# POUŽITIE ADV METÓDY PRE MERANIE ZLOŽIEK RÝCHLOSTÍ PRÚDENIA V PRIRODZENOM PROSTREDÍ VODNÉHO TOKU

Radoslav Schügerl, Yvetta Velísková

V článku sú prezentované výsledky merania rýchlostného profilu v otvorenom koryte použitím ADV metódy (Acoustic Doppler Velocimetry) na overenie merania v terénnych podmienkach. Treba poznamenať, že merania boli vykonané bez dodržania normatívnych princípov merania, resp. metrologickej záväznosti. Merania sa vykonávali na vodnom toku Malina (Záhorie). Na meranie rýchlostného profilu bola použitá trojrozmerná ultrazvuková sonda ADV prístroja FlowTracker (SonTek/YSI). Do vodného toku bola umiestnená prekážka, ktorá modifikovala rýchlostné pole prúdiacej vody. Vo vybranom priečnom profile toku bol meraný rýchlostný profil nenarušený prekážkou a následne zmeny tohto rýchlostného profilu vyvolané prekážkou umiestnenou smerom proti prúdu. Rýchlostný profil sa zaznamenával v tzv. "General mode operation", kde sú merané a zapísané všetky tri zložky rýchlosti v meranom bode. Obsahom tohto článku je zhodnotenie skúseností z pilotnej aplikácie prístroja pre monitoring zmien týchto zložiek bodovej rýchlosti (v<sub>x</sub>, v<sub>y</sub>, v<sub>z</sub>) v terénnych podmienkach.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: rýchlostný profil, ADV metóda, vodný tok, prúdenie s voľnou hladinou

USING OF ADV METHOD FOR MEASURING OF FLOW VELOCITY COMPONENTS IN THE STREAM. In this article the results of velocity profile measurements in a stream by using the ADV method (Acoustic Doppler Velocimetry) are presented. The measurements are carried out in the Malina stream (Záhorie). The velocity profile was measured with using the three-dimensional ultrasound probe of ADV device FlowTracker (SonTek/YSI). The obstacle was installed into the stream and by this way the velocity profile was modified. First, the undisturbed velocity profile was measured and subsequently there was measured the modification of this velocity profile caused by the obstacle installation. The FlowTracker device run in so-called "General mode operation", in which all three velocity vectors in the measured point are recorded. The content of this article is evaluation of results from pilot application of the device for monitoring of point velocity components ( $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$ ) changes in field conditions.

KEY WORDS: velocity profile, Acoustic Doppler Velocimetry, stream, flow with free surface

# Úvod

Existuje veľké množstvo rôznych experimentálnych metód na stanovenie rýchlostných profilov. Výber metód je rozsiahlejší pre použitie v laboratórnych podmienkach (*Mrutyunjay et al.*, 2011; *Pu*, 2012; *Yochum et al.*, 2012). Metód, ktoré by sa dali účinne využiť zároveň aj v terénnych podmienkach, je už menej. Hlavným problémom je ich nižšia presnosť a možnosti použitia (*Chára, Matoušek,* 2010). Ako najvýhodnejšia sa javí v tomto prípade aplikácia metódy založená na princípe ultrazvukového odrazu, na tzv. Dopplerovom

efekte.

ADV (Acoustic Doppler Velocimetry) metóda sa v súčasnosti používa vo veľkej miere v mechanike tekutín a hydraulike pre spoznanie turbulentného prúdenia, Reynoldsovho čísla a pod. (Hurther, Lemmin, 1998). Meranie zložiek rýchlosti prúdenia vody v tokoch nie je v prírodných podmienkach jednoduché. ADV metóda však dáva túto možnosť - merať všetky tri zložky rýchlosti v meranom bode (objeme) - aj v terénnych podmienkach. Merania sa vykonávali moderným hydrometrickým prístrojom Flow Tracker, ktorý je vhodný na meranie aj pri nižších rýchlostiach a v plytkejších vodných tokoch (Fulford, 2001). Meraním zložiek rýchlostí vo vodnom toku metódou ADV sa zaoberali napríklad Morlock et al. (2002), ktorí túto metódu používali pre americkú geologickú službu USGS. Akib et al. (2014) študovali rýchlosti prúdenia vody okolo pilierov vo vodnom toku. Následne dané podmienky simulovali v laboratórnom žlabe.

