

VLIV PŘÍČNÉHO ROZMĚRU PŘÍTOKOVÉ ŠACHTY NA PŘEPAD PŘES PŘELIV SE ŠIROKOU KORUNOU

INFLUENCE OF THE TRANSVERSE DIMENSION OF THE INLET SHAFT ON OVERFLOW OF BROAD-CRESTED WEIR

Ing. Jakub Major

ABSTRAKT

Ve vodohospodářské praxi se často využívají přelivy se širokou korunou, u kterých není použito přítokové koryto, ale přítoková šachta. V případě přítokové šachty není známý vliv rychlostní výšky na kapacitu přelivu, zvláště pak při různých výškách příčného profilu šachty. Dále pak není známý průběh hladiny nad šachtou a korunou přelivu a jeho relativní vyjádření. Článek popisuje experiment se svislou přítokovou šachtou, na základě kterého byl průběh hladiny nad šachtou a korunou přelivu v relativním vyjádření stanoven.

Klíčová slova: Přeliv se širokou korunou, přítoková šachta, úroveň hladiny.

ABSTRACT

In the water management practice are often used broad-crested weirs, which the inlet flume is not used, but is used the inlet shaft. In the case of the inlet shaft, the effect of the velocity head on the overflow capacity is not known, especially at different heights of the cross section of the shaft. Furthermore, there is no known shape of the water level over shaft and over crest of weir and its relative expression. This paper describes the experiment with a vertical inlet shaft, based of which the shape of the water level above the shaft and the crest of weir was determined.

Key words: Broad-crested weir, inlet shaft, water surface level.

1 ÚVOD

Normami, jako jsou ČSN ISO 3846 [1] a ČSN ISO 4374 [2], je definovaný přítok vody na přelivy se širokou korunou přibližně vodorovným přítokovým korytem. Přelivy je však nutné použít i v případech s přítokovou šachtou (laboratoře, některé objekty stokových sítí, čistírny odpadních vody, průmysl, převody vody atd.). Uvedený případ však zatím v odborné literatuře nebyl publikován [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10].

V případě přítokového koryta před přelivem se širokou korunou vzniká návodní a korunový úplav, které přímo ovlivňují charakter přepadu. V případě přítokové šachty (Obr. 1) se návodní úplav nevytvoří a lze očekávat, že geometrie korunového úplavu bude mít jiný tvar. Rovněž jiný tvar bude mít i průběh hladiny v přítokové šachtě a na koruně přelivu. Výzkum se tedy zabýval vlivem výšky příčného průřezu (délky) přítokové šachty na průběh hladiny v šachtě a na koruně přelivu při přepadu přes přeliv se širokou korunou bez bočního zúžení.

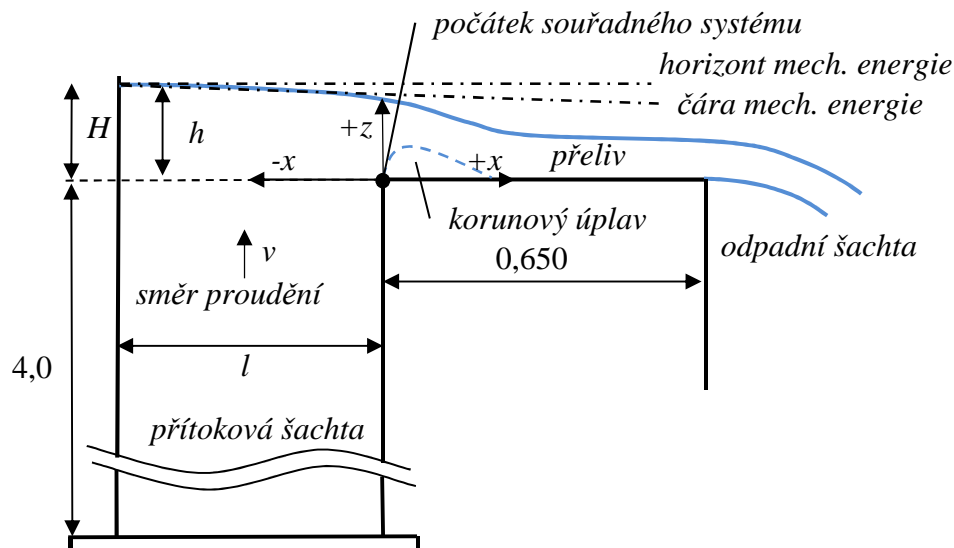
2 EXPERIMENT

Experiment byl proveden v Laboratoři vodohospodářského výzkumu Ústavu vodních staveb Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Přeliv se širokou korunou byl zhotoven

