2) připomíná Chézyho rovnici, ale chybí v něm sklon terénu. Ve vztahu se vyskytuje koeficient  $a$ , který postihuje odtokové vlastnosti povodí v dané situaci hodnocené povodně, určené dobou koncentrace ve vztahu k velikosti povodí a úhrnu srážky. Určuje se z plochy povodí, ze zjištěné doby koncentrace a úhrnu srážky za dobu koncentrace, a to ze vztahu

$$a = \frac{F_k}{\tau_k \sqrt{H_k}} \quad (1-3)$$

kde  $F_k$  – plocha povodí,  
 $H_k$  – úhrn srážky za dobu koncentrace,  
 $\tau_k$  – doba koncentrace.

Vztahy (1-2) a (1-3) dovolují stanovit plochy odtoku pro probíhající povodeň a ze vztahu (1-1) vypočítat součinitele přímého odtoku. Postup výpočtu dokumentují hodnocené povodně.

Plocha odtoku stanovená ze vztahu (1-2) je závislá na srážkovém úhrnu a ovlivňuje velikost vypočteného součinitele přímého odtoku. Srážka není rovnoměrná a velké změny v úhrnu srážky v krátkém časovém úseku se projevují i ve velikosti vypočtené plochy odtoku. V takových případech je nutné provést kritický rozbor časového úseku a hodnoty upravit do reálné podoby. Hodnocení povodně z 12. srpna 2002 ukazuje takový případ a podává jeho řešení.

Získané hodnoty součinitele přímého odtoku dovolují zjišťovat závislost na úhrnu srážky, popřípadě jiných veličinách a hodnotit povodeň, jak je uvedeno dále.

## Vyhodnocení povodně ze 7.–8. srpna 2002

Povodeň způsobil dlouhotrvající dešť, který v povodí dosáhl úhrnu 142,5 mm. Údaje o srážkách přináší *tabulka 1*. Hydrogram povodňové vlny dokumentuje *obr. 1*.

*Tabulka 2* uvádí vývoj srážky pro různé doby koncentrace. Z hydrogramu povodňové vlny vyplývá, že kulminační průtok se dostavil kolem 16:00 h 7. srpna a kolem kulminační hodnoty setrval až do 24:00 h. Po této době nastal postupný pokles průtoku. Takový hydrogram může

**Tabulka 1.** Hodinové úhrny srážek (v mm) ve vybraných stanicích (čas SELČ) a povodí horní Blanice

Datum	Čas	6.–7. srpna 2002			Datum	Čas	6.–7. srpna 2002		
		Ktiš-Tis-ovka	Zbytiny	Povodí hor. Blanice			Ktiš-Tis-ovka	Zbytiny	Povodí hor. Blanice
6. 8.		0			8:00	4,4	7,4	5,9	
					9:00	1,9	6,0	3,95	
					10:00	3,1	8,4	5,75	
					11:00	8,2	7,1	7,65	
					12:00	6,4	4,0	5,2	
					13:00	8,1	1,9	5,0	
					14:00	0,7	1,9	1,3	
	14:00				15:00	2,2	2,5	2,35	
	15:00	0	0		16:00	3,5	1,6	2,55	
	16:00	0	0,2	0,1	17:00	1,3	4,7	3,0	
	17:00	1,1	1,9	1,5	18:00	2,7	5,7	4,2	
	18:00	5,3	5,3	5,3	19:00	6,7	7,4	7,05	
	19:00	3,7	6,1	4,9	20:00	5,5	6,0	5,75	
	20:00	5,2	6,1	5,65	21:00	1,2	2,6	1,9	
21:00	3,8	6,0	4,9	22:00	3,5	5,3	4,4		
22:00	3,7	9,7	6,7	23:00	3,3	6,0	4,65		
23:00	5,7	4,8	5,25	24:00	1,7	3,0	2,35		
24:00	3,2	4,2	3,7	8. 8.	1:00	0,3	0,6	0,45	
7. 8.	1:00	2,5	4,1		3,3	2:00	0	1,1	0,55
	2:00	5,2	5,4		5,3	3:00	0,3	1,8	1,05
	3:00	4,8	6,9		5,85	4:00	0,2	2,4	1,3
	4:00	7,6	2,2		4,9	5:00	1,2	1,0	1,1
	5:00	4,0	1,1		2,55	6:00	0,5	2,1	1,3
	6:00	1,8	1,9		1,85	7:00	0,1	0	0,05
	7:00	4,8			2,4				
				2,4					
				Σ mm/den		67,0	89,7	78,35	
		Σ mm/den	62,4	65,9	64,15				

vytvořit jen srážka, jejíž koncentrační úhrn dosahuje maximální hodnoty kolem 16:00 h, zůstává v blízkosti této hodnoty až do 24:00 h a pak následuje její postupný výrazný pokles. Uvedený požadavek na průběh koncentračního úhrnu srážky splňuje podle *tabulky 2* úhrn s dobou koncentrace 23 h. Úhrn koncentrační srážky vrcholí v 16:00 h hodnotou 102,2 mm, na hodnotě kolem 98 mm setrvává až do 24:00 h a pak postupně výrazně klesá.

Má-li se určit součinitel přímého odtoku, je nutné stanovit ze vztahu (1-2) plochy odtoku odpovídající jednotlivým dobám dotoku. Doba koncentrace činí 23 h a plocha povodí je 85,51 km<sup>2</sup>. Koeficient *a* stanovíme ze zjištěné doby koncentrace, úhrnu srážky za dobu koncentrace a známé plochy povodí. Ze vztahu (1-3) pro situaci na povodí horní Blanice ze 7. srpna 2002 plyne

$$a = \frac{85,51}{23 \cdot \sqrt{101,1}} = 0,370.$$

Plochy odtoku se počítají ze vztahu (1-2). Například pro dobu dotoku 5 h, tj. v čase 21:00 h, je úhrn srážky 22,3 mm (viz *tabulku 1*) a plocha odtoku činí

$$F_{5h} = 0,370 \times 5 \sqrt{22,3} = 8,7 \text{ km}^2.$$

*Tabulka 3* poskytuje vypočtené součinitele přímého odtoku ze změřené srážky a změřených průtoků popsanou metodou. Součinitel přímého odtoku je zpočátku velmi malý a s nárůstem úhrnu srážky roste. Podle *tabulky 3* postupně narůstá až do hodnoty 0,45 a pak jeho hodnota klesá a paradoxně se zvětšuje až v čase, kdy průtok výrazně klesá. Hodnoty součinitele přímého odtoku pro srážkový úhrn větší než 79,65 mm prozrazují, že **do procesu odtoku vstoupil další jev**, a tím je **rozliv do inundačního území**. Rozlivem se voda zdržuje v údolní nivě a měřený průtok vody ve stanici se snižuje a součinitel přímého odtoku vypočtený ze vztahu (1-1) má zákonitě nižší hodnoty. Do hodnot vstupuje vliv zdržování vody v inundačním území.

Hodnoty součinitele přímého odtoku před rozlivem vykazují jednoznačný růst v závislosti na nárůstu úhrnu srážky. Podrobný rozbor ukázal, že rozliv začal v době, kdy v limnigrafické stanici průtok překročil 15,6 m<sup>3</sup>/s.

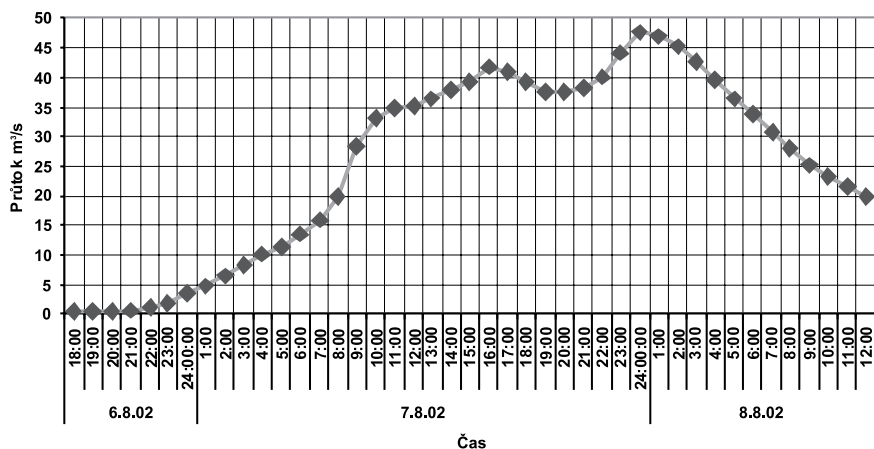
Pro poznání srážkooodtokového procesu je důležité zjistit hodnoty součinitele přímého odtoku neovlivněné rozlivem do inundačního území. Takové hodnoty poskytují hydrologická vyhodnocení povodní na tocích bez výrazného inundačního území. Tokem tohoto charakteru je např. Křemžský potok nad obcí Brloh, jehož povodí sousedí s povodím Blanice. Vyhodnocení povodně na horním povodí Křemžského potoka ze 7. až 8. srpna 2002 přineslo hodnoty *k<sub>o</sub>* zachycené na *obr. 2*. Hodnoty součinitele přímého odtoku rychle narůstají v závislosti na srážkovém úhrnu, až dosáhnou maximální možné hodnoty, která se velmi blíží hodnotě 1. V případě Křemžského potoka byla maximální hodnota dosažena při srážkovém úhrnu 126 mm.

Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu dokumentovaná na *obr. 2* nabízí postup k odvození hodnot *k<sub>o</sub>* neovlivněných rozlivem. Vyhodnocení povodně ze 6.–7. září 2007 ukazuje, že v současnosti dochází k rozlivu až za větších průtoků, a to > 32,6 m<sup>3</sup>/s. Součinitele přímého odtoku neovlivněné rozlivem pro průtok 22,02 m<sup>3</sup>/s a 32,22 m<sup>3</sup>/s udává *tabulka 8*. Hodnoty jsou vyneseny v grafu na *obr. 3* (kruhové značky) a ukazují jednoznačný trend vzestupu hodnot součinitele přímého odtoku neovlivněných rozlivem. Když se pokračuje v tomto trendu, dosáhne součinitel přímého odtoku hodnotu velmi blízkou 1 při úhrnu srážky kolem 80 mm. *Obrázek 3* zachycuje hodnoty součinitele přímého odtoku *k<sub>o</sub>* jak vypočtené ze změřené srážky a změřeného průtoku pomocí vztahu (1-1), tak hodnoty odvozené z dat z povodně 6. 9. 2007 a trendu dat z Křemžského potoka. Hodnoty neovlivněné rozlivem vypovídají o podílu srážky na odtoku z povodí do toku a hodnoty ovlivněné rozlivem vyjadřují míru tlumení průtoků rozlivem.

### Vyhodnocení povodně z 11.–12. srpna 2002

Údaje o srážce uvádí *tabulka 4* a o průtoku ve stanici Blanický Mlýn *obr. 4*. Hydrogram má v prvních hodinách povodně obdobný tvar jako hydrogram povodně ze 7. srpna 2002. Zjevný vzestup průtoků nastal 11. 8. v 19:00 h, tj. v době, kdy již přšelo 4 h a za tu dobu napršelo 9,2 mm (*tabulka 4*). Déšť od 13. do 15. h byl velmi malý a nezpůsobil povrchový odtok.

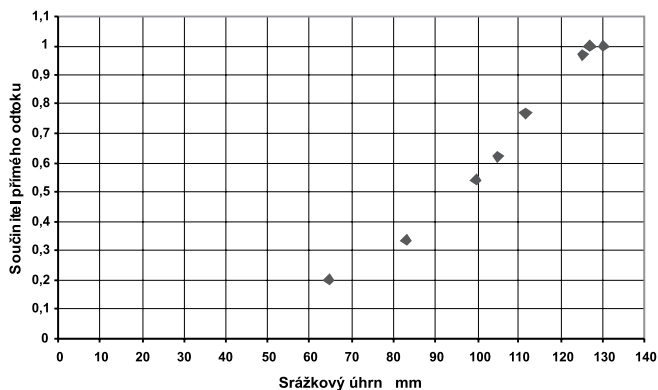
Při hodnocení povodně postupujeme stejným způsobem jako v předchozím případě. Nejdříve stanovíme dobu koncentrace porovnáním tvaru povodňové vlny s časovým průběhem srážky. Povodňová vlna má tvar, který vnucuje domněnku, že doba koncentrace činila 17 h. Déšť, který vyvolal povrchový odtok, nastal po 15. h a kulminace průtoků se dosta-



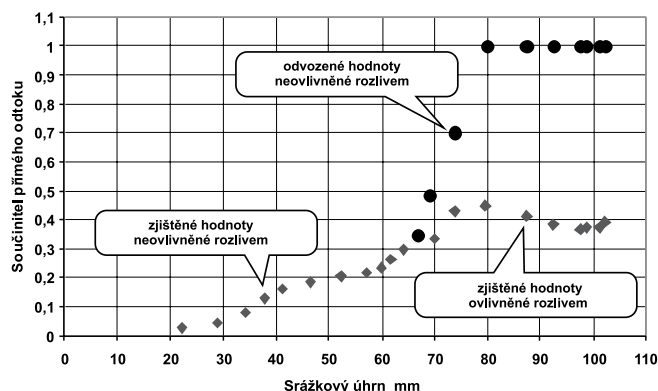
**Obr. 1.** Hydrogram povodňové vlny ve stanici Blanický Mlýn

**Tabulka 2.** Časový vývoj srážkového úhrnu pro různé doby koncentrace

Datum	Čas	<i>H<sub>k</sub></i> v mm pro dobu koncentrace				
		20 h	21 h	22 h	23 h	24 h
7. 8. 02	12:00	92,50				
	13:00	96,00	97,50			
	14:00	92,00	97,30			
	15:00	89,45	94,35	99,65	101,15	
	16:00	86,35	92,00	96,90	102,20	103,70
	17:00	84,55	89,35	95,00	99,90	105,20
	18:00	82,05	88,65	93,55	99,20	104,10
	19:00	83,90	89,00	95,70	100,60	106,25
	20:00	85,95	89,50	94,75	101,45	106,35
	21:00	84,55	88,70	91,40	96,65	103,35
22:00	83,65	88,80	92,10	95,80	101,05	
23:00	82,45	88,15	93,45	96,75	100,45	
24:00	79,90	84,65	90,50	95,80	99,10	
8. 8. 02	1:00			85,10	90,95	96,25
	2:00			80,75	85,65	91,10
	3:00				81,80	86,70
	4:00				80,55	83,10
	5:00				77,60	81,65



**Obr. 2.** Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu v horním povodí Křemžského potoka zjištěná vyhodnocením povodně 7. srpna 2002



**Obr. 3.** Závislost součinitele přímého odtoku *k<sub>o</sub>* na srážkovém úhrnu v horním povodí Blanice nad stanicí Blanický Mlýn za povodně 7. srpna 2002



Hodnocení povodně postupuje podle popsané metodiky. Dobu koncentrace určuje shoda tvaru povodňové vlny s časovým průběhem srážky. Hydrogram povodně má jednoduchý tvar s jasnou kulminací a hledá se časová řada úhrnu srážek s dobou koncentrace, která dosahuje maximálního úhrnu ve 23:00 h, kdy povodeň kulminuje. *Tabulka 7* přináší časový vývoj srážkového úhrnu pro různé doby koncentrace. Největšího úhrnu ve 23:00 h dosahují úhrny hned pro tři doby koncentrace: pro 21, 23 a 24 h. U povodně 7.–8. srpna 2002 jsme odvodili dobu koncentrace 23 h. Srážka 5. až 6. září 2007 má o málo menší intenzitu, a proto nejdříve zvolíme dobu koncentrace 24 h.

*Tabulka 8* uvádí pro datum a čas dobu dotoku a úhrn srážky. Době koncentrace 24 h odpovídá srážkový úhrn 72,21 mm. Uvedené hodnoty dovolují vypočítat ze vztahu (1-3) koeficient  $a$  ( $a = 0,4193$ ). V *tabulce 8* jsou vypočtené plochy odtoku ze vztahu (1-2) a ze změřeného průtoku a úhrnu srážky ze vztahu (1-1) součinitele přímého odtoku. Za změřený průtok  $Q$  se uvažuje průtok odečtený ve stanici a snížený o základní průtok. Ten v daném případě činil  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

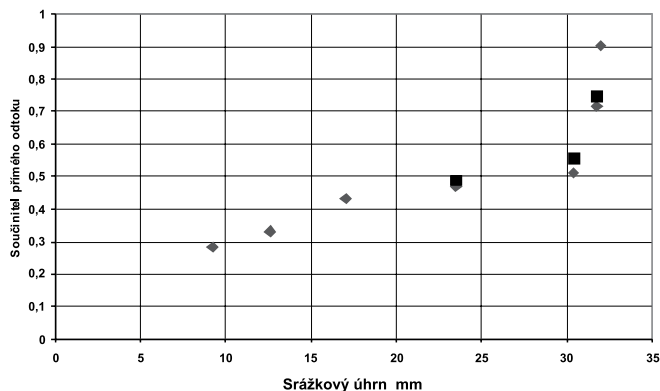
Vypočtené hodnoty součinitele přímého odtoku jsou vyneseny do grafu na *obr. 7* a jsou zobrazeny kosočtvercovými značkami. Po srážkovém úhrnu 72,2 mm přestávají hodnoty  $k_0$  růst a zůstávají na úrovni okolo hodnoty 0,51. V té době již průtok vody ve stanici překročil hodnotu  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  a nastal rozliv do inundačního území. Voda se zadržovala v inundačním území a docházelo k tlumení průtoku.

Mezi srážkovým úhrnem 60 a 70 mm vykazují hodnoty  $k_0$  prudký vzestup, který musel zákonitě pokračovat až do dosažení maximální možné hodnoty. V grafu na *obr. 7* jsou odvozené hodnoty součinitele přímého odtoku  $k_0$  zobrazeny kruhovými značkami. Maximální hodnota je dosažena při srážkovém úhrnu 80 mm.