Princíp tejto metódy spočíva v tom, že ultrazvukový impulz s danou frekvenciou je vysielaný vysielačom do určitej vzdialenosti. V dôsledku odrazu od pohybujúcich sa častíc je frekvencia impulzu zmenená a následne snímaná prijímačmi. Zmena frekvencie potom indikuje zmenu rýchlosti v meranom bode / objeme. Geometria sondy je tvorená dvoma prijímačmi tvoriacimi jednu rovinu a tretím umiestneným nad touto rovinou – ten určuje potom zvislú zložku rýchlosti (Chára & Matoušek, 2010; Velísková et al., 2012).

## Metodika merania

Po vyhodnotení viacerých alternatív sa merania uskutočnili na vodnom toku Malina (obr. 1), ktorý je ľavostranným prítokom Moravy. Pramení v Malých Karpatoch, má dĺžku 47 *kilometrov* a priemerný prietok v ústi je 1,8  $m^3.s^{-1}$ . Merania prebiehali na deviatom riečnom kilometri (9 *rkm*). GPS súradnice meraného profilu sú: N 48.3469678, E 16.9651006. V predmetnom území je to regulovaný vodný tok a katastrálne patrí do obce Láb, približne 20 km od Bratislavy.

Predmetný úsek vodného toku sa vybral s ohľadom na splnenie požiadavky ustáleného prúdenia, tzn. že v úseku nie sú žiadne prítoky a vodný tok mal priamy smer bez ohybu. Hodnota prietoku počas meraní bola  $0,642 \ m^3.s^{-1}$ . Na určenie prietoku bol použitý ten istý prístroj - Flow Tracker v tzv. "Discharge mode" (midsection method, tzn. stredová metóda určenia prietoku).

Šírka vodného toku bola 5 metrov.

Cieľom merania bolo otestovať možnosti sondy v tzv. "general mode", pri ktorom je prístroj schopný zaznamenávať tri zložky vektora rýchlosti v meranom bode a vykonať pilotné meranie obtekania prekážky. Meranie bolo vykonávané prvotne pri nenarušenom prúdení – čiže bez akejkoľvek prekážky. V druhotnej fáze sme do vodného toku umiestnili prekážku, ktorá menila podmienky prúdenia. Prekážku tvoril 120 *litrový* sud. Priemer suda bol v najširšom mieste 0,5 *m* a výška bola 0,85 *m*. Sud bol naplnený až po okraj vodou a bol umiestnený 0,5 *m* (*vzdialenosť L1*) proti smeru prúdenia od priečneho profilu, v ktorom prebiehalo meranie (obr. 2).

Rozdelenie zložiek rýchlosti sa meralo v jednom profile a v tých istých bodoch. Rozmiestnenie bodov vychádzalo z rozmiestnenia zvislíc v priečnom profile, ktoré bolo nasledovné: 1,25; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 2,75; 3,00; 3,25; 3,50; 3,75; 4,00 m od pravého brehu vodného toku (vzdialenosti L2). Vo všetkých zvisliciach boli v určitých bodoch po hĺbke merané rýchlostné zložky  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$ . Výška bodov na zvisliciach bola 0,15; 0,30 a 0,45 m od hladiny vodného toku (vzdialenosti H). Vo zvisliciach L2 = 3,75 a 4,0 m od pravého brehu boli uvažované len rýchlosti vo výškach 0,15 a 0,30 m (H3, resp. H2) z dôvodu prítomnej vegetácie na dne vodného toku, ktorá vplývala na rýchlosť prúdenia (hodnota  $v_x$ dosahovala len  $0,005 m.s^{-1}$ ). Z tohto dôvodu sa merané rýchlosti do súhrnných výsledkov nezapočítavali. Označenie meraných bodov v grafoch je nasledujúce: pre profil bez prekážky je to H1 až H3 a pre profil za prekážkou je to H1S až H3S. Na obrázku č. 3 je vidieť rozmiestnenie meraných bodov zložiek rýchlosti v profile za umiestnenou prekážkou. Čas merania (t)v jednotlivých bodoch sme stanovili na 180 sekúnd pre profil bez prekážky a 240 sekúnd za prekážkou.



