# HODNOTY KOEFICIENTU PRIEČNEJ DISPERZIE NA RIEKE HRON V ÚSEKU BANSKÁ BYSTRICA - ŠALKOVÁ

Yvetta Velísková

*V príspevku je opísaný spôsob stanovenia koeficientov priečnej disperzie $\epsilon_y$ na základe výsledkov tzv. zmiešacích pokusov vykonaných v rámci terénnych meraní v tejto lokalite. Ďalej je v príspevku popísaný spôsob korekcie hodnôt týchto koeficientovvyužitím modelu MODI. Na základe tejto metódy boli stanovené hodnoty priečnych disperzných koeficientov na úseku rieky Hron medzi zaústením toku Istebník a mostom v Banskej Bystrici-Šalkovej (obr.1). Táto lokalita bola vybratá z dôvodu relatívne častého výskytu ekologických havárií. Pomer priemernej šírky koryta k priemernej hĺbke v danom useku spĺňa podmienku širokého plytkého toku, preto mohla byť na vyhodnocovanom úseku na vyhodnotenie priečnych disperzných koeficientov aplikovaná metóda publikovaná Demetracopoulosom a Stefanom (1983), ktorej použitie je limitované touto podmienkou. Pozdĺžny sklon tohto riečneho úseku je v rozmedzí (0,001–0,006). Metóda Demetracopoulosa a Stefana (1983) však dáva vo všeobecnosti nadhodnotené výsledky priečnych disperzných koeficientov, čo sa potvrdilo aj pri stanovovaní $\epsilon_y$ na rieke Ondave (Pekárová - Velísková, 1998). Preto bolo potrebné hodnoty týchto koeficientov korigovať. Na tento účel bol použitý dvojrozmerný simulačný model MODI, ktorý je schopný numericky simulovať disperziu látok v prirodzenom povrchovom toku s neprizmatickým korytom za podmienok ustáleného prúdenia. Za účelom overenia hodnôt $\epsilon_y$ stanovených z terénnych meraní boli modelom MODI simulované zmiešavacie pokusy vykonané na sledovanom úseku Hrona. Namerané rozdelenie koncentrácie stopovacej látky po šírke profilu bolo porovnávané s výsledkom simulácie. Výsledky sú zhrnuté v tabuľke 1. Konečné hodnoty $\epsilon_y$ korešpondujú s hodnotami týchto veličín, ktoré boli publikované inými autormi pre podobné podmienky prúdenia a typ prirodzeného toku. Ich poznanie a korektné hodnoty dávajú záruku reálnosti predpovedí šírenia látok v tomto úseku horného Hrona v budúcnosti.*

*Kľúčové slová: koeficient priečnej disperzie, povrchové toky, znečistenie, numerická simulácia, terénne merania*

***Transverse dispersion coefficient values at the Hron River between Banská Bystrica - Šalková.*** *The paper deals with the method of transverse dispersion coefficient statement from field measurement and with a way of correction of their values through the numerical model MODI. The transverse dispersion coefficients were determined by this method at about 4 km long part of the Hron River: from the confluence of the Hron River and the Istebnik stream to the bridge in Banská Bystrica-Šalková. You can see it in Fig. 1. This locality has been chosen for relatively frequent occurrence of ecological accidents.. The ratio of a width and a mean depth at this part was from 40 to 70, so it was able to apply the method published by Demetracopoulos and Stefan (1983). The river slope at this part is in the range (0,001–0,006). There was found out that the applied method gives overestimated results of transverse dispersion coefficients, what was confirmed also in the case of $\epsilon_y$ determination on the Ondava River (Pekárová - Velísková, 1998). So the values of coefficients had to be corrected. For this purpose there was applied the 2-dimensional numerical model of dispersion MODI. This model can simulate the spreading of pollutant under conditions of steady flow in natural non-prismatic channels. There were simulated field measurements with tracer at the monitored part of the Hron River by this model. The distributions of tracer concentration from field measurements were compared with simulated distribution. The summary of result values of these coefficients is in Tab.1. The resultant values of transverse dispersion coefficient correspond with values published by other authors for similar flow conditions and types of open channel. The knowledge of correct values of these characteristics guarantees rightness of pollution spreading prediction at this part of the Hron River in future.*

*Key words: transverse dispersion coefficient, surface stream, pollution, numerical simulation, field measurement*