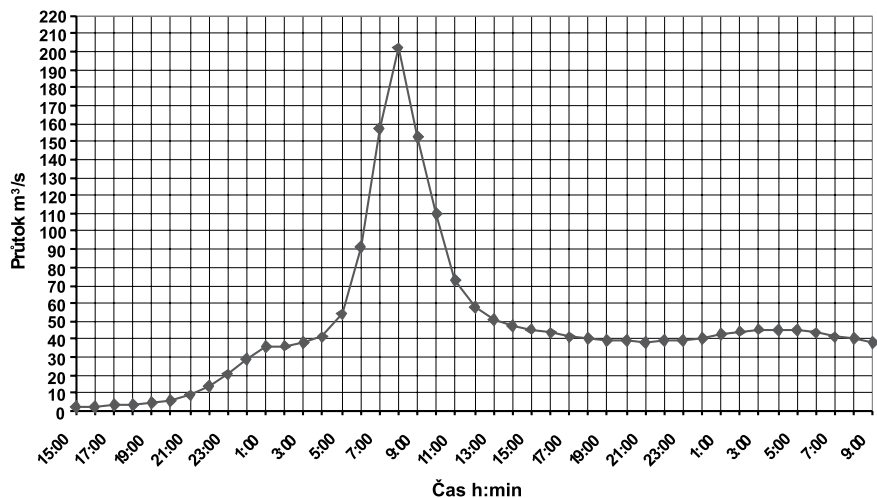
Graf je velmi podobný grafu na *obr. 3*, který je výsledkem hodnocení povodně 7. srpna 2002. Grafy mají dvě odlišnosti. Za povodně 7. září 2007 jsou za malých srážkových úhrnů vyšší hodnoty  $k_0$  a vzhledem k větší kapacitě koryta jsou hodnoty  $k_0$  ovlivněné rozlivem vyšší. Inundační území je méně využito. Vyšší hodnoty součinitele  $k_0$  za malých úhrnů srážky zřejmě souvisí se stavem travního porostu. Začátkem září je travní porost jiný než začátkem srpna a louky jsou v září již posečené, a je z nich tedy větší odtok.

### Diskuse výsledků

Hodnocení povodní založené na určování součinitele přímého odtoku  $k_0$  přináší nové pohledy na srážkoodtokový proces a zdá se, že nabízí



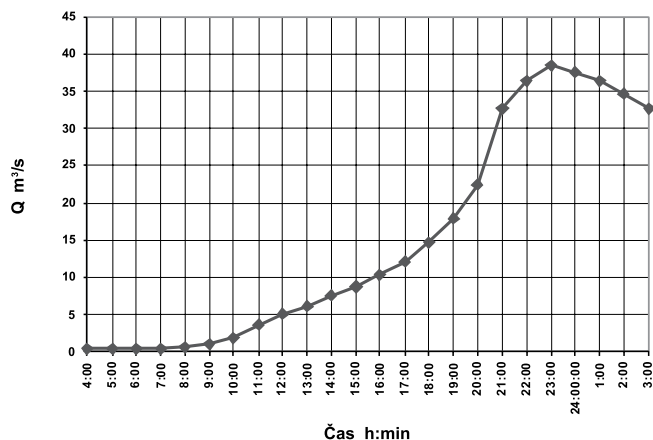
**Obr. 5.** Hodnoty součinitele přímého odtoku pro nízké srážkové úhrny z *tabulky 5*



**Obr. 4.** Průtoky vody ve stanici Blanický Mlýn v době povodně 11.–12. srpna 2002

**Tabulka 5.** Vypočtené součinitele přímého odtoku  $k_0$  ze změřených srážek a průtoků v profilu Blanický Mlýn za deště 11.–12. 8. 2002, kdy  $\tau_k = 14 \text{ h}$ ,  $H_k = 70,7 \text{ mm}$ ,  $a = 0,7264$

Datum	Čas h:min	Doba dotoku h	Úhrn srážky mm	Plocha odtoku km <sup>2</sup>	Změřené $H_t$ mm	Změřené $Q$ m <sup>3</sup> /s	$k_0$
11. 8. 2002	19:00	4,0	9,20	8,81	9,20	1,6	0,284
	20:00	5,0	12,60	12,89	12,60	3,0	0,332
	21:00	6,0	17,00	17,97	17,00	6,1	0,431
	22:00	7,0	23,50	24,64	23,50	10,8	0,470
	23:00	8,0	30,40	32,03	30,40	17,3	0,512
	24:00	9,0	31,75	36,83	31,75	25,8	0,715
12. 8. 2002	1:00	10,0	31,95	41,05	31,95	32,9	0,903
	2:00	11,0	34,85	47,16	34,85	33,6	0,810
	3:00	12,0	44,50	58,13	44,50	35,7	0,596
	4:00	13,0	59,35	72,73	59,35	38,5	0,417
	5:00	14,0	70,70	85,51	70,70	51,1	0,426
	6:00	14,0	84,10	85,51	79,15	88,6	0,660
	7:00	14,0	95,35	85,51	87,15	154,2	1,043
	8:00	14,0	98,35	85,51	89,75	199,2	1,308
	9:00	14,0	101,35	85,51	92,15	150,0	0,959
	10:00	14,0	102,50	85,51	89,90	107,0	0,702
	11:00	14,0	106,65	85,51	89,65	70,5	0,464
	12:00	14,0	109,90	85,51	86,40	54,8	0,374
	13:00	14,0	111,95	85,51	81,55	48,4	0,350
	14:00	14,0	114,40	85,51	82,65	45,2	0,322
	15:00	14,0	117,05	85,51	85,10	42,9	0,297
	16:00	14,0	119,35	85,51	84,50	40,3	0,281
	17:00	14,0	121,60	85,51	77,10	38,5	0,294
	18:00	14,0	125,30	85,51	65,95	37,6	0,336
	19:00	14,0	129,80	85,51	54,80	36,4	0,392
	20:00	14,0	132,30	85,51	47,95	36,4	0,447
	21:00	14,0	134,25	85,51	37,05	35,7	0,568
	22:00	14,0	138,25	85,51	27,75	36,0	0,765
	23:00	14,0	143,85	85,51	28,75	36,8	0,754



**Obr. 6.** Průtoky vody ve stanici Blanický Mlýn v době povodně 6. až 7. září 2007

možnosti podrobného hodnocení odtokových poměrů v povodí. Hodnoty součinitele  $k_0$  jsou závislé na srážkovém úhrnu, v průběhu srážky výrazně rostou a dosahují až maximální možné hodnoty. V povodí Křemžského potoka dosáhl součinitel  $k_0$  maximální hodnoty při srážkovém úhrnu 126 mm, ale při bezprostředně následné povodni už při úhrnu 55 mm. V horním povodí Blanice stav úplného nasycení povodí nastal při mnohem nižších hodnotách srážkového úhrnu. Za povodní 7. srpna 2002 a 6. září 2007 to bylo za srážkového úhrnu kolem 80 mm a za povodně 12. srpna 2002 za úhrnu kolem 35 mm. Na vysvětlení odlišnosti se zaměřil další výzkum.

Hodnoty součinitele přímého odtoku vypočtené ze změřené srážky a změněného průtoku pomocí vztahu (1-1) nedosahují hodnoty blízké 1, ač je průkazné, že ve vztahu k odtoku z povodí bylo této hodnoty dosaženo. Vypočtená hodnota součinitele je ovlivněna snížením měřeného průtoku rozlivem. Hodnoty  $k_0$  jsou za tohoto stavu proměnlivé a často překvapivě velmi nízké. Další výzkum se zaměřil na vyjasnění této okolnosti.

V tabulce 8, která dokumentuje povodeň ze 6. září 2007, jsou hodnoty  $k_0$  vyšší než v tabulce 3, která hodnotí téměř stejnou povodeň ze 7. srpna 2002. Na toku zřejmě došlo ke změnám, které přinesly zmenšení objemu zadržované vody v rozlivu.

Za povodně 12. srpna 2002 dosahuje součinitel přímého odtoku  $k_0$  hodnoty 1,308, viz tabulku 5. Hodnota prozrazuje, že extrémní průtok nebyl způsoben srážkou, ale nějakou průvalovou událostí na toku.

Vyhodnocení povodní na horní Blanici přináší poznatky, které vyžadují širší faktografickou dokumentaci a hlubší rozbor. Potřebná fakta a rozbor přinese článek „Poznatky z povodní na horní Blanici“, který bude zveřejněn v tomto časopise.

Výzkum se provádí v rámci výzkumného záměru MZP0002071101 – Výzkum a ochrana hydrosféry.

#### Literatura

Matoušek, V. Vývoj součinitele přímého odtoku za déletrvajících dešťů. In Broža, V. a Jakubíková, A. Workshop Adolfa Patery 2005 – Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha, 8. 11. 2005. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební a ČVTVHS, 2005, s. 62–70. ISBN 80-01-03325-2.

Matoušek, V. Hydrologické hodnocení povodní z regionálních dešťů na malých povodích. In Broža, V. a Jakubíková, A. Workshop Adolfa Patery 2008 – Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha, 4. 11. 2008. Praha: ČVUT Praha, Fakulta stavební a ČVTVHS, 2008.

Ing. Václav Matoušek, DrSc.

VÚV T.G.M., v.v.i.

tel.: 220 197 382

vaclav\_matoušek@vuv.cz

Príspevek prošel lektorským řízením.