*Obr.1. Meraná lokalita na vodnom toku Malina. Fig. 1. Measurement site at the Malina stream.* 



*Obr. 2. Umiestnenie prekážky vo vodnom toku. Fig. 2. Placement of the barrier in the stream.* 



*Obr. 3.* Rozmiestnenie meraných bodov rýchlostných zložiek v profile. *Fig. 3.* Arrangement the vertically axis and depth measurement point of the velocity components.

## Výsledky a diskusia

Výsledkom meraní je databáza zložiek bodových rýchlostí  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  vo zvolených bodoch. Na obrázkoch 4 až 6 sú vykreslené priebehy týchto zložiek v jednotlivých bodoch v troch rôznych hĺbkach pod úrovňou hladiny vodného toku pre profil bez umiestnenej prekážky a pre profil za prekážkou. Čiarkované čiary sú použité pre hodnoty v profile bez prekážky, plné čiary pre hodnoty v profile za prekážkou.

V prípade zložky  $v_x$  v profile bez prekážky majú namerané hodnoty ustálený charakter (obr. 4). Najvyššie hodnoty sú zaznamenané v prúdnici vodného toku pre všetky tri skúmané hĺbky, smetrom k brehom hodnoty klesajú. V prípade profilu za prekážkou sú hodnoty takmer identické s profilom bez prekážky s výnimkou hodnôt pre zvislice L2 = 2,25 m až L2 = 2,75 m (os umiestnenej prekážky je vo vzdialenosti 2,625 m od pravého brehu vodného toku). Najväčší pokles hodnôt rýchlostí  $v_x$  je zaznamenaný v hĺbke H3S (0,15 metra pod hladinou) - len 17,5 % rýchlosti z hodnoty rýchlosti v profile bez prekážky (z 0,480 m.s<sup>-1</sup> na 0,084 m.s<sup>-1</sup>). V ostatných meraných hĺbkach je tento rozdiel menší (54,43 % rýchlosti z hodnoty rýchlosti v profile bez prekážky – pre hĺbku H2S a 25,92 % rýchlosti z hodnoty rýchlosti v profile bez prekážky – pre hĺbku H1S). V tabuľke 1 sú zaznamenané priemerné, maximálne a minimálne hodnoty zložiek rýchlostí  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  v troch meraných hĺbkach (0,45; 0,30 a 0,15 m). V tabuľke je taktiež zapísaný percentuálny rozdiel medzi priemernými hodnotami zložiek rýchlostí  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  nameraných v profile bez prekážky a v profile za prekážkou. Priemerné hodnoty rýchlosti  $v_x$  sú v profile za prekážkou v rozmedzí 71,84 až 85,75 % rýchlosti z hodnoty rýchlosti v profile bez prekážky.

V prípade zložky  $v_y$  (obr. 5) je situácia nasledovná: v profile bez prekážky je priebeh zložky  $v_y$  po šírke vodného toku relatívne ustálený a oscilujúci okolo nulovej hodnoty. V profile za umiestnenou prekážkou výsledky merania ukazujú rozkolísanie tejto zložky rýchlosti, ako dôsledok vplyvu vloženej prekážky. V jej dôsledku nastáva deformácia prúdenia kvapaliny. Maximálna zmena hodnoty tejto zložky rýchlosti je vo zvislici L2 = 2,5 m od pravého brehu v hĺbke H3S. Hodnota tejto zložky je v tomto bode  $-0,25 m.s^{-1}$ (tab. 1). Na ľavej strane prekážky však nebol pozorovaný identický rozkyv tejto zložky rýchlosti ako na pravej strane. Rozkyv na ľavej strane je menší. Môže to byť spôsobené nie úplne presným vycentrovaním prekážky v prúdnici, resp. väčším výskytom vodnej vegetácie.