---

## ÚVOD

Poznanie mechanizmu a charakteristík prenosových procesov v povrchovom toku je dôležité z viacerých aspektov. Pri používaní matematického modelovania sa nezaobídeme bez poznania mechanizmu tohto procesu a pri numerických modeloch zasa bez poznania charakteristík, ktoré sú ich vstupnými dátami. Metódami matematického modelovania a použitím numerických modelov je možné veľmi efektívne posúdiť rozličné situácie na tokoch, či už je to transport plavenín a s ním súvisiace

zanášanie v toku, alebo šírenie kontaminantov v povrchových tokoch, či riešenie iného problému súvisiaceho s kvalitou povrchových tokov. V súčasnosti sa preto mocnými nástrojmi pri riešení takýchto vodohodpodárskych úloh stávajú numerické modely. Tie si však vyžadujú pre simuláciu reálnej situácie reálne hodnoty vstupných dát. Väčšina hydrodynamických modelov simulujúcich disperziu v toku vyžaduje ako vstupnú hodnotu koeficienty disperzie, príp. koeficienty zmiešavania. Priečne zmiešavanie je jedným zo základných procesov určujúcich charakter zmiešavania. I v súčasnosti je však jeho určenie či už výpočtom z charakteristík toku alebo z priameho merania pri daných podmienkach problematické. Predkladaný príspevok opisuje jednu z možných ciest, ako sa s týmto problémom vysporiadať.

## ZÁKLADNÉ TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Existuje veľký počet matematických modelov na výpočet šírenia látok v toku. Vzhľadom na prístup zvolený pri zostavovaní matematických modelov môžeme ich rozdeliť do dvoch skupín: modely vychádzajúce z analýzy časových radov a modely vychádzajúce z hydrodynamického prístupu. Prvá skupina modelov využíva meraním získané koncentrácie látok na konštrukciu viac alebo menej zložitých štatistických predpovedných schém na danom toku. Hydrodynamický prístup riešenia procesu zmiešavania v povrchových tokoch vychádza z advekčno-difúznej rovnice:

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t}+\frac{\partial(uhC)}{\partial x}+\frac{\partial(vhC)}{\partial y}+\frac{\partial(whC)}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x h\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y h\frac{\partial C}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_z h\frac{\partial C}{\partial z}\right), \qquad (1)$$

kde: $h$ - hĺbka [m],
$C$ - hmotnostná koncentrácia látky vo vode [kg m$^{-3}$],
$u,v,w$ - zložky vektora rýchlosti prúdenia [m s$^{-1}$],
$t$ - čas [s],
$x, y, z$ - priestorové súradnice bodu [m] ($x$ – pozdĺžna horizontálna, $y$ – priečna horizontálna, $z$ –vertikálna),
$\varepsilon_x$, $\varepsilon_y$, $\varepsilon_z$ - koeficienty turbulentnej difúzie v smere daných súradnicových osí [m$^2$.s$^{-1}$].

Numerické modely vychádzajúce z riešenia tejto rovnice pre korektné riešenie danej konkrétnej situácie potrebujú ako vstupné údaje geomorfologické charakteristiky toku, údaje o prietokovom alebo hladinovom režime a neodmysliteľne aj zmiešavacie charakteristiky, resp. charakteristiky disperzie na danom úseku povrchového toku, ktoré sú vlastne priestorovo spriemerovaným vyjadrením difúznych koeficientov v rovnici (1). Riešenie tejto úlohy ako trojrozmernej by bolo značne náročné. Pri riešení takýchto úloh sa väčšinou uvažuje, že hodnota koeficienta $\varepsilon_z$ vo zvislici je konštantná, i keď tento predpoklad nie je potvrdený ani teoreticky, ani experimentálnymi pokusmi (Okoye, 1970). Určitým opodstatnením použitia tohto predpokladu je ale to, že v prípade použitia strednej hodnoty $\varepsilon_z$ nedôjde k závažným chybám. Rovnica (1) sa obyčajne eliminuje na dvojrozmernú aj z toho dôvodu, že vzhľadom na ostatné smery pri prúdení v prirodzených tokoch premiešanie po zvislici prebieha pomerne rýchlo (prirodzené toky vo väčšine prípadov spĺňajú podmienku plytkých širokých tokov). Pri riešení disperzných procesov v tokoch ako dvojrozmernej úlohy sa dominantnou stáva priečna disperzia (Říha, Daněček, Glac, 1997). Z tohto dôvodu sa teda venuje pozornosť práve priečnemu disperznému koeficientu. Pri určení hodnôt tohto koeficienta však vznikajú problémy. Teoretické vzťahy na určenie hodnoty tohto koeficienta zatiaľ nie sú k dispozícii a tak možno využívať len experimentálne zistené hodnoty. Tie sa v niektorých prípadoch vyhodnocujú vo forme bezrozmerného koeficienta priečnej disperzie, a to vo forme:

$$a=\frac{\varepsilon_y}{u_* h}\quad , \qquad (2)$$

kde $u_*$ - trecia rýchlosť [m s$^{-1}$].

