

## OŠTROIVIČNI PRELIVI RAZLIČITE VISINE OSPOSOBLJENI ZA MERENJE HIDROGRAMA OTICAJA

Lajoš HOVANJ  
Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici,  
Katedra za hidrotehniku i vodno inženjerstvo okoline

### REZIME

Za oštroivični, nepotopljeni preliv visine 20 cm 2015-e godine je dokazan da korišćenjem veštačkog prsta preliv je osposobljen za merenje hidrograma oticaja sa sliva. Suština osposobljavanja je fiksiranje proticaja za tačku odvajanja od zida preлива i za tačku nalepljenja na zid preлива. Ova konstatacija je novina u odnosu na navode postojećeg međunarodnog standarda u vezi oštroivičnog preлива. U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja izvršene u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici u vezi merenja hidrograma oticaja nepotopljenim, nesuženim, oštroivičnim prelivima razne visine. Rezultat ispitivanja prikazan na 5-om međunarodnom savetovanju na temu Savremena dostignuća u građevinarstvu, održanom u Subotici aprila 2017-e godine u ovom radu je dopunjen.

**Ključne reči:** oštroivični preliv, nepotopljeno prelivanje, visina preлива, hidrogram oticaja

### 1. UVOD

Razmatra se vertikalni, oštroivični, nesuženi preliv visine P, ugrađen u kanal pravougaonog poprečnog preseka širine B. Ugao između linije oštrice preлива i pravac strujanja vode u kanalu je 90°.

Pri nepotopljenom prelivanju voda može da se prelije: a) aerisanim mlazem, odvojen od zida preлива i b) neaerisanim mlazem, pri čemu voda teče nalepljen na zid preлива (*Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b*). Granica između ova dva stanja su:

- za smanjujući proticaj onaj najveći proticaj, kod koga se mlaz nalepi na zid preлива (tačka nalepljenja), i
- za rastući proticaj onaj najveći proticaj, kod koga se mlaz odvajanja od zida preлива (tačka odvajanja).

Pri nedovoljno aerisanom stanju mlaza ove tačke nisu fiksne. Posledica ove anomalije je promena veze između proticaja vode Q i visine prelivnog mlaza H u odnosu na aerisano ili neaerisano stanje (*Bos 1987, Li 2015*). Rešenje ovog problema omogućava osposobljavanje preлива za merenje hidrograma oticaja sa sliva (*Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b*). Suština osposobljavanja je fiksiranje tačke odvajanja i tačke nalepljenja.

Proticaj vode pri aerisanom prelivanju u Republici Srbiji se računa pomoću sledeće jednačine:

$$Q = m \sqrt{2g} B H^{3/2} \quad (1)$$

gde je m koeficijent prelivanja. U opštem slučaju koeficijent prelivanja je funkcija  $m = f(H/P, H/B, We, Re)$ , gde su We i Re Weber-ov i Reynolds-ov broj (*Aydin et al. 2002, Ramamurthy et al. 2007, Aydin et al. 2011, Bagheri et al. 2014, Gharahjeh et al. 2015, Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b*). Uticaj ovih brojeva na koeficijent prelivanja se javlja pri maloj vrednosti ili B, ili H, ili B i H. Za proračun Weber-ovog i Reynolds-ovog broja novija stručna literatura koristi sledeće izraze  $We = (2\rho g H B) / \sigma$  i  $Re = [(2gH)^{0.5} (BH)^{0.5}] / \nu$ , gde su  $\rho$  gustina,  $\sigma$  koeficijent površinskog napona a  $\nu$  kinematski koeficijent viskoznosti vode (*Aydin et al. 2006, Aydin et al. 2011, Gharahjeh et al. 2015*).

Važeći međunarodni standard za utvrđivanje koeficijenta prelivanja pri aerisanom mlazu preporučuje dve funkcije (Tabela 1).

Prema ovde navedenima i prema *Bagheri et al. (2014)* za aerisani mlaz uticaj Weber-ovog i Reynolds-ovog broja na prelivanje je zanemarljiv.