z polymethylmetakrylátu o tloušťce 0,01 m. Délka přelivu byla $t = 0,650$ m, šířka přelivu byla $b = 0,500$ m. Přítoková šachta byla vyrobena z vodovzdorné překližky o tloušťce stěny 0,021 m, o vnitřní šířce $b = 0,500$ m, o výšce 4,9 m a délce 0,500 m (Obr. 1). Uvnitř šachty byla připevněna vnitřní posuvná stěna zhotovená z polyvinylchloridu o tloušťce 0,01 m, o šířce $b = 0,50$ m a o výšce 4 m, která umožňovala měnit průtočnou délku šachty l . Ve spodní části byla posuvná stěna zalomena pod úhlem 30° pro minimalizaci narušení proudu vody v šachtě.

Přítoková šachta byla napojena na cirkulační okruh proudění vody. Voda byla čerpána ze zásobní nádrže ponornými čerpadly s nastavitelným průtokem řízeným měničem frekvence otáček motoru čerpadla. Voda byla přiváděna do spodní části šachty potrubím kruhového profilu. Mezi přívodním potrubím a vnitřní posuvnou stěnou bylo umístěno kovové síto za účelem dosažení rovnoměrného proudění s vyvinutým rychlostním profilem v šachtě. Odtok vody byl řešen jako přepad do volna přes odtokovou šachtu zpět do zásobní nádrže. Přepad byl při všech měřených stavech dokonalý. Proud při přepadu do odpadní šachty byl zavzdušněn.

Úroveň hladiny byla měřena pomocí digitálního hrotového měřidla s dělením 0,0001 m (přesnost měření však byla dána především pulzací úrovně hladiny) upevněného na bočních stěnách přelivu a šachty. Měření průtoku Q bylo pomocí indukčního průtokoměru s nejistotou stanovení $\pm 0,2\%$.



Obr. 1 Schéma proudění v případě přítokové šachty

3 MĚŘENÍ

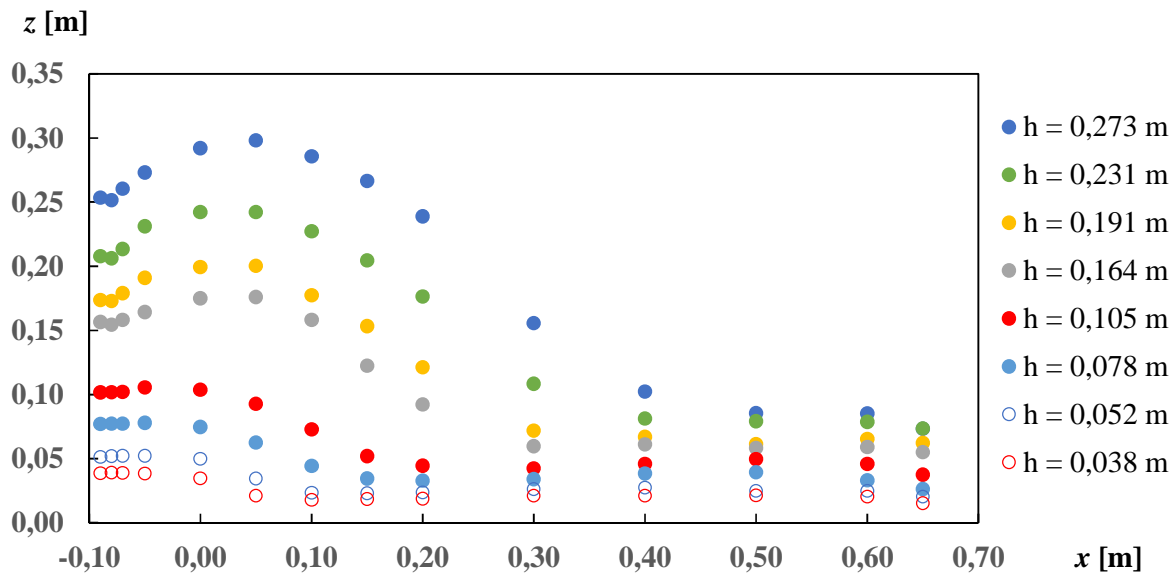
Měřeny byly ustálené stavy proudění při osmi přepadových výškách v rozmezí od $h = 0,038$ m do $h = 0,270$ m pro jednotlivé délky šachty l , z čehož dvě přepadové výšky byly pro $h < 0,060$ m z důvodu postihnutí oblasti s vlivem povrchového napětí a tření. Délky šachty byly $l = 0,100$ m; $0,200$ m; $0,300$ m; $0,400$ m a $0,500$ m.