Z obrázku 5 je zrejmé, že najväčšie deformácie boli zaznamenané v hĺbke H3S, keďže v dôsledku umiestnenej prekážky dochádza aj k deformácii hladiny za ňou. Percentuálny rozdiel medzi priemernými hodnotami zložiek rýchlostí  $v_v$  sa nevyhodnocoval. Pri prúdení vo vodnom toku táto zložka bodovej rýchlosti osciluje v dôsledku umiestnenia prekážky a môže mať kladné aj záporné znamienko. Obdobne pri rýchlostnej zložke  $v_z$ , táto môže nadobúdať kladné alebo záporné hodnoty v dôsledku prúdiacej tekutiny v toku smerom ku dnu, resp. k hladine. Priebeh zložky rýchlosti  $v_z$  je na obr. 6. V profile bez prekážky je priebeh zložky vz po šírke vodného toku relatívne ustálený a oscilujúci okolo nulovej hodnoty. V profile za prekážkou je situácia takmer identická okrem hodnôt rýchlostí vo zvislici L2 = 2,5 m a v hĺbkach HIS (hodnota rýchlosti  $v_z = 0,106 m.s^{-1}$ ) a H3S (hodnota rýchlosti  $v_z = -0,103 \text{ m.s}^{-1}$ ). Prúdiaca kvapalina smerovala v H3S k hladine a v H1S ku dnu vodného toku. Ostatné hodnoty rýchlosti vz sa pohybujú v zóne  $\pm 0.002 \ m.s^{-1}$ .



*Obr. 4. Meranie rýchlostnej zložky*  $v_x$  v *profile bez a za prekážkou v rôznych hĺbkach. Fig. 4. Measurement of velocity component*  $v_x$  *in the velocity profile without and behind the barrier.* 



*Obr. 5. Meranie rýchlostnej zložky*  $v_y v$  *profile bez a za prekážkou v rôznych hĺbkach. Fig. 5. Measurement of velocity component*  $v_y$  *in the velocity profile without and behind the barrier.* 



*Obr. 6. Meranie rýchlostnej zložky*  $v_z v$  *profile bez a za prekážkou v rôznych hĺbkach. Fig. 6. Measurement of velocity component*  $v_z$  *in the velocity profile without and behind the barrier.* 

Tabuľka 1.	Hodnoty	zložiek	rýchlostí	(v <sub>x</sub> ,	$v_y$ ,	$v_z$ )	v troch	meraných	hĺbkach	(priemerné,
maximálne a minimálne hodnoty)										

Table 1.Velocity components  $(v_x, v_y, v_z)$  values in three measured depth (average, maximum<br/>and minimum values)

	H1 (0,45m)		H1S (0,45m)		%	H2 (0,30m)		H2S (0,30m)		%	H3 (0,15 m)		H3S (0,15 m)		%
	Ø	max min	Ø	max min	Ø	Ø	max min	Ø	max min	Ø	Ø	max min	Ø	max min	Ø
Vx	0.432		0,407	00.61		0,485	0,313	0,403	85,75	0,380	0,480	0,273	0,390	71,84	
(m/s) = 0.35	0,356	0,124	0,287	0,112	80,61 0,365	0,044		0,063			0,157		0,084		
<b>Vy</b> (m/s) 0,		0,024		0,046	х	0,007	0,018	-0,01	0,111		0,013	0,036	- 0,007	0,097	х
	0,076	- 0,016	0,025	- 0,095			- 0,014		0,113	Х		-0,02		- 0,252	
Vz (m/s) 0,		0,014		0,106		X	0,012	0,001	0,014	Х	0,007	0,014		0,010 - 0,103	Х
	0,001	-0,02	0,014	4 - 0,026	Х		- 0,028		- 0,015			- 0,033	0,010		

## Záver

Výsledky merania potvrdili vhodnosť a aplikovateľnosť metódy ADV reprezentovanej prístrojom FlowTracker 3D pri určovaní rozdelenia zložiek bodovej rýchlosti v priečnom profile prirodzeného toku. Táto metóda ako jedna z mála umožňuje získať hodnoty zložiek rýchlostí v ľubovolnom bode toku priamo v teréne. Výhodou je aj možnosť voľby umiestnenia a hustoty meraných bodov v toku, resp. v meranej oblasti. Príspevok prezentuje výsledky pilotného použitia tohto prístroja v terénnych podmienkach pri stanovení zložiek bodových rýchlostí v priečnom profile. Avšak bude treba vykonať ešte ďalšie merania na potvrdenie predbežných záverov. Napriek tomu je však už teraz možné sformulovať čiastkové výsledky a závery.