Tabela 1. Funkcije za proračun koeficijenta preliivanja pri aerisanom preliivanju prema međunarodnom standardu (ISO 1438:2008, ISO 1438:2008(E))

<b>Kindsvater-Carter:</b>	
$m = \frac{\left(0.602 + 0.075 \frac{H}{P}\right) \frac{2}{3} (B - 0.0009)(H + 0.001)^{\frac{3}{2}}}{BH^{\frac{3}{2}}}$	
H ≥ 0.03 m	
P ≥ 0.10 m	
B ≥ 0.15 m	
H/P < 2.5	
<b>Rehbock:</b>	
$m = \frac{\left(0.602 + 0.083 \frac{H}{P}\right) \frac{2}{3} (H + 0.0012)^{\frac{3}{2}}}{H^{\frac{3}{2}}}$	
0.03 m ≤ H ≤ 1 m	
0.06 m ≤ P ≤ 1 m	
B ≥ 0.3 m	
H/P ≤ 4	

Najmanja visina aerisanog mlaza je H=0.01 m – čita se u radu *Gharahjeh et al. (2015)*. Pošto funkcije međunarodnog standarda važe za visinu prelivnog mlaza H ≥ 0.03 m, pri primeni ovih funkcija javlja se problem za 0.01 m ≤ H ≤ 0.03 m.

Put za rešenje ovog problema je otvorio ispitivanje namenjeno za fiksiranje tačke odvajanja i nalepljenja: uticaj Weber-ovog i Reynolds-ovog broja na preliivanje je zanemarljiv za rastući proticaj od tačke odvajanja, a za smanjujući proticaj do tačke nalepljenja (*Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b*). Ova konstatacija je potvrđena u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici, gde je ispitivan oštroivični preliv širine B=0.1 m i visine P=0.2 m snabdeven aerotorom mlaza nazvan veštački prst ili traka za aeraciju. Veštački prst je metalni lim širine 3 cm savijen u oblik slova L. Dužina horizontalnog kraka veštačkog prsta je 0.065 m. Pri denivelaciji između kote krune preliiva i horizontalnog dela veštačkog prsta Δz=0.016 m tačka odvajanja se javila pri proticaju Q=0.00044 m<sup>3</sup>/s (H=0.0155 m se promenila na H=0.0171 m), a tačka nalepljenja pri proticaju Q=0.0002 m<sup>3</sup>/s (H=0.01 m). Vezu između proticaja vode i visine aerisanog mlaza su opisale funkcije date u međunarodnom standardu. Od ovih Rehbock-ova funkcija važi za rastući i smanjujući proticaj pri H ≥ 0.0171 m, a Kindsvater-Carter-ova funkcija za smanjujući proticaj pri 0.01 m ≤ H/P < 0.0171 m. Zbog granice primenljivosti spomenute funkcije kod

proračuna aerisanog mlaza znači važno znati da li je reč o rastućom, ili o smanjujućom proticaju.

Ova konstatacija je važna i za neaerisani mlaz. Korišćena je kod izvođenja zaključaka prve ispitivanje u vezi ove problematike – saznaje se iz rada *Zhang et al. (2010)*. Aeracija oštroivičnog preliiva širine B=0.4 m i visine P=0.341 m je izvršena otvorom na oba zida kanala (otvori su se nalazili na polovini visine preliiva locirani na površini neaerisanog mlaza) i cevovodom. Tačka odvajanja mlaza je bila pri promeni visine prelivnog mlaza H=0.034-0.036 m na H=0.039-0.042 m, a tačka nalepljenja pri H=0.009 m. Poznavanje ovih tačaka je bilo važno, jer za rastući proticaj pri visini prelivnog mlaza 0.009 m < H ≤ 0.034-0.036 m pri neaerisanom stanju za proračun koeficijenta preliivanja je predložena različita funkcija od funkcije za H ≤ 0.009 m. Kod oštroivičnog preliiva opremljen veštačkim prstom uticaj Weber-ovog i Reynolds-ovog broja na preliivanje je značajan za rastući proticaj do tačke odvajanja (H ≤ 0.0155 m), a za smanjujući proticaj od tačke nalepljenja (H ≤ 0.01 m) (*Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b*). Bez obzira da li se vrednost proticaja raste ili se smanjuje za neaerisano preliivanje važi jedna funkcija Q=f(H). Ova funkcija je utvrđena u dve varijante:

- varijanta A:

$$\frac{Q}{B(P+H)} = f\left(\left(\frac{Re^2}{We}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{20000}\right) = f\left(\left(\frac{\sigma H}{\rho v^2}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{20000}\right)$$

- varijanta B:

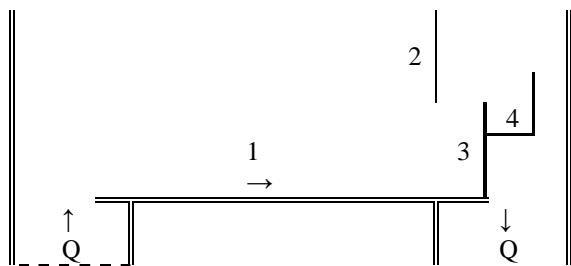
$$\frac{m}{m_{Rehbock}} = f\left(1000\left(\frac{We}{Re^2}\right)^{\frac{1}{3}}\right) = f\left(1000\left(\frac{\rho v^2}{\sigma H}\right)^{\frac{1}{3}}\right)$$

Visina preliiva ne utiče na preliivanje vode za P ≥ 0.1 m – čita se u radovima *Bos (1987), Aydin et al. (2002)* i *Gharahjeh et al. (2015)*. Navedeno zapažanje se osniva na preporuku u vezi primene formule za proračun koeficijenta preliivanja aerisanog mlaza prema Kindsvater-Carter-u, koju koristi i međunarodni standard – vidi Tabelu 1. Napred navedene konstatacije znači treba korigovati: standardom data formula koeficijenta preliivanja važi za visine preliiva P ≥ 0.1 m, a pri tome – kao što se vidi u formuli – koeficijent preliivanja je funkcija visine preliiva.

Cilj ovog rada je da se osposobi oštroivični, nesuženi, nepotopljeni preliv visine P, snabdeven veštačkim prstom (Δz=0.016 m) za merenje hidrograma oticaja sa sliva.

## 2. OPIS INSTALACIJE

U Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici oštroivični, nesušeni preliv je ugrađen na nizvodni kraj kanala širine  $B=0.1$  m dužine 2.2 m (Slika 1).



Slika 1. Eksperimentalna instalacija  
1 – kanal širine  $B$ , 2 – merna igla, 3 – oštroivični preliv visine  $P$ , 4 – horizontalni krak veštačkog prsta

Visina preliva je bila 0.1, 0.15 i 0.2 m.

Veštački prst sa napred navedenim karakteristikama je bio lociran na polovinu širine preliva sa denivelacijom između kote krune preliva i horizontalnog dela veštačkog prsta  $\Delta z=0.016$  m. Probanjem je utvrđen razmak konstantane širine od  $\delta=1.5$  mm između horizontalnog kraka veštačkog prsta i nizvodne strane oštroivičnog preliva (Hovány 2017a); vrednost nije bila izmerena kod ispitivanja čiji rezultati su objavljeni 2016-e i 2017-e godine (Hovány 2016, Hovany 2017b). Ovaj razmak je obezbedio dovod dovoljnog vazduha za aeracije mlaza ravnomerno po širini preliva.

Ostali deo načina ispitivanja je pratio metodu opisan u radovima objavljeni 2016-e 2017-e godine (Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovany 2017b). Voda iz rezervoara pomoću cprke je dovedena u kanal, koja nakon slobodnog preliivanja pomoću cevi ili se vratila u rezervoar, ili je dovedena u sud za zahvatanje vode. Zahvatanje vode je trajalo najmanje 25 s. Težina vode je izmerena vagom od 5 grama tačnosti (do 15 kg-a težine) i od 10 g tačnosti (do 150 kg-a).

Preliv od pleksiglasa je imao debljinu 5 mm sa oštricom debljine 2 mm, a kosina sa nizvodne strane je bila pod uglom od  $45^\circ$ .

Nivo vode je meren 0.18 m uzvodno od preliva mernom iglom tačnosti  $\pm 0.1$  mm.

Tokom zahvatanja vode u blizini uzvodnog preseka izmerena je temperatura vode. Temperatura vode tokom celog merenja je varirala između 19 i 21, prosečno 19.8  $^\circ\text{C}$ . Gustina vode je merena menzuroom zapremine 1  $\text{dm}^3$ , namenjenom za vodu temperature 20  $^\circ\text{C}$ . Gustina vode je bila 1  $\text{kg}/\text{dm}^3$ . Zbog ove činjenice proticaj vode je računat pomoću sledeće jednačine:  $Q$  (l/s) =  $(G_{\text{sud+voda}} - G_{\text{sud}})/t$ , gde su:  $G_{\text{sud+voda}}$  težina suda i zahvaćene vode (kg),  $G_{\text{sud}}$  težina suda (kg) i  $t$  vreme zahvatanja vode (s).