Měření průběhu hladiny bylo provedeno pomocí digitálního hrotového měřidla v podélné rovině symetrie přelivu v celé délce přítokové šachty a koruny přelivu. Vzhledem k pulzací úrovně hladiny (zvláště pak při velkých hodnotách rychlostní výšky) byly hodnoty pro vyhodnocení změřeny jako časově střední. Byl zaveden souřadný systém s kladnou osou x ve směru proudu s počátkem souřadného systému v místě styku návodního líce přelivu a koruny přelivu (Obr. 1). V místě protější stěny od čela přelivu bylo z důvodu vyšší přesnosti měřeno ve vzdálenostech 0,010 m, 0,020 m, 0,030 m a 0,050 m od této stěny. Dále bylo měřeno po 0,050 m do $x = 0,200$ m a následně po 0,100 m

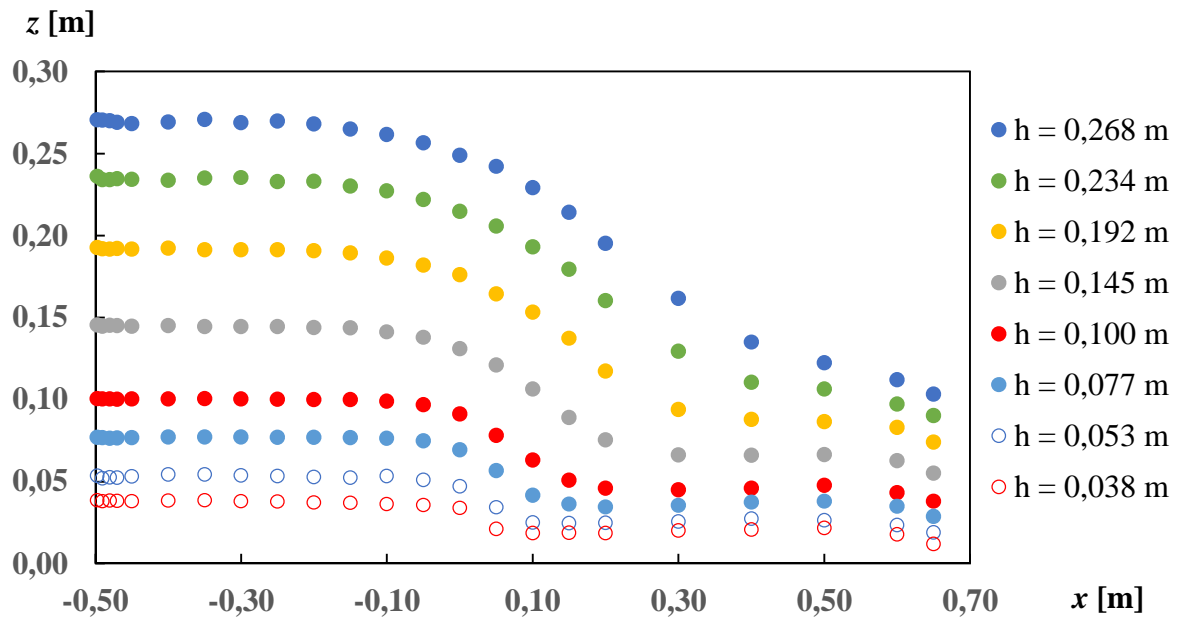
do $x = 0,600$ m. Poslední zaměřený bod byl ve vzdálenosti $x = 0,650$ m, tedy v profilu povodní hrany přelivu. Po změření všech stavů pro příslušnou délku l byla vnitřní stěna posunuta ve směru x souřadného systému na následující délku l .