Hodnota bezrozmerného koeficienta priečnej disperzie umožňuje istú variabilitu hodnoty tohto koeficienta vzhľadom na podmienky prúdenia v toku. V niektorých prípadoch a bez predchádzajúcich skúseností však nie je ľahké a ani možné stanoviť pre konkrétne úseky toku pri platných podmienkach prúdenia v ňom správnu a platnú hodnotu priečneho disperzného koeficienta ani pomocou vzťahu (2).

## OPIS LOKALITY A PODMIENOK MERANIA

Koeficienty priečnej disperzie boli vyhodnocované na cca 4 km dlhom úseku rieky Hron medzi zaústením toku Istebník a mostom v Banskej Bystrici–Šalkovej. Táto lokalita je zaujímavá hlavne z kvalitatívneho hľadiska hodnotenia toku, keďže tento úsek Hrona býva postihovaný relatívne častými ekologickými haváriami. Lokalita je vyznačená na obr. 1. Pomer šírky koryta k priemernej hĺbke bol v rozmedzí od 40 do 70-násobku, a preto bolo možné považovať koryto za široké a plytké, čo je predpoklad aplikovateľnosti metódy použitej na stanovenie priečneho disperzného koeficienta z terénnych meraní. Pozdĺžny sklon toku v tomto úseku bol v rozmedzí 0,001 až 0,0026. V rámci vyhodnocovaného úseku sa vytypovali dve časti toku s rozdielnym smerovým vedením: pravotočivá zákruta a priamy úsek. V každej sledovanej časti bolo zvolené miesto vypúšťania stopovacej látky a 4 profily, v ktorých bolo zmerané rýchlostné pole hydrometrovaním, hĺbky po šírke profilu a pri zmiešavacích pokusoch rozdelenie koncentrácie stopovača. Merania boli vykonané v troch rôznych obdobiach s rozdielnymi prietokovými pomermi ( 6,7 $m^3 s^{-1}$ až 21,97 $m^3 s^{-1}$). Každé meranie osobitne bolo však vykonané za ustáleného stavu.




*Obr. 1 Vyhodnocovaný úsek Hrona*

*Fig. 1 The part of the Hron River, which was evaluated.*

## SPÔSOB STANOVENIA KOEFICIENTA PRIEČNEJ DISPERZIE

### Stanovenie $\in_y$ z výsledkov terénneho merania

Disperzné charakteristiky v toku možno v teréne merať zmiešavacími pokusmi buď s konštantným zdrojom stopovacej látky, alebo okamžitým injektovaním tejto látky do toku (vo veľmi krátkom časovom intervale). Prvý spôsob je presnejší, ale vyžaduje si zložitejšie dávkovacie zariadenie

a nepomerne väčší objem stopovacej látky. Druhý spôsob je náročnejší napr. na meraciu techniku a zohratosť meracej skupiny pri meraní prechádzajúceho oblaku stopovača. Pri našich terénnych meraniach bol použitý konštantný zdroj stopovacej látky a spôsob stanovenia koeficientu priečnej disperzie zodpovedal metóde, ktorú uvádzajú Demetracopoulos a Stefan (1983). Metóda a jej aplikácia boli podrobne opísané už skôr v práci Velískovej a Kohutiara (1992b). Z dôvodu lepšej prehľadnosti a zabezpečenia lepšej zrozumiteľnosti, príp. kontinuity riešenia uvádzam základné črty tejto metódy.

Zmiešavanie nesenej látky v toku možno rozdeliť do štyroch základných etáp. V prvej etape je určujúcim zmiešavacím mechanizmom moment od nerovnakej rýchlosti vtekajúcej látky vzhľadom na rýchlosť vody v toku. Pri zmiešavacích pokusoch, kedy stopovacia látka voľne vteká do toku, možno túto etapu zanedbať. Druhá etapa je charakterizovaná úplným vertikálnym premiešaním stopovača. Dĺžka tohto úseku býva orientačne rovná 100- až 200-násobku hĺbky toku, prípadne môže byť určená podľa vzťahov odvodených rôznymi autormi. Tieto vzťahy obyčajne vyjadrujú funkčnú závislosť zmiešavacej dĺžky od šírky toku, priemernej rýchlosti prúdenia, strednej hĺbky a príp. priečneho disperzného koeficienta. Tretia etapa trvá od premiešania stopovača po hĺbke toku po jeho úplné premiešanie po šírke toku. Štvrtá etapa je charakterizovaná jedine pozdĺžnymi gradientmi koncentrácie.