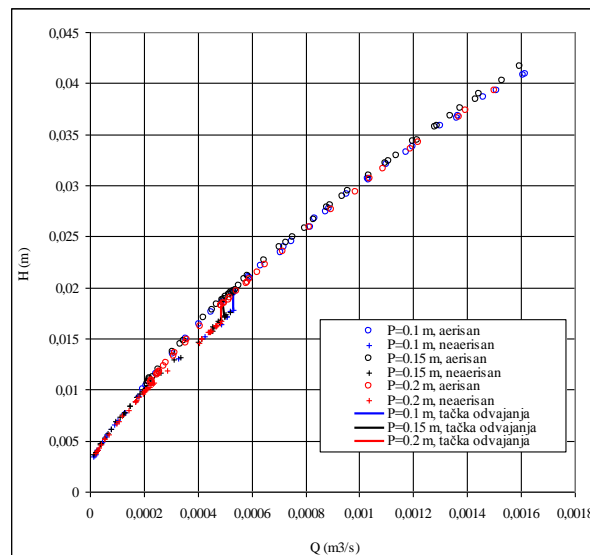
Greška određivanja koeficijenta preliivanja je računata pomoću sledeće jednačine:  $\text{Error} (\%) = 100(m_j - m_{(1)})/m_{(1)}$ , gde su:  $m_j$  koeficijent preliivanja računat po nekoj od navedenih funkcija data u Tabeli 1, i  $m_{(1)}$  koeficijent preliivanja računat pomoću jednačine (1).

## 3. REZULTATI MERENJA

Za prelive visine 0.1, 0.15 i 0.2 m vršeno je ispitivanje pri aerisanom, delimično aerisanom i neaerisanom stanju prelivnog mlaza (Tabela 2 i Slika 2).

Tabela 2. Broj aerisanih, delimično aerisanih i neaerisanih stanja preliivanja kod ispitivanih preliva

Vis. preliva $P$ (m)	Br. aer. stanja	Br. delim. aer. stanja	Br. neaer. stanja
0.10	33	-	26
0.15	45	5	39
0.20	40	-	43



Slika 2. Zavisnost između visine prelivnog mlaza  $H$  i proticaja vode  $Q$  za nesušeni preliv visine 0.10, 0.15 i 0.20 metara

Ispitivanje je vršeno tako da je proticaj vode sa nule do maksimuma povećavan malim koracima, pa je sličnim postupkom smanjen do nule. Tokom povećanja proticaja mlaz je prvo bio neaerisan, pa je došlo do odvajanja mlaza. Pri određenom proticaju vode javila se znači tačka odvajanja mlaza. U obratnom trendu kod određenog proticaja mlaz se nalepio na preliv. To je tačka nalepljenja mlaza.

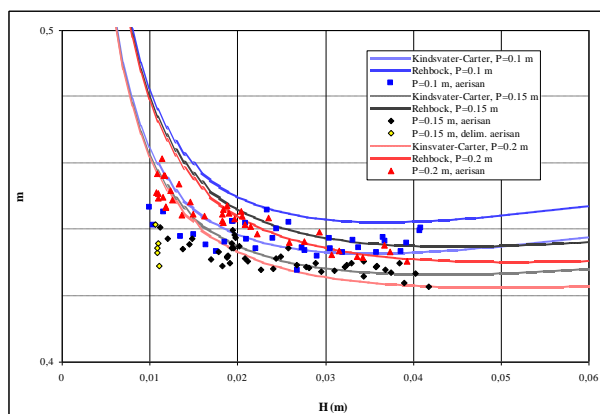
Bez obzira na visinu preliva tačka nalepljenja je bila stabilna: javila se pri H=0.01 m (Slika 2).

Proticaj tačke odvajanja se smanjila sa povećanjem visine preliva (Slika 2 i Tabela 3).

Tabela 3. Proticaji i visine prelivnog mlaza tačke odvajanja za ispitivane visine perliva

Visina preliva P (m)	Proticaj vode Q (m <sup>3</sup> /s)	Visina pr. ml. H (m) Neaer. stanje	Visina pr. ml. H (m) Aer. stanje
0.10	0.00053	0.0178	0.0194
0.15	0.00050	0.0172	0.0188
0.20	0.00049	0.0167	0.0182

Od svih merenja izdvojena su stanja sa aerisanim mlazom, pa su na osnovu jednačine (1) izračunati koeficijenti prelivanja (Slika 3).