**Tabulka 8.** Vypočtené součinitele přímého odtoku  $k_0$  ze změřených srážek a průtoků v profilu Blanický Mlýn za deště 6.–7. 9. 2007, kdy  $\tau_k = 24$  h,  $H_k = 72,21$  mm,  $a = 0,4193$

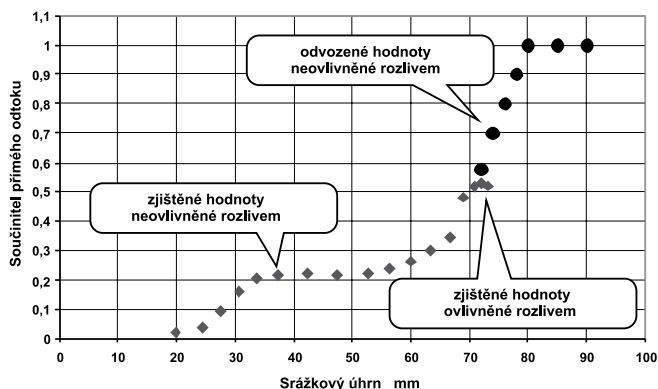
Datum	Čas h:min	Doba do- toku h	Úhrn srážky mm	Plocha odtoku km <sup>2</sup>	Změřené $H_t$ mm	Změřené $Q$ m <sup>3</sup> /s	$k_0$
6. 9. 2007	8:00	9,0	19,91	16,84	19,91	0,22	0,021
	9:00	10,0	24,45	20,73	24,45	0,57	0,040
	10:00	11,0	27,45	24,16	27,45	1,55	0,093
	11:00	12,0	30,78	27,91	30,78	3,21	0,161
	12:00	13,0	33,78	31,68	33,78	4,70	0,206
	13:00	14,0	37,45	35,92	37,45	5,70	0,214
	14:00	15,0	42,45	40,98	42,45	7,14	0,222
	15:00	16,0	47,45	46,21	47,45	8,28	0,218
	16:00	17,0	52,78	51,78	52,78	9,88	0,221
	17:00	18,0	56,45	56,70	56,45	11,66	0,236
	18:00	19,0	60,12	61,77	60,12	14,25	0,262
	19:00	20,0	63,45	66,80	63,45	17,55	0,298
20:00	21,0	66,78	71,95	66,78	22,02	0,346	
21:00	22,0	69,11	76,68	69,11	32,22	0,482	
22:00	23,0	70,88	81,19	70,88	35,96	0,517	
23:00	24,0	72,21	85,51	72,21	38,02	0,532	
24:00	24,0	73,21	85,51	72,08	37,16	0,521	
7. 9. 2007	1:00	24,0	85,51	70,81	35,96	0,513	
	2:00	24,0	85,51	70,14	34,26	0,494	
	3:00	24,0	85,51	67,94	32,22	0,479	

**Tabulka 6.** Hodinové úhrny srážky v povodí horní Blanice 5. a 6. září 2007

Datum	Čas h:min	Srážky v povodí		Datum	Čas h:min	Srážky v povodí	
		mm	mm			mm	mm
5. 9. 2007	21:00	0,07		6. 9. 2007	12:00	3,0	34,49
	22:00	0,37	0,44		13:00	3,67	38,16
	23:00	0,27	0,71		14:00	5,0	43,16
	24:00	1,13	1,84		15:00	5,0	48,16
6. 9. 2007	1:00	1,27	3,11	16:00	5,33	53,49	
	2:00	0,67	3,78	17:00	3,67	57,16	
	3:00	2,20	5,98	18:00	3,67	60,83	
	4:00	2,17	8,15	19:00	3,33	64,16	
	5:00	2,67	10,82	20:00	3,33	67,49	
	6:00	1,67	12,49	21:00	2,33	69,82	
	7:00	3,33	15,82	22:00	1,77	71,59	
	8:00	4,67	20,49	23:00	1,33	72,92	
	9:00	4,67	25,16	24:00	1,0	73,92	
	10:00	3,00	28,16	7. 9. 2007	1:00	0	
	11:00	3,33	31,49		2:00	0	

**Tabulka 7.** Časový vývoj srážkového úhrnu pro různé doby koncentrace

Datum	Čas	$H_k$ v mm pro				
		20 h	21 h	22 h	23 h	24 h
6. 9. 07	19:00	63,45				
	20:00	65,65	66,78			
	21:00	66,71	67,81	69,11		
	22:00	67,81	68,31	69,75	70,88	
	23:00	66,94	68,97	69,81	71,08	72,21
	24:00	65,77	66,77	70,14	70,81	72,08
7. 9. 07	1:00		65,60	67,94	70,14	70,81
	2:00			65,77	67,94	70,14
	3:00			63,1	63,74	67,94



**Obr. 7.** Závislost součinitele přímého odtoku na srážkovém úhrnu v povodí Blanice nad stanicí Blanický Mlýn za povodně 6. září 2007

#### Key words

regional rainfall, rainfall-runoff process, flood, coefficient of direct runoff, water retention of soil, flood damping

*Hydrological evaluation of floods on the upper Blanice catchment (Matoušek, V.)*

A hydrological evaluation of three flood events is carried out for the catchment of the upper reach of the Blanice River. The catchment is equipped with two precipitation gauge stations and one flow-rate station. The evaluation is done using the methodology based on the determination of the coefficient of direct runoff from measured precipitation heights and flow rates. A value of the coefficient increases with the precipitation height. In the observed catchment of the upper Blanice River it reaches its maximum value (i.e. the value near one) at the precipitation height of about 80 mm. If the catchment has been saturated by a previous rainfall, then the height at which the maximum value of the coefficient is reached drops to say 35 mm. Moreover, the coefficient values obtained for different conditions provide information on the run-off properties of the catchment and draw attention to both the abnormality of the observed flood hydrograph and the changes in the run-off quantity.



# VLIV VYBRANÝCH EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ NA TOK LABE

Pavel Eckhardt

## Klíčová slova

odpadní vody, vzorkování, znečištění, podzemní vody, povrchové vody, monitoring jakosti vody

## Souhrn

Článek shrnuje výsledky výzkumu problematiky významných ekologických zátěží chemických podniků v blízkosti toku Labe a vlivu těchto zátěží na kvalitu vod.

## Úvod

V posledních pěti letech byl ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v oddělení hydrogeologie a ekologických zátěží v rámci Projektu Labe zkoumán vliv významných ekologických zátěží na tok Labe.

Ekologická zátěž představuje úroveň znečištění, kdy nelze vyloučit negativní účinky na zdraví člověka nebo jednotlivé složky životního prostředí. Většinou jde o místa znečištění horninového prostředí, související s únikem závadných látek např. při haváriích, ze starých skládek či výrobních a skladových areálů. V ČR byly v oblasti ekologických zátěží do roku 1989 řešeny v podstatě pouze případy zjevných havárií. Po tomto roce urychlila odstraňování ekologických zátěží nová legislativa a finančně byl tento proces podpořen především prostředky z privatizace. V ČR se nachází v povodí Labe odborným odhadem okolo deseti tisíc lokalit ekologických zátěží. Část z nich může negativně působit na tok Labe zejména kontaminací povrchových vod, sedimentů a živých organismů. Zatímco vliv přímého vypouštění do toků je poměrně důkladně sledován a zproplatněn, vliv ekologických zátěží často uniká pozornosti či není kvantifikován.

## Metodika

Kontaminace z ekologických zátěží se dostává do vod Labe nejběžněji povrchovou, podzemní a odpadní vodou. Šíření znečištění prostřednictvím povrchové vody představuje hlavní cestu znečištění toku Labe z ekologických zátěží. Většinou k tomu dochází nepřímo, přítoky Labe. Zanedbatelná není ani cesta přímého rozplavování či vyluhování znečištěných zemin či sedimentů povrchovou vodou Labe a dále šíření cestou splachů znečištění z okolí toku Labe.

Kontaminace podzemních vod z ekologických zátěží zasahuje převážně mělkou zvrstvení. Přímé ohrožení kvality vod Labe podzemními vodami představují ekologické zátěže tam, kde je Labe drenážní bází území. V rámci Projektu Labe bylo podchyceno a charakterizováno 192 takovýchto lokalit. Z nich byly dalším šetřením k podrobnějším průzkumům vybrány čtyři závažné, a to Aliachem, a. s., OZ Synthesia u Pardubic, Spolchemie, a. s., Ústí nad Labem, Spolana, a. s. Neratovice a Lučební závody Draslovka, a. s., Kolín. Jde o rozsáhlé areály s chemickou výrobou, dlouhou historií produkce a prokázaným silným znečištěním širokou škálou látek, kde likvidace ekologických zátěží dosud nebyly dokončeny. Pokusili jsme se kvantifikovat přísun vybraných kontaminantů podzemní vodou mělké zvrstvení do toku Labe a u vybraných látek jsme ověřili stupeň kontaminace zájmových areálů a jejich okolí.

V rámci Projektu Labe byly pro zájmová území sestaveny a ověřeny komplexní matematické modely proudění podzemních vod mělké zvrstvení a transportu vybraných kontaminantů podzemní vodou do toku Labe a jeho přítoků. Zátěž Labe byla vyčíslena pro kontaminanty, pro které se podařilo získat dostatek dat. Do povrchové vody jsou kontaminanty transportovány vlivem drenáže podzemní vody mělké zvrstvení. Celková zátěž toku Labe je v modelovém případě dána součtem zátěže Labe a jeho přítoků. Velikost drenáže podzemní vody do Labe z oblasti zájmových území nelze vzhledem k výši průtoků relevantně přímo měřit, matematické modely umožnily vyčíslení přírůstu podzemní vody v jednotlivých úsecích toků.