V tretej etape zmiešavania, ktorá je v širokých tokoch dominantná (a z hľadiska určenia priečneho disperzného koeficienta tiež), možno zmeny koncentrácie stopovacej látky vyjadriť dvojrozmernou advekčno-difúznou rovnicou v tvare:

$$\frac{\partial}{\partial x}(u\,h\,C)+\frac{\partial}{\partial y}(v\,h\,C)=\frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x h\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_y h\frac{\partial C}{\partial y}\right) \tag{3}$$

Nahradením ťažko dostupných lokálnych hodnôt rýchlostí, hĺbky a koeficientov turbulentnej difúzie ich priestorovo spriemerovanými hodnotami ($U$, $H$, $\in_x$, $\in_y$), zanedbaním zmien rýchlostí v priečnom smere a za predpokladu, že pozdĺžna turbulentná difúzia je vzhľadom na advekciu zanedbateľná, sa rovnica (2) zredukovala na tvar:

$$U\frac{\partial C}{\partial x}=\in_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad . \tag{4}$$

Podrobný postup riešenia tejto rovnice je opísaný v spomínanej publikácií Velísková, Kohutiar (1992b). Výsledný vzťah pre vyčíslenie priečneho disperzného koeficienta medzi dvoma susednými meranými profilmi má tvar:

$$\in_y=\frac{U}{2}\,\frac{\Delta\sigma^2}{\Delta x} \quad , \tag{5}$$

kde $\Delta\sigma^2$ - zmena smerodajnej odchýlky na $\Delta x$.

Treba spomenúť, že predpokladom uvedeného výpočtu je existencia obdĺžnikového koryta. Toky v prírode sa však s takýmto tvarom priečneho prierezu nevyskytujú, a tak je potrebné transformovať tvar sledovaného koryta na obdĺžnikový pravouhlý prierez so šírkou $B_t$ a hĺbkou $H_t$ podľa vzťahov:

$$B_t=\frac{\int d\,S_{hl}}{L} \qquad\qquad H_t=\frac{\int dV}{\int d\,S_{hl}} \tag{6}$$

kde $\int d\,S_{hl}$ - plocha hladiny [m$^2$],

$L$ - dĺžka sledovaného úseku [m],

$\int dV$ - objem sledovaného úseku toku [$m^3$].

Podľa tejto stručne opísanej metódy boli na základe výsledkov zmiešavacích pokusov vykonaných priamo v teréne na konkrétnej lokalite vyhodnotené priečne disperzné koeficienty pre sledovanú časť Hrona. Ich hodnoty sú zhrnuté v tab. 1.

**Stanovenie $\in_y$ z výsledkov simulácie**

Ako bolo spomenuté už v úvode tohto príspevku, matematické modelovanie a numerické modely sa stávajú v súčasnosti neodmysliteľným nástrojom pri riešení vodohospodárskych problémov, a to zvlášť pri problémoch súvisiacich s ekológiou. Práve matematické modelovanie disperzie kontaminantov v tokoch možno účinne využiť pri stanovení a overení disperzných charakteristík povrchového toku.

Za účelom overenia hodnôt koeficienta priečnej disperzie, ktoré boli stanovené z výsledkov zmiešavacích pokusov v terénnych podmienkach metódou Demetracopoulosa a Stefana (1983), bol použitý numerický model MODI. Je to model, ktorý je schopný dvojrozmerne simulovať disperziu látok v prirodzenom povrchovom toku s neprizmatickým korytom za podmienok ustáleného prúdenia. Založený je na riešení dvojrozmernej formy advekčno-difúznej rovnice (1) a na koncepte tzv. prúdových trubíc. Tento koncept vychádza z toho, že tok po šírke je rozdelený na sústavu trubíc nerovnakej šírky, ale s rovnakým prietokom (Yotsukura, Sayre, 1976). Ďalej model využíva myšlienku rozdelenia trubíc na elementy nerovnakej dĺžky (Luk, Lau, Watt, 1990). Tým sa síce stratí možnosť spojiť model disperzie s modelom neustáleného prúdenia v toku, ale zároveň sa odstráni veľmi nepríjemná vlastnosť diferenčných schém – numerická difúzia – a to tým, že dĺžky týchto elementov sú tvorené tak, aby sa hodnota Courantovho čísla rovnala 1. Podrobný opis modelu MODI a jeho vlastností je publikovaný v práci Velísková, Kohutiar (1992a).