Slika 3. Koeficijent prelivanja aerisanog mlaza m u funkciji visine prelivnog mlaza H za ispitivane visine preliva P

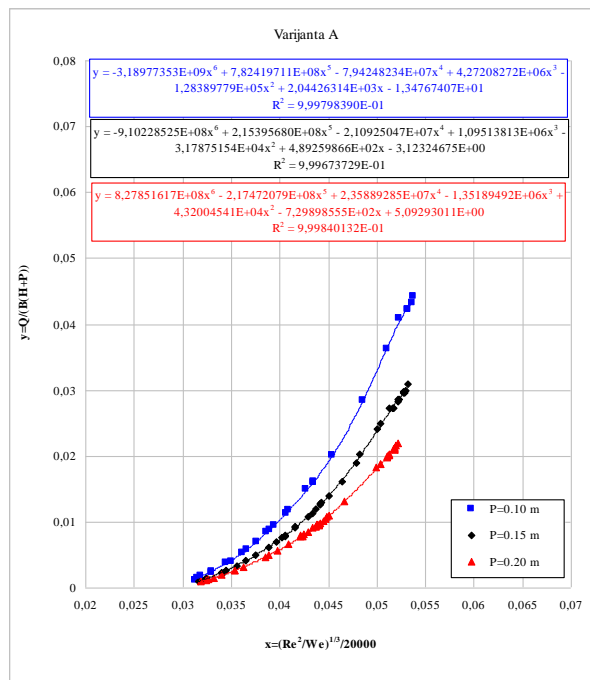
Za neaerisani mlaz za ispitivane visine preliva date su zavisnosti u dve varijante (Slike 4 i 5):

- varijanta A:

$$\frac{Q}{B(P+H)} = f\left(\left(\frac{Re^2}{We}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{20000}\right) = f\left(\left(\frac{\sigma H}{\rho v^2}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{20000}\right)$$

- varijanta B:

$$\frac{m}{m_{\text{Kindsvater-Carter}}} = f\left(1000\left(\frac{We}{Re^2}\right)^{\frac{1}{3}}\right) = f\left(1000\left(\frac{\rho v^2}{\sigma H}\right)^{\frac{1}{3}}\right)$$



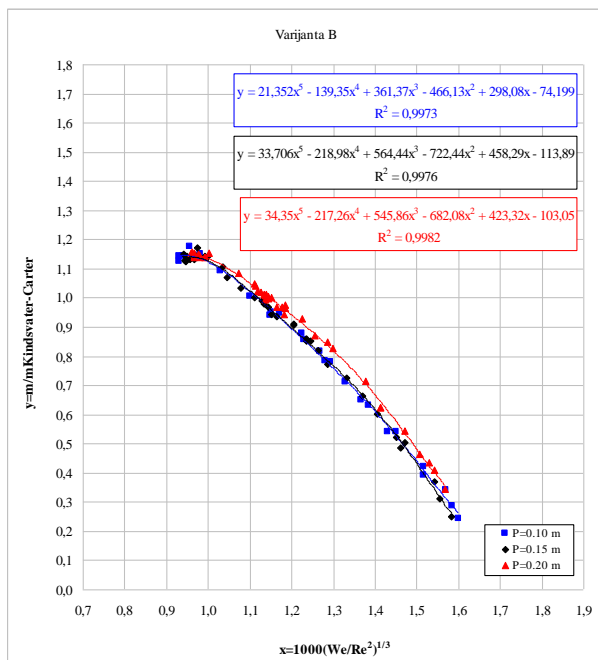
Slika 4. Funkcija  $\frac{Q}{B(P+H)} = f\left(\left(\frac{\sigma H}{\rho v^2}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{20000}\right)$  za neaerisani prelivni mlaz za ispitivane visine preliva

#### 4. DISKUSIJA I PRIMENA

1. Korišćenjem veštačkog prsta (za Δz=0.016 m i δ=1.5 mm) kod merenja proticaja aerisani mlaz se javlja: za rastući proticaj pri visini prelivnog mlaza H≥0.0194 m (za P=0.10 m), H≥0.0188 m (za P=0.15 m) i H≥0.0182 m (za P=0.20 m), a za smanjujući proticaj pri H≥0.01 m.