Vynásobením dat o drenáži podzemní vody (model) údaji koncentrací břehových čar (získány empirickou interpolací) byl vypočten hmotnostní tok bilancovaných kontaminantů do vodotečí. Tam, kde to bylo možné, bylo provedeno porovnání měřených a modelových koncentrací. Z bilancovaných kontaminantů jsou do vodotečí nejvíce drénovány chloridy a sírany, hmotnostní tok závadných organických látek je nižší, avšak často značně závažnější.

Modely lze využít pro analýzu plošného rozložení průtoků podzemní vody, pro výpočet rychlostí proudění podzemní vody a postupových rychlostí kontaminantů, lze předpovídat i dopady sanačních opatření. Výpočty byly provedeny na bázi stacionární simulace – pro průměrné podmínky proudění podzemních vod v zájmovém území. Skutečné hodnoty nátoků kontaminantů do Labe závisí na aktuální situaci, jsou přírodně i antropogenně ovlivněné a kolísají okolo vypočtených průměrných hodnot.

## Zkoumané lokality

Areál **Spolany Neratovice** leží přímo u Labe, na obou jeho březích. Hlavní část podniku (výroba, administrativa, čistírna odpadních vod, teplárna atp.) je soustředěna na levém břehu, doplňkové provozy (skládkové hospodářství) se nacházejí na pravém břehu Labe. Plocha areálu činí 262,5 ha. Hlavní oblastí činnosti Spolany je chemická výroba. Ta byla v lokalitě zahájena v roce 1898, její podstatný rozvoj začal po roce 1939.

Odpadní vody podniku byly čistěny na centrální mechanicko-biologické čistírně, společně s odpadními vodami městské kanalizace Neratovice a několika menších podniků. Voda z čistírny byla dočištěná v odkališti na pravém břehu Labe. Část této vody dotuje mělkou zvrstvení podzemních vod, část je po smíšení s dalšími zdroji vod vypouštěna do Labe.

V lokalitě jsou vyvinuty dvě významné zvrstvení – mělká v nebezpečných kvarténních sedimentech a hlubší v pískovcích cenomanu. Kvarténní kolektor je většinou tvořen dobře průlnově propustnými fluvialními sedimenty. Hlubší zvrstvení má artésky napjatou hladinu podzemní vody, která brání výraznějšímu pronikání kontaminace.

Areál Spolany leží v záplavovém území cca 9 km před soutokem Labe s Vltavou. Lokalitu odvodňuje jednak přímo řeka Labe, na levém břehu také Obtočná (Libišská) strouha, na pravém břehu Košátecký potok. Hydrologický režim je značně ovlivněn jezovými stupni. Lokalita byla v roce 2002 zaplavena katastrofální povodní, došlo k rozsáhlým havarijním únikům kontaminantů do Labe.

Kvalita okolních povrchových i podzemních vod je pravidelně monitorována (např. [2]), voda Obtočná strouha překračovala limitní hodnoty koncentrace dichlorethanu, amonných iontů a chloridů.

Protože v historii podniku byla vyráběna a užívána široká škála látek, je i skladba ekologických zátěží značně pestrá. V areálu Spolany se jako nejvýznamnější jeví kontaminace horninového prostředí a stavebních materiálů látkami skupiny PCDD/F (dále jen dioxiny), rtuť, chlorovanými alifatickými uhlovodíky a chlorovanými organickými pesticidy.

Sanace ekologické zátěže je řešena na základě smlouvy s Fondem národního majetku ČR z roku 1994, očekávané náklady převyšují 4 miliardy Kč. Byly provedeny průzkumy znečištění, zpracována analýza rizika [1]. Dosud byla ukončena sanace skládky nebezpečného odpadu (geokontejnment) a objektů kontaminovaných dioxiny.

V oblasti starého závodu Spolany (jihovýchodní část levobřežního areálu) ležely budovy kontaminované dioxiny. Kontaminace těmito silně toxickými látkami byla prokázána ve třech objektech. Ke kontaminaci došlo v šedesátých letech vedlejšími reakcemi při výrobě chlorovaných pesticidů. V roce 1968 byly všechny tři kontaminované provozy zastaveny a objekty uzavřeny. Sanace prvního objektu proběhla solidifikací, k sanaci zbylých dvou objektů byla použita metoda BCD. Mimo to se zde v blízkosti Labe nachází ohnisko znečištění toluenem a byl zjištěn i významný výskyt chlorovaných pesticidů. Horninové prostředí pod objektem staré amalgámové elektrolyzy na levém břehu Labe obsahuje cca 25 tun rtuti, zeminy jsou též kontaminovány pesticidy.

V areálu petrochemie v severozápadní části levobřežního závodu bylo zjištěno rozsáhlé znečištění chlorovanými alifatickými uhlovodíky. Kontaminace pokračuje dále k severozápadu mimo areál závodu do oblasti Černínovska (přírodní rezervace se slepým ramenem v nivě Labe). V severní části levobřežního areálu ležela ohniska kontaminace podzemních vod chloridy, sírany a amonnými ionty. Centra kontaminace se postupně posunují ve směru proudění podzemních vod a v některých případech již opustila areál.

Obtočná (Libišská) strouha odvodňuje západní část levobřežního areálu Spolany. Jde o umělý vodní tok, který vznikl po výstavbě jezů na Labi. Protéká okolo obce Libiš, do Labe ústí pod jezem v Obríství. Strouha obsahuje kontaminované sedimenty, které byly sanačně těženy.



Obr. 1. Zkoumané významné ekologické zátěže v blízkosti Labe

Modelovým řešením byla zátěž Labe v oblasti Spolany vyčíslena pro 13 kontaminantů. Celková zátěž toku Labe je v tomto modelovém případě dána součtem zátěže Labe, Košáteckého potoka a Obtočné strouhy. Z bilancovaných kontaminantů jsou do vodotečí nejvíce drénovány chloridy a sírany (oba mírně přes 10 g/s), z organických látek zejména jednotlivé chlorované alifatické uhlovodíky a aromáty (mj. cca 20 mg/s 1,2-dichlorethanu). Kontaminanty zatěžují zejména Obtočnou strouhu, ve které je významná část průtoku tvořena původně kontaminovanou podzemní vodou lokality. U síranů, chloridů, chlorovaných uhlovodíků a jednoduchých aromátů vychází poměrně dobrá shoda měřených a vypočtených koncentrací. V Košáteckém potoce a zejména v Labi jsou dopady drenáže kontaminantů na kvalitu povrchové vody vzhledem k velikosti průtoků výrazně menší.

V lokalitě proběhl v rámci Projektu Labe průzkum kontaminace polychlorovanými bifenylly a organickými pesticidy. Polychlorované bifenylly (PCB) byly ve spolupráci s ČIŽP vybrány, neboť areál a jeho okolí byly v tomto směru po povodni nedostatečně prozkoumány. Chlorované organické pesticidy byly k bližšímu průzkumu vybrány, protože ve Spolaně v minulosti probíhala jejich výroba. V rámci terénního průzkumu bylo odebráno celkem 19 vzorků zemin a sedimentů z přepovrchové zóny z areálu Spolany a okolí, část vzorků jako pozadí z okolních obcí. V areálu Spolany byla vzorkována především místa, která mohla být potenciálně kontaminována PCB. Nejvyšší obsah PCB byl zjištěn v severní části areálu u budovy, kde byl v minulosti instalován systém s teplosnosným médiem obsahujícím PCB. Analýza vzorku vykázala obsah sumy sedmi kongenerů PCB v hodnotě 25,6 mg/kg sušiny, s převahou výše chlorovaných kongenerů 138, 153 a 180. Obsahy PCB se u ostatních vzorků pohybovaly v desetinách a setinách mg/kg v sušině, řádově shodně s obsahy v sedimentech Labe. Z výsledků průzkumu vyplývá, že areál Spolany není a nebyl ani v průběhu povodně významným regionálním zdrojem znečištění PCB.

Zjištěné obsahy chlorovaných pesticidů v levobřežním areálu Spolany byly relativně vysoké, pohybovaly se jak u HCH, tak u HCB a DDT v jednotkách až desítkách mg/kg sušiny. Kontaminace chlorovanými pesticidy areálu je plošně poměrně rozsáhlá a intenzivní, zahrnuje oblasti starého závodu, petrochemie i staré elektrolyzy. Ze zjištěných hodnot kontaminace vyplývá, že areál byl s největší pravděpodobností při povodni zdrojem chlorovaných organických pesticidů. Ty se mohou v současnosti dostávat z areálu Spolany do Labe např. procesy vodní a větrné eroze.

Areál chemického podniku **Synthesia u Pardubic** (nyní průmyslový areál Pardubice-Semtín) je na pravém břehu Labe, západoseverozápadně od města Pardubic. Lokalita skládkového areálu Synthesia, která leží nejbliže toku Labe, se rozkládá jižně a jihozápadně od výrobního závodu Synthesie v Rybitví.