Modelom MODI boli simulované zmiešavacie pokusy vykonané na sledovanom úseku Hrona. Ako vstupné údaje do modelu boli použité namerané rozdelenia rýchlostí a hĺbok v jednotlivých meraných profiloch a stanovené koeficienty priečnej disperzie (podľa Demetracopoulosa a Stefana (1983)). Namerané rozdelenie koncentrácie stopovacej látky po šírke profilu bolo porovnávané s výsledkami simulácie. Na obr. 2 a 3 je pre ilustráciu zobrazená časť výsledkov.

Z porovnania nameraného a simulovaného rozdelenia koncentrácie stopovacej látky po šírke toku v jednotlivých profiloch sledovaných úsekov rieky Hron (obr. 2, 3) bolo jasné, že stanovené hodnoty koeficienta priečnej disperzie treba korigovať. Základ tvorili namerané hodnoty koncentrácií stopovača v toku počas terénnych meraní v jednotlivých úsekoch a sériach (v rámci každého úseku boli vykonané 3 série pokusov pri rôznych prietokových pomeroch). V rámci úseku boli potom postupne navrhované opravené hodnoty $\in_y$ a s nimi následne nasimulované šírenie stopovača. Na základe celej série simulácií boli potom stanovené nové hodnoty priečneho disperzného koeficienta v každom úseku a pre každú sériu zmiešavacích pokusov zvlášť. Z takto zostaveného súboru výsledkov simulácií bola vybraná jedna pre každý úsek a sériu, ktorá najlepšie korešpondovala s nameraným rozdelením koncentrácie stopovača v danom úseku a sérii pri terénnych meraniach. Výsledok vybranej simulácie je uvedený v rámci každého obrázka. Konečné hodnoty koeficienta priečnej disperzie $\in_y$ na sledovanom úseku Hrona sú uvedené v tabuľke 1.

Keďže jednotlivé série pokusov v rámci sledovaných úsekov boli realizované za rozdielnych prietokových pomerov, nemožno porovnávať hodnoty $\in_y$ získané z jednotlivých sérii pokusov ani pre rovnaký úsek. Hodnota koeficienta priečnej disperzie je totiž ovplyvnená hydraulickými parametrami toku, ktoré sa pri zmene prietokových pomerov menia (Kališ, 1972; Sumer, Fischer, 1977; Lau, Krishnappan, 1977; Fischer et al., 1979; Velísková, 2002). Niektorí autori z týchto dôvodov vo svojich prácach preto ani neuvádzajú hodnotu $\in_y$, ale len hodnotu bezrozmerného koeficienta priečnej

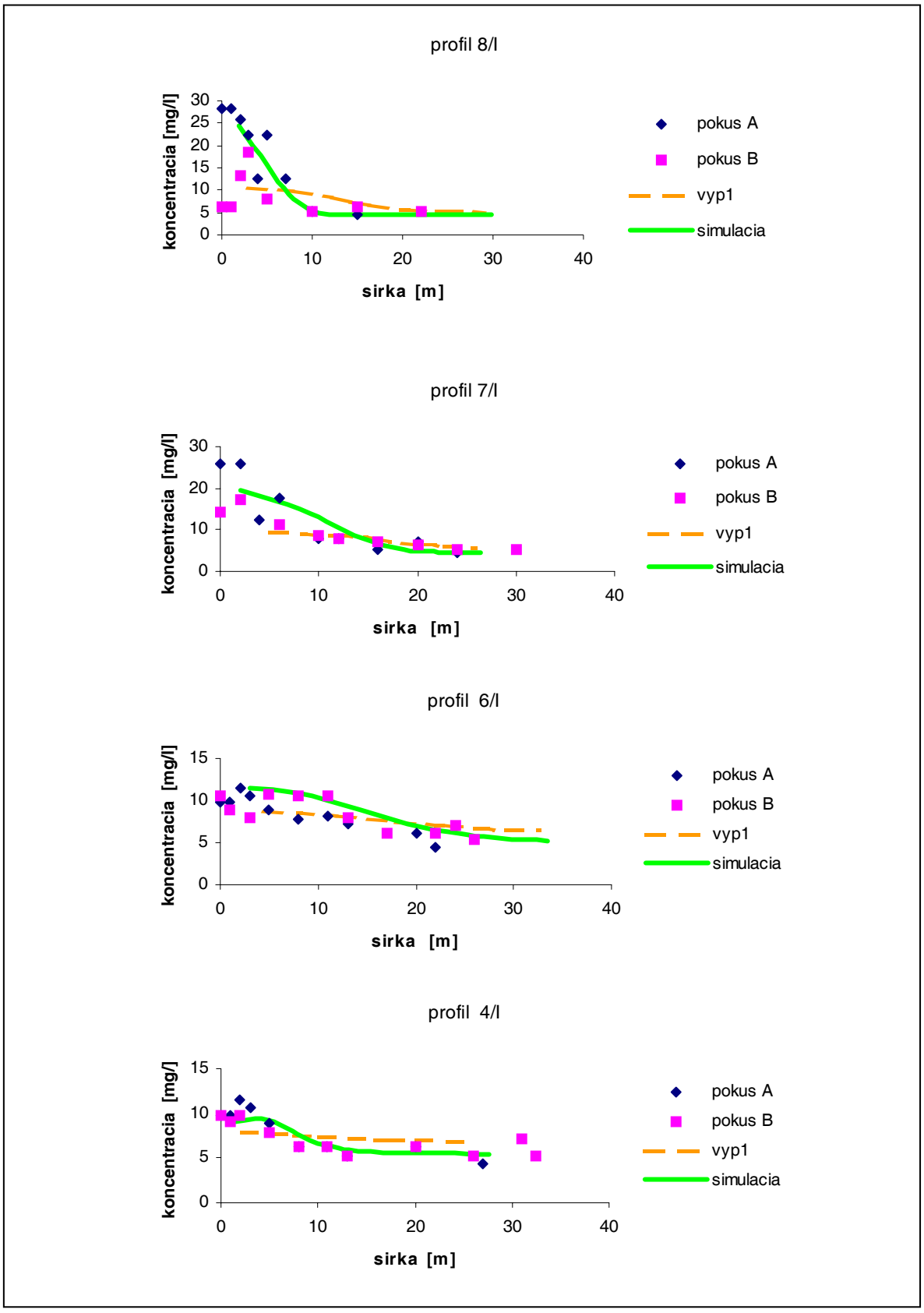
*Tab. 1 Namerané a vypočítané hodnoty priečnych disperzných koeficientov na sledovanom úseku Hrona*