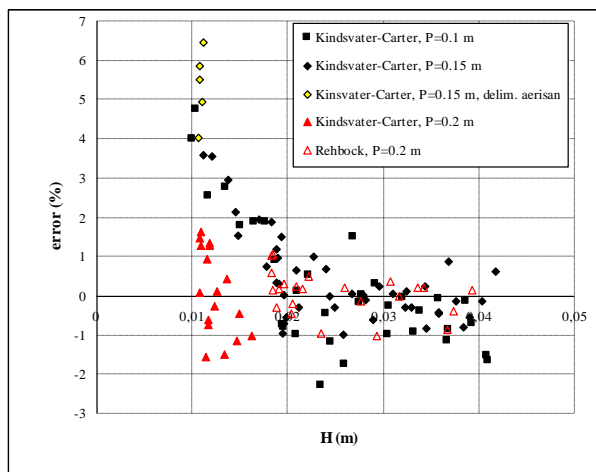
Međunarodni standard daje dve funkcije za proračun koeficijenta prelivanja pri aerisanom stanju prelivanja. Prema slikama 3 i 6 rezultati merenja koeficijenta prelivanja se najviše poklapaju sa vrednostima funkcija:

- prema Kindsvater-Carter-u za ceo ispitivani dijapazon (za P=0.10 i 0.15 m), odn. za 0.01 m ≤ H ≤ 0.0182 m (za P=0.20 m), i
- prema Rehbock-u za 0.0182 m < H < 0.04 m (za P=0.20 m).



$$\frac{m}{m_{Kindsvater-Carter}} = f\left(1000\left(\frac{\rho v^2}{\sigma H}\right)^{\frac{1}{3}}\right)$$

Slika 5. Funkcija  $m_{Kindsvater-Carter}$  za neaerisani prelivni mlaz za ispitivane visine preliva



Slika 6. Greška koeficijenta preliivanja  $m$  u funkciji visine prelivnog mlaza  $H$  za oštroivični preliv (aerisani mlaz) ispitivane visine

Greške koeficijenta preliivanja su između -2.3 i +4.8% (za  $P=0.10$  m), -1 i +3.6% (za  $P=0.15$  m) i za dijapazon  $0.01 \text{ m} \leq H \leq 0.0182 \text{ m}$  računane po Kindsvater-Carter-u su između -1.5 i +1,6% a za dijapazon  $0,0182 \text{ m} < H <$

0,04 m prema Rehbock-u su između -1 i +1,1% za  $P=0.20$  m (Slika 6). Približavanjem ka tački nalepljenja greška koeficijenta preliivanja se povećava.

Prilikom korišćenja ovog preliva za merenje proticaja znači treba merenjem proveriti da u konkretnom slučaju po kojoj funkciji međunarodnog standarda treba računati koeficijent preliivanja pri aerisanom mlazu. Ova provera je izuzetno važna, jer rezultat puno zavisi od tačnosti izvedenog stanja oštrice preliva, od tačnosti merenja visine prelivnog mlaza i od tačnosti utvrđivanja kote krune preliva.

2. Pošto ove funkcije ne zavise od Weber-ovog i Reynolds-ovog broja, za razliku od stručne literature, uticaj ovih brojeva može da se smanji sa  $H \geq 0.03$  m:

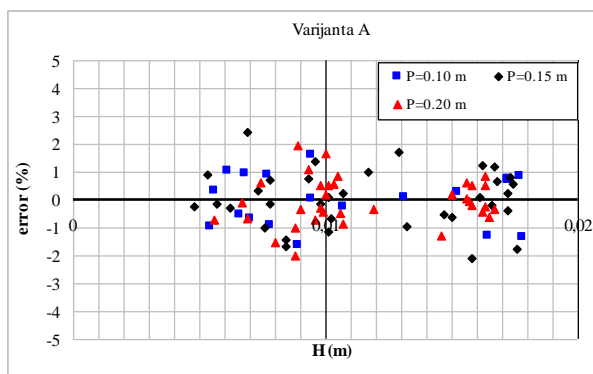
- na  $H \geq 0.0194$  m (za  $P=0.10$  m),  $H \geq 0.0188$  m (za  $P=0.15$  m) i  $H \geq 0.0182$  m (za  $P=0.20$  m) za rastući proticaj, odn.
- na  $H \geq 0.01$  m za smanjujući proticaj.