4 VYHODNOCENÍ

Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno pomocí programu MS Excel. Pro stanovení vztažné výšky h byla použita hodnota úrovně hladiny ve vzdálenosti 0,050 m od protější stěny čela přelivu. Úroveň hladiny zde nebyla ovlivněna kapilárním výstupem na stěně a při většině průtokových stavů byla v místě úplavu, tedy byla relativně málo ovlivněna rychlostní výškou. Z naměřených hodnot úrovní hladiny v měřených vzdálenostech byly vypočítány poměry x/h a z/h . Na Obr. 2 a Obr. 3 jsou zobrazeny průběhy hladin pro nejmenší délku přítokové šachty $l = 0,1$ m a pro její největší délku $l = 0,5$ m při jednotlivých vztažných výškách. Změřeny byly i průběhy s hodnotami $h < 0,060$ m pro popsání oblasti s ovlivněním povrchového napětí a viskozity [1]. Tyto průběhy jsou zobrazeny na Obr. 2 kružnicemi.



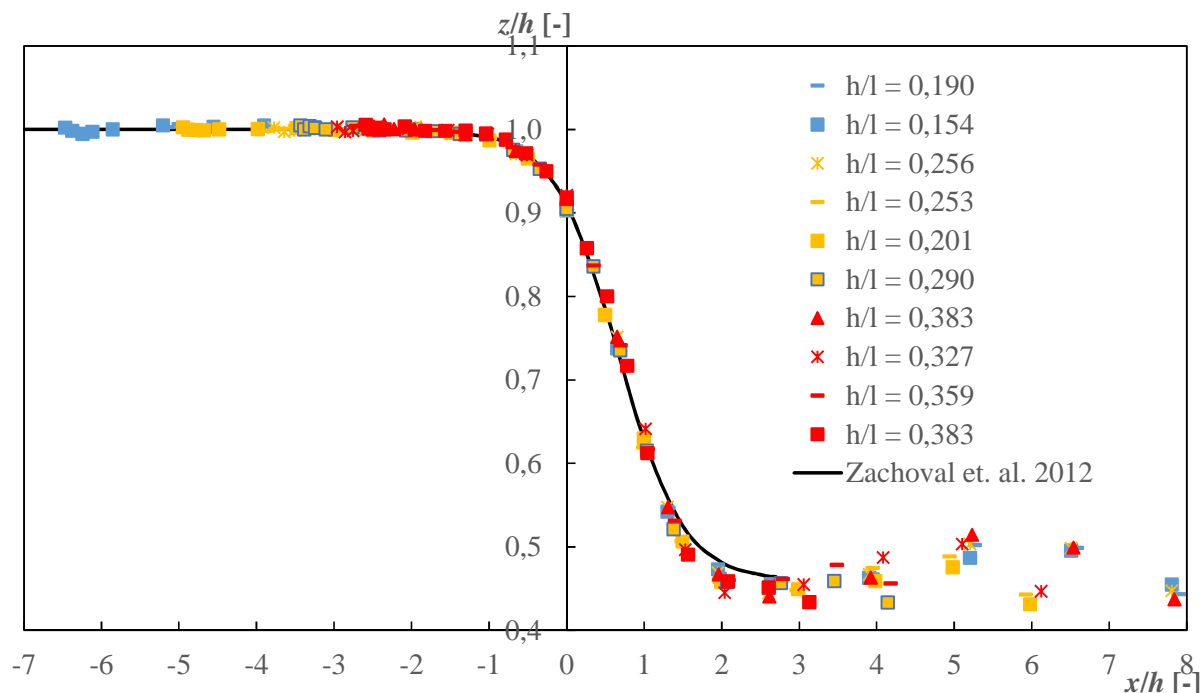
Obr. 2 Průběh hladin při jednotlivých vztažných výškách pro $l = 0,1$ m