Areál leží v severozápadní průmyslové zóně Pardubic, v katastru obcí Semtín a Rybitví. Celková plocha areálu činí 12 km<sup>2</sup>, z toho zastavěná plocha (1 700 budov) zaujímá 4 km<sup>2</sup>. Část areálu leží v zátopovém území.

Předčištění odpadních vod v areálu závodu se provádí na dvou stanicích. Odpadní vody jsou dále ve své většině vedeny do biologické čistírny odpadních vod a vypouštěny do drobného vodního toku Velká strouha, nedaleko jeho ústí do Labe.

Z hydrogeologického hlediska je na lokalitě nejvýznamnější mělká zvodně v kvarténních sedimentech, kolektorem jsou zejména štěrkopísky teras Labe, navětralé křídové jílovité horniny tvoří podložní izolátor. Směr toku podzemní vody kvarténní zvodně je generálně k místní erozivní bázi – k Velké strouze a k jihozápadu k Labi. Lokalitu odvodňuje především Velká strouha s přítoky Pohránovským, Doubravickým a Brozanským potokem, Meliorační strouha a samotná řeka Labe.

Ekologické zátěže areálu patří k nejproblematičtějším nejen v blízkosti toku Labe, ale i v celé ČR. Náklady na průzkum a sanaci znečištění ze starých ekologických zátěží byly vyčísleny v řádu miliard Kč, část nákladů bude kryta ekologickou smlouvou s Ministerstvem financí.

Z hlediska starých ekologických zátěží se v lokalitě vyskytují zejména staré skládky, silně kontaminované zeminy a podzemní vody. Kontaminaci představuje široká škála látek jako jednoduché aromáty, chlorované aromáty, PCB, amonné ionty, kovy a další (např. [3]). Staré skládky nebezpečných odpadů tu nejsou většinou opatřeny žádnými těsnicími prvky, čímž dochází k postupnému uvolňování kontaminace, k migraci do podzemních vod a odtoku znečištění ve směru proudění do toku Labe.

Pro potřeby sledování kvality podzemních vod byl v areálu vybudován systém vrtů. Systematický monitoring kvality těchto vod však prováděn nebyl, proto jsme potřebnou část vstupních dat o kvalitě podzemních vod získali rovněž v rámci Projektu Labe. Analyzovaná podzemní voda ve skládkovém areálu Synthesie Pardubice byla ze stanovovaných látek znečištěna zejména dichlorbenzeny, trichlorbenzeny a benzenem. Znečištění je plošně značně proměnlivé, nejvýraznější kontaminace je vázána na oblast u starých skládek Laguna destilačních zbytků a Stoh II, kde se v podzemních vodách vyskytují, kromě výše jmenovaných, ještě značné koncentrace pesticidů, PCB, toluenu, anilinu atp.

Modelový hmotnostní tok kontaminantů do povrchových toků byl zpra-

cován pro Velkou strouhu, pravý břeh Labe a pro dolní úsek Brozanského potoka (lokality zasažené kontaminací ze skládek v areálu Synthesie). Ukazuje se ale, že celková zátěž říční sítě Labe je zásadně ovlivněna i kontaminací drénovanou do přítoků Velké strouhy (zejména kanalizace, Doubravického a Pohránovského potoka). Vzhledem k nepříznivému poměru ředění nastává největší zhoršení kvality povrchové vody ve Velké strouze a v Brozanském potoce. U toku Labe jsou dopady drenáže kontaminantů na kvalitu povrchové vody vzhledem k velikosti průtoků relativně menší.

Z hlediska hmotnostního toku vybraných kontaminantů je nejvýraznější celkové zatížení toku Labe sírany (přes 300 g/s), toluenem (přes 20 mg/s), benzenem (přes 15 mg/s) a dichlorbenzenem (8,6 mg/s). Z hlediska nátok do jednotlivých recipientů naprosto dominuje nátok kontaminace do Velké strouhy, řádově nižší je nátok kontaminace přímo do Labe.

Zájmová lokalita areálu **Spolchemie, a. s.**, se rozkládá v Ústí nad Labem, v těsné západní blízkosti centra města, na rozloze cca 52 hektarů. Založení chemické výroby v areálu Spolky pro chemickou a hutní výrobu, a. s., Ústí nad Labem (dále jen Spolchemie) se datuje rokem 1856. Při bombardování Ústí nad Labem na konci 2. světové války byla zničena velká část závodu. V srpnu 2002 zasáhly část areálu důsledky povodně, v listopadu roku 2002 došlo k požáru provozu umělých pryskyřic. Produkce Spolchemie je rozdělena do tří základních segmentů, kterými jsou výroba anorganických chemikálií, syntetických pryskyřic a organických barviv.

Odpadní vody jsou v areálu podniku předčišťovány na třech čistírnách, předčištěné odpadní vody jsou od počátku roku 2003 odváděny z areálu na čistírnu odpadních vod v Neštěmicích. Také část kontaminované podzemní vody je systémem štol a drénů sváděna do kanalizace, tato voda je pak společně s odpadními vodami podniku Spolchemie a města Ústí nad Labem dočišťována na čistírně odpadních vod v Neštěmicích a následně vypouštěna do Labe.

Z hlediska podzemních vod jsou sanační práce na lokalitě zaměřeny na mělkou zvodně. Propustnost horninového prostředí v areálu Spolchemie je značně proměnlivá, generálně nejvyšší v severní části areálu (terciérní jíly), směrem k jihu generálně výrazně stoupá (písčité kvarténní sedimenty). Směr proudění podzemní vody mělkého kolektoru je generálně k jihu až jihovýchodu, drenážní bázi mělkého kolektoru je tok Břiliny a popřípadě i Klíšský potok, který protéká východní částí areálu. Z hydrologického hlediska je území odvodňováno řekou Břilinou, která se asi 1 km východně od areálu vlévá z levé strany do Labe.

Na základě analýzy rizik byly specifikovány cílové parametry obsahu znečišťujících látek areálu Spolchemie [4]. Horninové prostředí je v areálu Spolchemie kontaminováno zejména chlorovanými alifatickými uhlovodíky, jednoduchými aromáty, polyaromatickými uhlovodíky, kovy, chlorovanými organickými pesticidy, arzenem, sirouhlíkem, PCB atp. Kontaminace je výsledkem činnosti na lokalitě v minulosti, jde o starou ekologickou zátěž území. Z hlediska podzemních vod je nejzávažnější znečištění chlorovanými alifatickými uhlovodíky a aromáty. V roce 2006 bylo zahájeno sanační čerpání podzemních vod v jihovýchodní části areálu závodu.

Větší část kontaminovaných lokalit nesaturované zóny areálu již byla sanována (znečištění pesticidy, ropnými uhlovodíky, rtuť atp.). Nejvýznamnější kontaminovanou lokalitou nesaturované zóny je oblast elektrolyzy ve východní části závodu, která je znečištěna zejména rtuť.

Na základě dostupných informací o koncentracích při jižním okraji areálu Spolchemie byl modelem transportu vyčíslen nátok kontaminantů do nivy Břiliny přes jižní okraj areálu Spolchemie. Řádově vyšší jsou hodnoty hmotnostního toku chloridů a síranů (531 mg/s, respektive 775 mg/s). Z organických sloučenin vykazuje největší přestup do nivy dichlorethan a xylen (2,2 mg/s, respektive 9,3 mg/s). Podle modelu zátěž Břiliny organickými kontaminanty z podzemní vody způsobuje zhoršení jakosti vody v toku (při  $Q_{355}$ ) maximálně o jednotky  $\mu\text{g/l}$ . Takovýto nárůst koncentrací v toku, jakým je Břilina, lze jen stěží měřením prokázat. Přítok anorganických látek (sírany a chloridy) způsobuje zhoršení kvality toku v řádu desetin  $\text{mg/l}$ . Relativně vyšší zatížení bylo vzorkováním prokázáno v případech spodní části Klíšského potoka, orientačně byl nátok kontaminace vyčíslen u síranů na cca 800 mg/s, u chloridů na 80 mg/s, u dichlorethanu na 80  $\mu\text{g/s}$ . Celkově lze modelový přírůstek do povrchových vod Labe z ekologické zátěže Spolchemie, ve srovnání s modelovými příčinkami areálu Spolany a především Synthesie, charakterizovat jako méně významný.

Důležitou oblastí z hlediska ekologických zátěží v blízkosti toku Labe je průmyslová oblast města Kolína. Ve městě a jeho okolí existuje řada areálů s ekologickou zátěží (Koramo, Lučební závody, lihovar, prádelna, Střežocheská plynárenská, mlékárna, Frigera apod.). Do zájmových ekologických zátěží byla po konzultaci s ČIŽP zařazena i lokalita **Lučebních závodů Draslovka, a. s.** (dále jen LZ Draslovka). Areál se rozkládá v jihovýchodní části intravilánu města Kolína. Závod byl založen v roce 1906. Desítky let zde probíhala mj. výroba kyanidů a síranu amonného.