3. Delimično aerisano preliivanje se javlja u blizini tačke nalepljenja, za  $H \leq 0.00111$  m (Slike 3 i 6). Greška koeficijenta preliivanja kod ovog stanja je između +4 i +6.5% (za  $P=0.15$  m). Saglasno sa stavom stručne literature pri nedovoljno aerisanom mlazu greška koeficijenta preliivanja je značajna. Uticaj ove pojave na grešku utvrđivanja proticaja će postati vidljiv, kada tačnost merenja nivoa vode na objektima postigne tačnost merenja nivoa u laboratoriji.

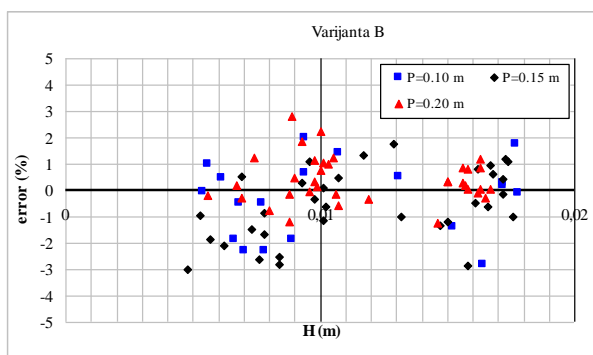
4. Kod neaerisanog mlaza za  $H \geq 0.005$  m (za  $P=0.10$  m),  $H \geq 0.0048$  m (za  $P=0.15$  m) i  $H \geq 0.0053$  m (za  $P=0.20$  m) greška za utvrđivanje proticaja vode (varijanta A), odn. koeficijenta preliivanja (varijanta B) je (Slike 7 i 8):

- između -1.6 i +1.6% (za  $P=0.10$  m), -2.1 i +2.4% (za  $P=0.15$  m) i -2 i +2% (za  $P=0.20$  m) kod varijante A, odn.
- između -2.8 i +2% (za  $P=0.10$  m), -3 i +1.8% (za  $P=0.15$  m) i -1,2 i +2.8% (za  $P=0.20$  m) kod varijante B.

U skladu sa zaključkom objavljenim 2016-e i 2017-e godine (Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b) i u ovom slučaju važi: kod neaerisanog mlaza proticaj se tačnije utvrđuje korišćenjem funkcije varijante A – greške su između -2.1 i +2.4%. Da bi postigli navedenu tačnost merenja i za neaerisano preliivanje u konkretnom slučaju prvo laboratorijski treba utvrditi funkciju prikazanu na slici 4.



Slika 7. Greška utvrđivanja proticaja  $Q$  u funkciji visine prelivnog mlaza  $H$  za oštroivični preliv (ne aerisani mlaz) ispitivane visine



Slika 8. Greška utvrđivanja koeficijenta preliivanja  $m$  u funkciji visine prelivnog mlaza  $H$  za oštroivični preliv (ne aerisani mlaz) ispitivane visine

## 5. ZAKLJUČAK

Pri upotrebi veštačkog prsta ( $\Delta z=0.016$  m i  $\delta=1.5$  mm) kod nesuženih oštroivičnih preliiva različite visine tačka nalepljenja se javlja pri istoj visini prelivnog mlaza, a proticaj tačke odvajanja se smanjuje sa povećanjem visine preliiva. On aerise mlaz vode za rastući proticaj pri  $H \geq 0.0194-0.0182$  m, a za smanjujući proticaj pri  $H \geq 0.01$  m. Za ove visine prelivnog mlaza na preliivanje ne utiču Reynolds-ov i Weber-ov broj.

Veštačkim prstom je omogućeno merenje hidrograma oticaja pri nepotopljenom preliivanju na oštroivičnom, nesuženom preliivu različite visine:

- kod aerisanog mlaza, korišćenjem funkcije međunarodnog standarda proticaj vode može da se odredi greškama između -2.3 i +4.8%, a

- kod neaerisanog mlaza za  $H \geq 0.0048-0.0053$  m korišćenjem zadate funkcije na slici 4 proticaj može da se odredi greškama između -2.1 i +2.4%.

Zbog osetljivosti rezultata na tačnost izvedenog stanja oštrice preliiva, na tačnost merenja visine prelivnog mlaza i na tačnost utvrđivanja kote krune preliiva pre upotrebe ovog preliiva u konkretnom slučaju laboratorijski treba utvrditi za oba slučaja funkcije kojima se računa proticaj vode.

Tokom daljih istraživanja trebalo bi utvrditi lokaciju veštačkog prsta za oštroivični suženi preliv (širina preliiva je manja od širine kanala) pri nepotopljenom, aerisanom preliivanju u funkciji stepena suženosti preliiva.