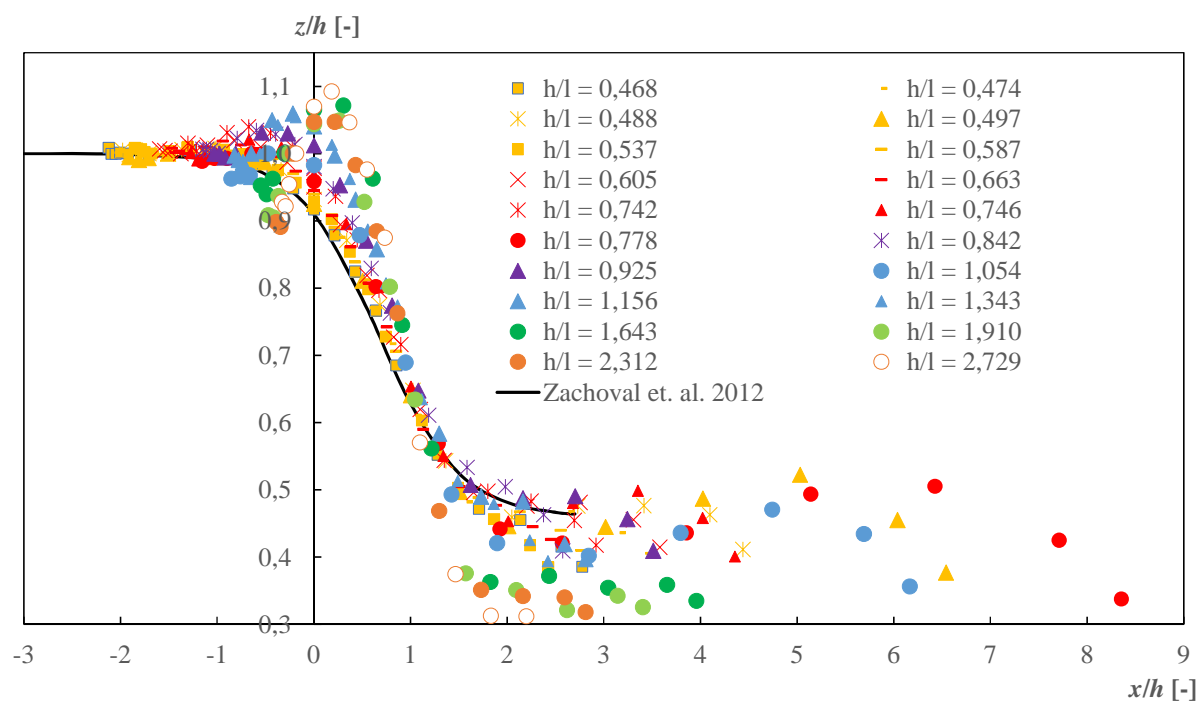
Obr. 3 Průběh hladin při jednotlivých vztažných výškách pro $l = 0,5$ m

Z Obr. 2 je viditelné, že při vztažných výškách $h > 0,105$ m dochází ke zvýšení úrovně hladiny v místě nad návodní hranou koruny přelivu oproti místu styku hladiny a protějščí stěny od čela přelivu. U vztažné výšky $h = 0,105$ m je změna úrovně přibližně $0,004$ m a u $h = 0,273$ m je to až $0,047$ m. Oproti tomu, v případě pro $l = 0,5$ m nedochází ke zvýšení úrovně hladiny ani při vyšších vztažných výškách. V případě pro $l = 0,1$ m je to tedy způsobeno vzrůstající hodnotou rychlostní výšky.

Na Obr. 4 a Obr. 5 jsou zobrazeny průběhy relativní úrovně hladiny z/h v závislosti na relativní délce x/h pro jednotlivé délky šachty l . Z důvodu vyhodnocení vlivu poměru h/l na průběh hladiny, byly hodnoty rozděleny do dvou intervalů podle relativní délky šachty h/l . První interval je $0 < h/l < 0,4$ (Obr. 4), kde nedochází k ovlivnění přepadu, a druhý interval je $0,4 < h/l < 2,73$ (Obr. 5), kde je přepad ovlivněný. V Obr. 4 a Obr. 5 nejsou znázorněny hodnoty pro $h < 0,060$ m. Hodnoty znázorněné kruhy vyjadřují hodnoty pro délku šachty $l = 0,100$ m, hodnoty znázorněné trojúhelníky vyjadřují $l = 0,200$ m, hodnoty znázorněné hvězdami vyjadřují $l = 0,300$ m, hodnoty znázorněné čárkami vyjadřují $l = 0,400$ m a hodnoty znázorněné čtverci $l = 0,500$ m.



Obr. 4 Relativní úroveň hladiny z/h v závislosti na relativní délce x/h pro $0 < h/l < 0,4$



Obr. 5 Relativní úroveň hladiny z/h v závislosti na relativní délce x/h pro $0,4 < h/l < 2,73$