Lučební závody Draslovka provozují dvě vlastní čistírny odpadních vod. Odpadní vody jsou vypouštěny vlastní kanalizací do řeky Labe. V lednu

2006 došlo v LZ Draslovka k vypuštění nedostatečně zneškodněných koncentrovaných kyanidových vod. Signalizace naplnění odpadní jímky v mrazu nefungovala, roztok přetekl do kanalizace a odtud do Labe. Tato skutečnost způsobila hromadný úhyn ryb v Labi na úseku cca 80 km.

Na lokalitě je z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější mělká zvodeň v kvartérních sedimentech, kolektorem jsou zejména štěrkopísky teras Labe. Vyskytuje se zde i hlubší zvodeň v pískovcích cenomanu při bázi křídového souvrství. Vzhledem k místně chybějící izolátorové vrstvě slínavců a jílovců bělohorského souvrství dochází k lokálnímu propojení obou hlavních zvodní lokality. Tok podzemní vody kvartérní zvodně směřuje generálně k místní erozivní bázi – k Labi. Lokálně ovlivňuje odtok podzemních vod sanační čerpání a další antropogenní zásahy.

Lokalitu přirozeně odvodňuje řeka Labe a potok Polepka, který se východně od areálu vlivá do Labe. Od toku Labe je areál oddělen tělesem seřadovacího železničního nádraží a pruhem inundačního území. Vzdálenost k toku Labe je cca 300 m.

Vybombardování celého závodu koncem 2. světové války a následná „socialistická“ výroba měly za následek masivní kontaminaci podzemních vod pod areálem podniku. Z tohoto důvodu byla v 80. letech zřízena hydraulická clona, která měla zabránit dalšímu šíření kontaminace. Silně kontaminovány byly i zeminy areálu. V roce 1994 byly zahájeny sanační práce na odstranění staré ekologické zátěže. V rámci sanace bylo odtěženo více než 75 tisíc tun kontaminované zeminy a intenzifikován provoz hydraulické clony, která čerpá kontaminovanou podzemní vodu.

Stav lokality a rizika ekologické zátěže popisuje např. [5]. Podzemní voda areálu je kontaminována kyanidy, chlorovanými alifatickými uhlovodíky, amonijnými ionty, sírany atp. Dalšími kontaminanty ekologické zátěže jsou mj. polyaromatické uhlovodíky, anilín a ftaláty. Rozhodnutím ČIŽP je stanovena maximální koncentrace kontaminace podzemních vod na referenční linii vrtů mezi LZ Draslovka a tokem Labe. Referenční linie vrtů zaznamenává šíření kontaminace z areálu k toku Labe podzemní vodou.

V severní části areálu Draslovky se nachází centrum silné kontaminace podzemních vod. Podzemní vody jsou sanačně čerpány, výraznějšímu šíření kontaminace brání hydraulická bariéra při hranici závodu. Hydraulická bariéra však není plně funkční, část kontaminace je transportována podzemní vodou k severoseverovýchodu, zde také byly vzorkováním v rámci Projektu Labe zachyceny nejvyšší koncentrace kontaminantů v podzemní vodě na referenční linii vrtů. Zhotovený matematický model proudění podzemních vod dokládá, že za současných podmínek odběru z jímáckého území Tři Dvory dochází k podtékání toku Labe podzemní vodou a k ředění a nátoku kontaminantů do jímáckého území. Ředění je však natolik významné, že za nynějších podmínek přítok kontaminace z areálu LZ Draslovka kvalitu jímácké vody neohrožuje. Tok Labe tak při současném provozu jímáckého území není dotován kontaminanty z ekologické zátěže LZ Draslovka.

## Srovnání dopadu čtyř vybraných významných ekologických zátěží na tok Labe

Ze srovnání dopadu čtyř vybraných závažných ekologických zátěží na tok Labe vyšel jako nejvýznamnější příčinek areálu Synthesie u Pardubic, jako druhý areál Spolany Neratovice. Části těchto areálů navíc leží v těsné blízkosti Labe, a proto jsou pravděpodobně i další cesty transportu, než je vyčíslený hmotnostní tok kontaminantů podzemní vodou. Ekologická zátěž areálu Spolchemie Ústí nad Labem je pro tok Labe riziková relativně méně. Ekologická zátěž LZ Draslovka v současnosti tok Labe kontaminanty nedotuje.

Výsledky vyhodnocené relativní rizikovosti zájmových ekologických zátěží pro tok Labe se generálně shodují s výsledky prioritizace ekologických zátěží MŽP [6], kde rizikovost ekologické zátěže Synthesie byla ohodnocena bodovou hodnotou 9,75 z maximálně deseti možných bodů, ekologická zátěž Spolany hodnotou 6,2 bodu, zatímco ekologická zátěž Spolchemie „jen“ 2,65 a LZ Draslovka 2,05 bodu.

Postup sanačních prací místně nemusí odpovídat zjištěné rizikovosti zátěže. Zatímco v areálech Spolchemie a Draslovky proběhly a probíhají intenzivní sanační práce a v areálu Spolany se uskutečnila sanace dvou významných částí ekologické zátěže, skládkový areál Synthesie na adekvátní sanaci většiny znečištěných starých skládek a podzemních vod stále čeká.

## Závěry

- Průzkumu byly podrobeny čtyři závažné ekologické zátěže v blízkosti Labe, a to lokality Synthesia u Pardubic, Spolana Neratovice, Spolchemie Ústí nad Labem a Lučební závody Draslovka v Kolíně. Areály jsou kontaminovány širší škálou látek z ekologických zátěží.
- Zhotovené modely proudění podzemních vod umožňují mj. kvantifikovat přísun jednotlivých kontaminantů podzemní vodou do povrchové vody Labe.
- Areál Synthesie u Pardubic má ze čtyř zkoumaných areálů nejvyšší prokazatelný vliv na tok Labe, šíří se z něj mj. chlorované benzeny a PCB.

- Existuje vysoká pravděpodobnost šíření pesticidů z ekologické zátěže areálu Spolany do toku Labe, tento areál ale není významným zdrojem kontaminace PCB.
- Ekologická zátěž podzemních vod areálu Spolchemie nemá na kvalitu povrchových vod výrazný přímý vliv.
- Kontaminované podzemní vody z areálu LZ Draslovka Kolín nedotují kontaminanty tok Labe, ale blízké jímácké území, vlivem sanačního čerpání a ředění však tento vliv není v současnosti významný.
- Vyzdvihnout je třeba značné úsilí státních institucí vedoucích k sanaci ekologických zátěží. Postup prováděných sanačních prací však často neodpovídá prioritě rizikovosti kontaminovaného místa ani dopadu dané ekologické zátěže na povrchové toky.

## Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory SP/2e7/229/07. Významná část podkladů byla poskytnuta se souhlasem jednotlivých podniků, poděkování patří i pracovníkům těchto společností, bez nichž by výzkum nemohl být proveden.

## Literatura

- [1] Fröhlichová, I., Štastný, J. aj. (2003) Aktualizace analýzy rizik ekologické zátěže areálu a okolí společnosti SPOLANA, a. s., Neratovice – CZ BIJO, a. s., 476 s.
- [2] Žitný, L. a Vokšický, P. (2004) Spolana, a. s., Neratovice – Závěrečná zpráva – Režimní měření 2003. EKOHYDROGEO Žitný, s. r. o., Praha, 179 s.
- [3] Kolb, I. (1999) Pardubice-Semtín – SYNTHESIA, a. s. Aktualizace analýzy ekologických rizik. VÚOS, a. s., Pardubice-Rybitvíř, 136 s.
- [4] Sedláček, M. (1999) Aktualizace analýzy rizik v areálu a. s. Spolchemie v Ústí nad Labem. KAP, s. r. o. Praha, 91 s.
- [5] Černá, M. a Hocke, J. (2005) LZ Draslovka, a. s., Kolín. Aktualizace analýzy rizika. G-servis Praha, s. r. o., archiv ČGS-Geofond pod P113619, 48 s.
- [6] Regionální seznamy priorit pro odstraňování starých ekologických zátěží. Ministerstvo životního prostředí, říjen 2002, 28 s.

**Mgr. Pavel Eckhardt**  
**VÚV T.G.M., v.v.i.**

**e-mail: pavel\_eckhardt@vuv.cz**

*Příspěvek prošel lektorským řízením.*

## Key words

*sampling, groundwater, pollution, contaminated site*

*Contaminated sites influence on the Elbe (Labe) River (Eckhardt, P.)*

**Text summarizes the results of influence of soils and groundwater contamination of four large chemical plants on the Elbe (Labe) River.**

## Publikace VÚV T.G.M., v.v.i.

### **Hydraulický výzkum vodního díla Děčín**

*Gabriel, P., Libý, J., Fošumpaur, P.*

Praha, VÚV T.G.M., v.v.i., 2008, 76 stran, 72 obrázků, 58 lit. odkazů, ISBN 978-80-85900-85-9.

Koncem roku 2008 vyšlo ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v.v.i., druhé upravené a doplněné vydání celobarevné publikace Hydraulický výzkum vodního díla Děčín autorů prof. Ing. Pavla Gabriela, DrSc., a Ing. Josefa Libého, CSc., z VÚV T.G.M., v.v.i., a Ing. Dr. Pavla Fošumpaura z ČVUT v Praze. Publikaci lektorovali prof. Ing. Dr. Pavel Novák, DrSc., emeritní profesor University of Newcastle upon Tyne z Velké Británie, a prof. Ing. Pavel Dvořák, DrSc., emeritní profesor Českého vysokého učení technického v Praze.