## LITERATURA

- [1] Hovány, L. (2016): *Discharge Measurement by Full-Width Ventilated Thin-Plate Weir*. Zbornik radova 4. međunarodne konferencije Savremena dostignuća u građevinarstvu 2016/Conference Proceedings 4<sup>th</sup> International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering 2016. Građevinski fakultet/Faculty of Civil Engineering, Subotica. 22<sup>nd</sup> April 2016, str. 669-677.
- [2] Hovány, L. (2017a): *Different Height Thin-plate Weirs for Measuring Discharge Hydrographs*. Zbornik radova 5. međunarodne konferencije Savremena dostignuća u građevinarstvu 2017/Contemporary Achievements in Civil Engineering 2017. 5<sup>th</sup> International Conference. Građevinski fakultet/Faculty of Civil Engineering, Subotica. 21. April 2017, str. 661-673.
- [3] Hovány, L. (2017b): *New method for discharge hydrograph measurement of the free overflow with full-width, thin-plate weir*. Current Science, 113(1), str. 148-154.
- [4] Bos, M.G. (1987): *Discharge Measurement Structures*. Third revised edition. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, 1987.
- [5] Li, Y. (2015): *Prediction of flow over thin-plate rectangular weir*. – In: Xie, Lian (Editor): Hydraulic Engineering III. Taylor & Francis Group, London, 2015, str. 79-83.
- [6] Aydin, I.; Ger, A.M. and Hincal, O. (2002): *Measurement of small discharges in open channels*

- by *Stil Weir*. Journal of Hydraulic Engineering, 2002, 128(2), str. 234-237.
- [7] Ramamurthy, A. S.; Qu, J.; Zhai, C. and Vo, D. (2007): *Multislit Weir Characteristics*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2007, 133(2), str. 198-200.
- [8] Aydin, I.; Altan-Sakarya, A.B. and Sisman, C. (2011): *Discharge formula for rectangular sharp-crested weirs*. Flow Measurement and Instrumentation, 2011, vol. 22, str. 144-151.
- [9] Bagheri, S.; Kabiri-Samani, A.R. and Heidarpour, M. (2014): *Discharge coefficient of rectangular sharp-crested side weirs. Part I: Traditional weir equation*. Flow Measurement and Instrumentation, 2014, vol. 35, str. 109-115.
- [10] Gharahjeh, S.; Aydin, I. and Altan-Sakarya, A.B. (2015): *Weir velocity formulation for sharp-crested rectangular weirs*. Flow Measurement and Instrumentation, 2015, vol. 41, str. 50-56.
- [11] Aydin, I.; Altan-Sakarya, A.B. and Ger, A.M. (2006): *Performance of Slit Weir*. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 132(9), str. 987-989.
- [12] International standard ISO 1438:2008(E). *Hydrometry – Open channel flow measurement using thin-plate weirs*. Switzerland: International Organization for Standardization 2008.
- [13] International standard ISO 1438:2008 *Technical Corrigendum 1. Hydrometry – Open channel flow measurement using thin-plate weirs*. Switzerland: International Organization for Standardization 2008.
- [14] Zhang, X.; Yuan, L.; Peng, R. and Chen, Z. (2010): *Hydraulic Relations for Clinging Flow of Sharp-Crested Weir*. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 136 (6), str. 385-390.

## THIN-PLATE WEIRS OF DIFFERENT HEIGHTS ADAPTED FOR MEASURING DISCHARGE HYDROGRAPHS

by

Lajos HOVANY

University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica,  
Dept. of Hydraulic, Water Resources and Environmental Engineering,  
Kozaracka 2/a, 24000 Subotica

### Summary

In 2015 it has been proven that the unsubmerged thin-plate weir of height equal 20 cm, with an artificial finger installed, is suitable for measuring flow hydrographs. The essence of fitting the weir for the task is fixing the discharges of adhesion and separation. This is an innovative statement comparing to the current ones of the international standards regarding thin-plate weirs. This paper presents the results of investigations carried out in the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Subotica, Serbia, concerning

measurements of flow hydrographs by the means of unsubmerged, full-width, thin-plate weirs of different height. Test results presented on the 5th International Conference on Contemporary Achievements in Civil Engineering held in Subotica in April 2017 have been extended in this paper.

Key words: thin-plate weir, free flow, height of the weir, flow hydrograph

Redigovano 20.10.2017.