Do Obr. 4 a 5 byly pro porovnání vloženy výsledky autorů Zachoval a kol. [9], kteří uvádí vztah pro popisání tvaru hladiny při přepadu přes přeliv se širokou korunou s čelním nátokem

$$\frac{Z_h - Z_{hJ}}{1 - \frac{av_1^2}{2gH} Z_{hJ}} = \tanh[c_J(X_J - X)], \tag{1}$$

kde

$$Z_{hJ} = 0,5 \left(1 - \frac{av_1^2}{2gH} + Z_{hu} \right). \quad (2)$$

Podle měření autorů je $Z_{hu} = h_u/h = 0,47$ a koeficient $X_J = 0,67$ (pro nejvyšší poměry h/P jsou hodnoty Z_{hu} a X_J menší o 0,01, u nejnižších poměrů jsou hodnoty větší o 0,01). Koeficient $c_J = 1,20$. Rozsah platnosti rovnic je od profilu se začátkem zakřivení hladiny až do profilu s přibližně paralelním prouděním, tj. $-2,0 < x/h < 2,7$ [9]. V rovnicích značí α součinitel kinetické energie, v_1 přítokovou rychlost, g tíhové zrychlení, H energetickou přepadovou výšku, Z_h relativní úroveň hladiny, X relativní vzdálenost. Dolní index u specifikuje profil v $X = 2,7$, J specifikuje inflexní bod v průběhu úrovně hladiny. Vzhledem k požadavku na určení průběhu hladiny neovlivněného přítokovou šachtou v Obr. 4 a Obr. 5 byla v rovnicích (1) a (2) rychlostní výška zanedbána.

Z uvedených výsledků na Obr. 4 je zřejmé, že naměřené výsledky se shodují s křivkou uváděnou autory Zachoval a kol. pro interval $0,19 \leq h/l \leq 0,38$ (Obr. 4), což lze považovat za oblast bez ovlivnění průběhu hladiny. Pro $0,47 \leq h/l \leq 2,73$ se naměřené hodnoty liší (Obr. 5). Odlišnost se zvětšuje se zvětšujícím se poměrem h/l . Z toho tedy vyplývá, že při poměru $h/l > 0,4$ dochází k ovlivnění hladiny.

5 ZÁVĚR

Na základě měření a pozorování byly zjištěny základní informace o průběhu hladin. U menších hodnot délky šachty oproti vztažné výšce dochází k výraznější změně úrovně hladiny vlivem větší rychlostní výšky.

Bylo zjištěno, že při $h/l \leq 0,4$ nedochází k ovlivnění průběhu hladiny při přepadu přes přeliv se širokou korunou s přítokovou šachtou.

Na stávající měření bude navázáno a bude provedeno stanovení součinitele přepadu a součinitele vlivu délky přítokové šachty.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory juniorského projektu specifického výzkumu FAST-J-17-4577 Vliv geometrie přítokové šachty na kapacitu přelivu se širokou korunou a projektu specifického výzkumu FAST-S-16-3757 Zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti vybraných hydrotechnických konstrukcí.

Použitá literatura

- [1] ČSN ISO 3846 (25 9332), 2012. *Hydrometrie – Měření průtoku v otevřených korytech pomocí přelivů pravouhlého průřezu se širokou korunou*. Praha, ČR. ÚNMZ.
- [2] ČSN ISO 4374, *Měření průtoku kapalin v otevřených korytech - Měřené přelivy se širokou korunou a zaoblenou vstupní hranou*. Praha, ČR. ÚNMZ.
- [3] BEREZINSKIJ, A. R. *Carrying capacity of the broad-crested weir*. Moskva: VODGEO. Strojizdat, 1950. 186 p.
- [4] BOS, M. G., 1989. *Discharge measurement structures. Third revised edition*. Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, ISBN: 90 70754 15 0.
- [5] HAGER, W. H. a SCHWALT, M., 1994. Broad-crested weir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(1), 13-26.
- [6] HORTON, R. E., 1907. *Weir experiments, coefficients, and formulas*. Revision of paper no. 150. Washington, USA: Department of the Interior United States Geological Survey.

- [7] KNÉBLOVÁ, M., 2013. *Analýza vlivu relativní výšky pravoúhlého přelivu se širokou korunou na součinitel průtoku*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
- [8] SREETHARAN, P. M., 1988. Discharge characteristics of rectangular profiled weirs. *Hydraulic Engineering* 1988, 969-978.
- [9] ZACHOVAL, Z., KNÉBLOVÁ, M., ROUŠAR, L., RUMANN, J. a ŠULC, J., 2014. Discharge coefficient of a rectangular sharp-edged broad-crested weir. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 62(2), 145-149.
- [10] ZACHOVAL, Z., MISTROVÁ, I., ROUŠAR, I., ŠULC, J., ZUBÍK, P., 2012. Zone of flow separation at the upstream edge of a rectangular broad-crested weir. *Journal Hydrology and Hydromechanics*, 60(4), 288–298.