Pre pilotné meranie sa zvolil pomaly tečúci vodný tok, aby sa minimalizovali možnosti deformácie hodnôt zložiek  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  pre profil bez umiestnenej prekážky. Hodnoty  $v_y$  a  $v_z$  svojou osciláciou pre tento prípad potvrdili správnosť voľby typu toku. Pri meraniach za prekážkou sa hodnoty rýchlostných zložiek  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  deformovali spôsobom, ktorý zodpovedal predpokladanému deformovaniu rýchlostného poľa. Pre potvrdenie výsledkov by bolo vhodné v budúcnosti porovnať hodnoty priemerných bodových rýchlostí a prietokov, získané metódou ADV aj s iným typom prístroja, napríklad kalibrovaným hydrometrickým krídlom, aby sme sa vyhli napr. polemike o vhodnosti počte zvolených zvislíc pri meraní alebo definícii metódy merania.

Skúsenosti z pilotného merania poukázali aj na vhodnosť predĺženia časového intervalu merania v jednom bode. Zvolený časový interval v súvislosti s veľkým objemom meraní bol pomerne krátky. V budúcnosti by bolo vhodné uskutočniť takéto meranie s voľbou dlhšieho časového intervalu merania v jednom bode (cca 300 sekúnd), hlavne v prípade umiestnenia prekážky v toku a vyšetrenia zmien rýchlostného poľa. Pre analýzu vplyvu časového intervalu na výpovednosť nameranej hodnoty je to nevyhnutné. Je na zváženie aj výber iného vodného toku s vyššími rýchlosť ami prúdenia.

#### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka finančnej podpore grantovou agentúrou VEGA 02/0058/15 a agentúrou pre podporu výskumu a vývoja APVV 14-0735.

#### Literatúra

- Akib, S., Jahangirzadeh, A., Basser, H. (2014): Local scour around complex pier groups and combined piles at semi-integral bridge. Journal of Hydrology and Hydromechanics, vol. 62, no. 2, 2014, pp. 108 – 116. ISSN 0042-790X.
- Chára, Z., Matoušek, V. (2010): Comparative study of ADV and LDA measuring techniques. 6th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, Prague, 2010, p. 33 – 36.
- Fulford, J. M. (2001): Accuracy and Consistency of Water-Current Meters. Journal of the American Water Resources Association, 2001, Vol. 35, No. 5, pp. 1215-1224.
- Hurther, R., Lemmin, U. (1998): A constant-beam- width

transducer for 3D acoustic Doppler profile measurements in open-channel flows. Meas. Sci. Technol., 1998, Vol. 9, pp. 1706 – 1714.

- Morlock, S. E., Nguyen H. T., Ross, J. H. (2002): Feasibility of Acoustic Doppler Velocity Meters for the Production of Discharge Records from U.S. Geological Survey Streamflow-Gaging Stations. USGS, Water-Resources Investigations Report 01-4157, Indianapolis, 2002, 56 p.
- Mrutyunjay, S., Srijita, J., Sonu, A., Mohapatra, S. S. (2011): Point Form Velocity Prediction in Meandering Open Channel using Artificial Neural Network. In: 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, Singapore, 2011, p. 209 – 212.
- Pu, J. H. (2012): Universal Velocity Distribution for Smooth and Rough Open Channel Flows. Journal of Applied Fluid Mechanics, Vol. 6, No. 3, p. 413 – 423. ISSN 1735-3572.
- Velísková, Y., Dulovičová, R., Bara, M., Chára, Z. (2012): Testovanie ADV sondy pri meraní zmeny rýchlostného profilu za prekážkou. Acta Hydrologica Slovaca, 2012, Vol. 13, No. 2, Bratislava, p. 423 – 429. ISSN 1335-6291.
- Yochum, E. S., Bledsoe, B. P., David, C. L. G., Wohl, E. (2012): Velocity prediction in high – gradient channels. Journal of Hydrology, Vol. 424 – 425, 2015, p. 84 – 98.