*Tab. 1 Measured and calculated values of transverse dispersion coefficients at the monitored part of the Hron River*

| | | 1. séria pokusov | 2. séria pokusov | 3.séria pokusov |
|---|---|---|---|---|
| **úsek I.** (so zákrutou) | terénne merania (Demetracopoulos, Stefan) $\in_y^M$ [$m^2 s^{-1}$] | 0,403<br>0,403<br>0,165<br>0,197<br>0,197 | 1,3<br>1,3<br>1,061<br>0,896<br>0,896 | 1,242<br>1,242<br>0,612<br>0,860<br>0,860 |
| | model MODI $\in_y^S$ [$m^2 s^{-1}$] | 0,05<br>0,02<br>0,30<br>0,10<br>0,02 | 0,03<br>0,01<br>0,20<br>0,05<br>0,01 | 0,03<br>0,01<br>0,20<br>0,06<br>0,02 |
| | *a* [ – ] | 0,49<br>0,2<br>2,50<br>1,45<br>0,20 | 0,49<br>0,20<br>2,55<br>1,45<br>0,20 | 0,49<br>0,20<br>2,55<br>1,45<br>0,20 |
| | | 1. séria pokusov | 2. séria pokusov | 3.séria pokusov |
| **úsek II.** (priama) | terénne merania (Demetracopoulos, Stefan) $\in_y^M$ [$m^2 s^{-1}$] | 0,145<br>0,145<br>0,407<br>0,044<br>0,044 | 0,727<br>0,727<br>0,361<br>0,333<br>0,333 | 0,863<br>0,863<br>0,078<br>0,044<br>0,044 |
| | model MODI $\in_y^S$ [$m^2 s^{-1}$] | 0,01<br>0,02<br>0,01<br>0,01<br>0,01 | 0,006<br>0,013<br>0,007<br>0,006<br>0,005 | 0,007<br>0,015<br>0,007<br>0,008<br>0,008 |
| | *a* [ – ] | 0,09<br>0,20<br>0,19<br>0,15<br>0,27 | 0,09<br>0,20<br>0,19<br>0,15<br>0,27 | 0,09<br>0,20<br>0,19<br>0,15<br>0,27 |