Publikace obsahuje výsledky hydraulického výzkumu projektovaného plavebního stupně Děčín na dolním Labi, realizovaného v letech 2002 až 2007 kolektivní pracovníky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., a katedry hydrotechniky Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze. Výzkum byl realizován na velkém hydraulickém modelu plavebního stupně Děčín (dosud umístěném ve velké hale hydraulických laboratoří ústavu) a na rozsáhlém hydraulickém modelu říční tratě Labe v úseku Děčín–Hřensko (který našel trvalé umístění v areálu ústavu v Praze-Podbabě), se současným využitím 1D, 2D a 3D matematických modelů.

Rozsáhlá recenze prvního vydání této publikace byla zveřejněna ve VTEI (Vodohospodářské technicko-ekonomické informace), ročník 50, 2008, ISSN 0322-8916, příloze časopisu Vodní hospodářství č. 4/2008 (recenzent: Ing. Ludvík Doležal, CSc.). Publikaci se již dostalo mnoha uznání. Jako příklad uvádíme to, které přejímáme z lektorského posudku

profesora Pavla Nováka: „Hlavní účel navrženého textu je informovat čtenáře v jedné publikaci o metodice a zaměření výzkumu, jeho postupu a o úpravách projektu založených na výsledcích výzkumu. Tento účel navržená publikace dokonale splňuje. Navržená publikace má však další důležitý přínos. Hydrotechnický výzkum vodních děl je v současné době zaměřen na hybridní studie kombinující fyzikální modely s matematickým přístupem. Toho času neexistuje mnoho publikací, které jasně demonstrují výhody tohoto přístupu. Jelikož výzkum vodního díla Děčín je dobrým příkladem hybridního modelování, navíc doplněného výzkumem na vzduchových modelech, publikace je důležitá pro informaci odborné veřejnosti a význačně reprezentuje pokročilé pracovní metody VÚV T.G.M., v.v.i.“

### **Effect of Polluted Sediments Settled in Flood Plains on Environment and Ground Water**

Rudiš, M., Nol, O., Valenta, P.

Praha, VÚV T.G.M., v.v.i., 2008, ISBN 978-80-85900-87-3.

Publikace, která vychází v angličtině, shrnuje metody a výsledky dosažené při řešení mezinárodního projektu AquaTerra, podporovaného Evropskou unií.

V české části projektu byl výzkum zaměřen na modelování účinku starých zátěží v sedimentech Labe re-suspendovaných povodňovou epizodou na údolní nivy a jejich podzemní vody.

Během výzkumu byly identifikovány lokality v Labí, obsahující sedimenty znečištěné starými zátěžemi. Byl proveden chemický a fyzikální průzkum těchto lokalit (např. metodou radarového průzkumu dna nádrží, speciálně vyvinutou sondou pro určení charakteristik nezapevněných sedimentů aj.). Pro popis transportu a sedimentace re-suspendovaných sedimentů byl použit simulační model FAST 2D rozšířený o člen vyjadřující sedimentaci. Účinek sedimentů usazených v údolní nivě během povodňové epizody na podloží a podzemní vodu byl řešen simulačním modelem MODFLOW. Jako charakteristika znečištění byl použit zinek. Výpočet změny jeho koncentrace v čase byl proveden pro skutečné fyzikální charakteristiky sedimentů a podloží s výsledkem, který udává minimální změny kvality vody v průběhu několika desítek let.

Tyto úkoly řešil Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., ve spolupráci s Aquatestem, a. s., a Stavební fakultou ČVUT.

Publikace lze objednat ve VÚV T.G.M., v.v.i., u pí Kůckové (tel. 220 197 260, e-mail: Zuzana\_Kuckova@vuv.cz)

**Redakce**

## **In memoriam**

### **doc. RNDr. Václav Zajíček, CSc.**

S pocitem smutku jsme přijali zprávu o úmrtí doc. RNDr. Václava Zajíčka, CSc., který zemřel 20. ledna 2009 v Praze.

Narodil se 27. října 1924 v Kutné Hoře. Dětství, mládí i významnou část podzimu svého života prožil ve Světlé nad Sázavou. Po ukončení gymnázia v Havlíčkově Brodě studoval v Praze Přírodovědeckou fakultu UK, obor geografie a geologie, a současně na konzervatoři hru na varhany. Dále studoval hydrografii a doktorát pak získal na Masarykově univerzitě v Brně.

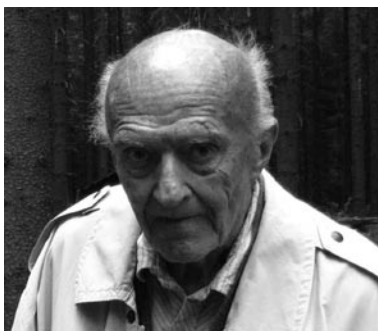
Do Výzkumného ústavu vodohospodářského nastoupil po studiích v roce 1951, nejdříve na pracoviště v Bratislavě a od roku 1954 pracoval v odboru hydrologie v Praze. V jeho pracích se uplatňovala snaha o postižení širších souvislostí plánovaných a navrhovaných zásahů do režimu podzemních vod nejen v Podunají (zakládal pozorovací síť podzemních vod na Žitném ostrově), ale i při regionálních průzkumech v kvartérních a v pozdější době i křídových oblastech. Vždy se snažil brát v úvahu i krajinnotvorné působení vodohospodářské výstavby a byl jedním z prvních vodohospodářů, který usiloval o respektování zásad ochrany přírodního a životního prostředí.

Václav Zajíček se věnoval i pedagogické činnosti. Přednášel na Přírodovědecké fakultě UK. Po roce 1989 byl jmenován docentem a stal se poradcem ministra životního prostředí. Zapojoval se i do mezinárodních vědeckých výzkumů.

Po odchodu do důchodu v roce 1992 trávil většinu času ve Světlé nad Sázavou. Jako odkaz se snažil zachránit strojní dílnu znárodněnou jeho otci, pracoval v městském zastupitelstvu, v komisi pro rozvoj města, spoluzakládal Vlastivědný kroužek Světelsko. Problematiku rozvoje města, jehož byl od roku 1999 čestným občanem, pomáhal svými návrhy řešit prakticky až do konce života.

Soupis jeho odborných prací zahrnuje několik desítek položek. Z nich uvádíme alespoň výběr:

Zajíček, V., Hálek, V., Čistín, J., Gyalokay, M. (1960) Vztahy povrchových a podzemních pořičních vod. Bratislava, Vydavatelstvo SAV.



Zajíček, V. (1970) Umělá akumulace podzemních vod, VÚV.

Zajíček, V. (1973) Vodní dílo Lipnička – funkce na Sázavě v souvislosti s problematikou Želivky, VÚV.

Zajíček, V. (1974) Optimalizace hospodářského rozvoje území a tvorby životního prostředí v modelovém povodí, VÚV.

Zajíček, V., Smola, M., Severýn, J., Štusová, Z. (1975) Ochrana podzemních vod, jejich využití a rozmnožování: Zhodnocení přírodních podmínek pro umělé doplňování vodárensky využitelných podzemních vod v ČR, VÚV.

Váša, J., Kněžek, M., Olmer, M., Zajíček, V., Severýn, J., Plachý, V., Jandová, J. (1979) Vodní

bilance, tvorba a ovlivňování odtoku: Složky bilance podzemních vod v přirozeném oběhu jako podklad pro využití a ochranu, VÚV.

Zajíček, V. a kol. (1981–1984) Optimalizace vodního režimu v rámci krajinných systémů, VÚV.

Zajíček, V. a kol. (1986–1988) Racionální regulace vodního režimu vybraných pramenných oblastí: Oblasti se zvláštním ochranným režimem Želivka a související území, VÚV.

Nesměrák, I., Novák, J., Jedlička, B., Zajíček, V., Mokroš, J., Hoffmannová, Z. (1989) Ochrana vod před znečištěním: Způsob ochrany vodních zdrojů v jednotlivých geologických útvarech a optimalizace PHO, VÚV.

Zajíček, V. (1988) Úloha vodohospodářského činitele v urbanizačním vývoji: Racionalizace rozvoje sídel a péče o životní prostředí. Praha: VÚV.

Zajíček, V., Zahradníček, J. (1988) Regionální faktor při vzniku povodní a extrémních malých vod. Zábava škod., roč. 36, č. 2.

Zajíček, V. (1990) Základní typy českých toků z hlediska vazeb povrchových a podzemních vod. III. československé hydrologické dny. České Budějovice, DT ČSVTS.

K výsledkům jeho práce se budeme jistě často vracet a připomeneme si jej tak nejen jako vynikajícího odborníka, ale také jako charakterního a vzácného člověka.

**Ing. Anna Hrabánková**

## **VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE**

**Redakční rada:** RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Šárka Blažková, DrSc., Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., prof. Ing. Pavel Pitter, DrSc., prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc., prof. Ing. Jiří Zezulák, DrSc.

Redakční rada časopisu VTEI spolupracuje s Redakční radou Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i., která řídí ediční politiku ústavu.

**Ročník 51**

**ISSN 0322 - 8916**

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



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