## USING OF ADV METHOD FOR MEASURING OF FLOW VELOCITY COMPONENTS IN THE STREAM

In this article, the results of velocity profile measurements in a stream by using the ADV method (Acoustic Doppler Velocimetry) are presented. The measurements are carried out in the Malina stream (N 48.3469678, E 16.9651006). The velocity profile was measured with using the three-dimensional ultrasound probe of ADV device - FlowTracker (SonTek/YSI). The obstacle, represented with 120-liters barrel, was installed into the stream and by this way the velocity profile was modified. First, the undisturbed velocity profile was measured and subsequently there was measured the modification of this velocity profile caused by the obstacle installation. The FlowTracker device run in so-called "General mode operation", in which all three velocity vectors in the measured point are recorded. Velocities were measured in the proposed grid of points, the same grid was used for both cases (without the obstacle, with the obstacle). The grid was created by verticals along the cross-section profile and by several value of depth in each vertical. The vertical lines were proposed in distance 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50; 2,75; 3,00; 3,25; 3,50; 3,75 and 4,00 m from the right bank of the stream (distances L2). Depth of points in each vertical were 0,15; 0,30; 0,45 m from the surface water level of the stream (distances H1 - H3 for profile without obstacle and H1S-H3S for profile with obstacle).

The results of the measurement is a database of  $v_{x}$ ,  $v_{y}$ ,  $v_{z}$  components in the grid points, from which it is possible to determine the velocity profiles of individual components or resultant of these three components of the point velocity. Table 1 summarizes measured values of velocity components ( $v_{x}$ ,  $v_{y}$ ,  $v_{z}$ ) in all measured depth (average, maximum and minimum values).

In the case of profile without the obstacle, the course of measured values of the  $v_x$  velocity components (Fig. 5) in each depth level (H1 - H3) is similar and illustrates flow conditions and localization of main flow in the stream. In the profile behind the obstacle a deformation of  $v_x$  component distribution occurs mainly between the distances L2 (2,25 - 2,75 m, mostly in 2,50 m), which corresponds with the obstacle position.

In the case of the  $v_y$  velocity component (Fig. 6), the course of this component at the individual depth and verticals is oscillating around zero in the profile without impact of the obstacle. Measurement results in case of the profile behind the obstacle show deformation of the course of the  $v_y$  velocity component due to impact of inserted construction very clearly. Unstableness of this velocity component near the right bank is caused by aquatic vegetation occurrence.

The  $v_z$  velocity component values (Fig. 7) are oscillating around zero in the profile without impact of the

obstacle, like in the case of the  $v_v$  velocity component. Mild unstableness of this velocity component near the right bank is also caused by aquatic vegetation occurrence. In the case of the profile behind the obstacle, the course is nearly identical, except the vertical L2= 2,5 m. The values of this velocity component in the depth H1S and H3S demonstrate the impact of the obstacle and represents deformation of water level shape and possible erosion behind the barrel. The measurement results confirmed the suitability and applicability of the ADV method represented by FlowTracker 3D to determine the distribution of point velocity components in the cross-section profile. This method, as one of the few ones, allows to obtain the values of the velocity components at any point of flow directly in the field conditions. The advantage is also the possibility of choosing the location and density of the measured points in the flow, respectively. in the measured area. The paper presents the results of the pilot use of this device in field conditions for the crosssection profile point velocity components and further measurements to confirm preliminary conclusions will need to be made. However, it is already now possible to formulate partial results and conclusions.

In case of measurements behind the obstacle, the values of the velocity components  $v_{xy}$ ,  $v_{yy}$ ,  $v_z$  were deformed in a manner that corresponded to the assumed deformation of the velocity field.

Pilot measurement experience has also highlighted the suitability of extending the measurement time interval at one point. The time interval of measurement at each point was selected relatively short for the large volume of measurements. In the future, it would be appropriate to carry out such measurements with the choice of a longer time interval of measurement at one point (about 300 seconds), especially in the case of an obstacle in the flow and the examination of the velocity field changes. It is essential to analyze the impact of the time interval on the accuracy of the measured value. Another stream of water flow with higher flow rates is also considered.

Mgr. Radoslav Schügerl, PhD. Ing. Yvetta Velísková, PhD. Ústav hydrológie SAV Dúbravská cesta 8 841 04 Bratislava Slovenská republika Tel.: +4212 49268 259 Email: schugerl@uh.savba.sk Yvetta.Veliskova@savba.sk