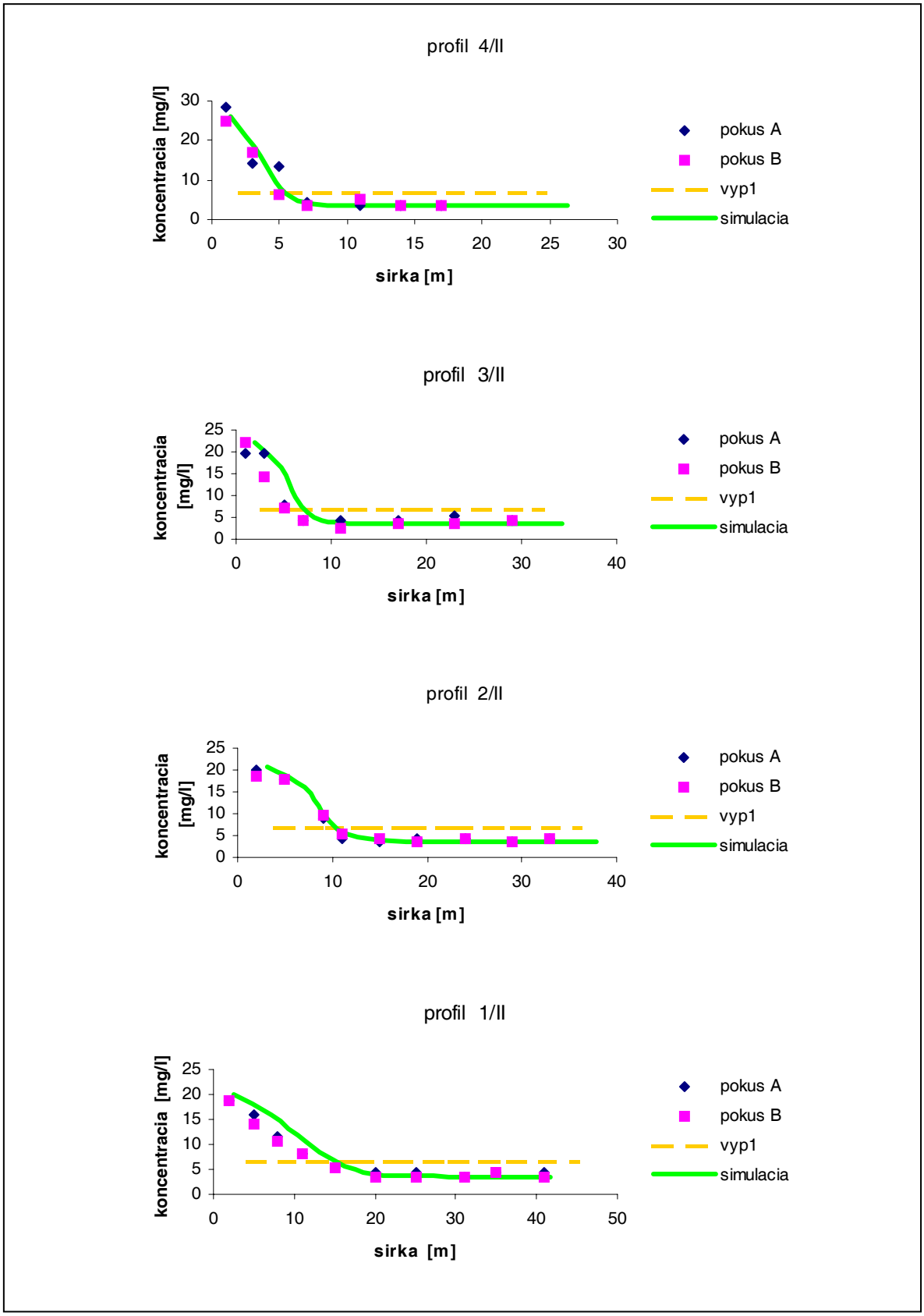
disperzie *a*. Preto z konečných hodnôt $\in_y$ boli následne vyčíslené hodnoty bezrozmerného koeficienta priečnej disperzie *a* podľa rovnice (2) – pozri tabuľku 1.

Vo všeobecnosti môžeme konštatovať, že v prvom úseku koeficient priečnej disperzie, i jeho bezrozmerná forma, dosahuje v priemere vyššie hodnoty ako v druhom úseku, čo je ale pravdepodobne spôsobené smerovým vedením toku (Fischer, 1979; Yotsukura, Sayre, 1976), keďže prvý úsek charakterizuje pravotočivá zákruta a druhý sa nachádza v priamej časti.




*Obr. 2 Grafické zobrazenie rozdelenia koncentrácie stopovača v úseku I („vyp1“ – hodnota $\in_y$ stanovená metódou Demetracopoulosa a Stefana)*

*Fig. 2 The graphical presentation of the tracer concentration in the part I („vyp1“ –$\in_y$ estimated by the Demetracopoulos a Stefan method)*




*Obr. 3 Grafické zobrazenie rozdelenia koncentrácie stopovača v úseku II („vyp1“ – hodnota $\in_y$ stanovená metódou Demetracopoulosa a Stefana)*

*Fig. 3 The graphical presentation of the tracer concentration in the part II („vyp1“ –$\in_y$ estimated by the Demetracopoulos a Stefan method)*

## ZÁVER

V predkladanom príspevku je opísaný spôsob stanovenia hodnôt koeficienta priečnej disperzie na cca 4 km dlhom úseku rieky Hron medzi zaústením toku Istebník a mostom v Banskej Bystrici-Šalkovej. Koeficienty priečnej disperzie boli v prvom kroku stanovované z terénnych meraní. V druhom kroku boli ich hodnoty overované a korigované aplikáciou numerického modelu MODI, ktorý je schopný dvojrozmerne modelovať disperziu nesených látok v prirodzenom povrchovom toku. Pri terénnych meraniach aplikovaná metóda stanovenia priečneho disperzného koeficienta publikovaná Demetracopoulosom a Stefanom (1983) využíva konštantný zdroj stopovacej látky a je aplikovateľná pre široké plytké korytá. Na základe tejto metódy boli z výsledkov terénnych meraní určené hodnoty priečnych disperzných koeficientov. Spomínaná metóda však dáva vo všeobecnosti nadhodnotené výsledky týchto koeficientov, čo sa potvrdilo aj pri stanovení $\in_y$ na rieke Ondave (Pekárová, Velísková, 1998), kde pôvodne stanovená priemerná hodnota $\in_y = 0{,}149\ m^2\ s^{-1}$ sa zmenila na $\in_y = 0{,}011\ m^2\ s^{-1}$ ($a = 0{,}892$). Preto hodnoty koeficientov priečnej disperzie stanovené z terénnych meraní metódou Demetracopoulosa a Stefana (1983) boli použitím numerického modelu následne korigované. Výsledky sú zhrnuté v tabuľke 1. Konečné hodnoty $\in_y$ korešpondujú s hodnotami týchto veličín, ktoré boli publikované inými autormi pre podobné podmienky prúdenia a typ prirodzeného toku. Ich poznanie a korektné hodnoty dávajú záruku reálnosti predpovedí šírenia látok v tomto úseku horného Hrona v budúcnosti.

***Poďakovanie***
Spracovanie štúdie bolo podporené Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-51-044802 a č. APVT-51-017804, ako aj z projektu VEGA č. 2/5054/25.

## Literatúra

Demetracopoulos, A.C., Stefan, H.G. (1983): Transverse mixing in wide and shallow river. Case study. J.Environ. Emgineering ASCE, *109*, No. 3, 685−699.

Fischer, H.B. et al. (1979): Mixing in inland and coastal waters. New York, Acad.Press.

Kališ, J. (1972): Příčné mísení v otevřených tocích. Vodohosp. Čas., 20, č. 5, 535−566.

Lau, Y.L., Krishnappan, B.G. (1977): Transverse dispersion in rectangular channels, J. Hydraul. Div. Proc. Am. Soc., Civ. Eng., 103, 1173−1189.

Luk, G.K.Y., Lau, Y.L., Watt, W.E. (1990): Two-dimensional mixing in rivers with unsteady pollutant source. J. Environ. Eng. ASCE, 116, No. 1.

Okoye, J.K. (1970): Characteristics of transverse mixing in open-channel flows. California Institute of technology, Pasadena, California.

Pekárová, P., Velísková, Y. (1998): Modelovanie kvality vody v povodí Ondavy, VEDA, ÚH SAV, Bratislava.

Říha, J., Daněček, J., Glac, F. (1997): Vliv disperze na průběh koncentrací látek v toku. J. Hydrol. Hydromech., 45, 1-2, 69−80.

Sumer, S.M., Fischer, H.B. (1977): Transverse mixing in partially stratified flow. J. Hydraul. Div., Proc. Am. Soc. Chem. Eng., 103, 587−600.

Velísková, Y., Kohutiar, J. (1992a): K dvojrozmernému modelovaniu disperzie v prirodzených korytách. Vodohosp. Čas., 40, č. 5, 409−424.

Velísková, Y., Kohutiar, J. (1992b): Určenie koeficientov priečneho zmiešavania v širokých plytkých tokoch. Vodohosp. Čas., 40, č. 6, 506−516.

Velísková, Y. (2002): Charakteristiky priečneho zmiešavania v povrchových tokoch. 2. Vplyv geometrických parametrov koryta, strednej rýchlosti prúdenia a trecej rýchlosti. Acta Hydrologica Slovaca, 3, č. 1, 76−80.

Yotsukura, N., Sayre, W.W. (1976): Transverse mixing in natural channels. Water Resour. Res., 12, No. 4, 695−704.

**Autor**

Ing. Yvetta Velísková, PhD.
Ústav hydrológie SAV
Račiansja 75
831 02 Bratislava 3
Slovenská republika
E-mail: Yvetta.Veliskova@savba.sk