



University Of Qom

## Investigating the Efficiency of Trapezoidal Labyrinth Weirs with Equal and Unequal Indentation Lengths

Jalal Sadeghian<sup>1</sup> , Ali Yari<sup>2</sup>, Hadi Norouzi<sup>3</sup>

1. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: [j.sadeghian@basu.ac.ir](mailto:j.sadeghian@basu.ac.ir)
2. MSc Water Engineering and Hydraulic Structures, Department of Civil Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: [Alirezayari20@yahoo.com](mailto:Alirezayari20@yahoo.com)
3. PhD Candidate of Hydraulic Structures, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: [hadinorouzi72@gmail.com](mailto:hadinorouzi72@gmail.com)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**  
Received 22 Jan 2023  
Revised 27 Jun 2023  
Accepted 11 Jul 2023

**Keywords:**  
Weir Efficiency,  
Trapezoidal Labyrinth  
Weir,  
Discharge Coefficient,  
Length of Weir,  
Unequal Indentations.

### ABSTRACT

*Weirs are one of the most important hydraulic structures used in dams, which are built for safe discharge of flood flows. In order to increase the weir discharge capacity, labyrinth weirs are used in small openings. In the present study, 2 different geometries in the design of trapezoidal labyrinth weirs with equal (B model) and unequal (quintet F models) Indentation lengths were investigated in a laboratory and for different flow rates. Has been The experiments were conducted with the aim of reducing the interference of water blades and increasing the efficiency and discharge coefficient (C) of the mentioned weirs. The results show that; In most cases, the discharge coefficient of labyrinthine weirs with unequal Indentations is higher than that of equal Indentations. The highest weirs discharge coefficient is when the  $Ht/P$  ratio is at its lowest value. In this situation, by increasing the volume of water passing through the flume until the  $Ht/P$  ratio is less than 0.3, the trend of changes (C) in relation to  $Ht/P$  is decreasing, and from this point on, with the increase of the  $Ht/P$  ratio to more than 0.3, in all the built samples of F models, due to the interference of the water blades and also due to the absorption of the weir Indentations, the changes in C are very insignificant compared to the increase in the  $Ht/P$  ratio, and practically the weir discharge coefficient in discharge the above is almost constant and unchanged. In other words, in unequal labyrinth weirs where the rate of decrease in the collision length of their blades is between 15 and 27.5%, the discharge coefficient compared to labyrinth weirs with equal Indentation length has increased at least 32.4% and at most 35.3%.*

**Cite this article:** Sadeghian, Jalal., Yari, Ali., & Norouzi, Hadi. (2023). Investigating the efficiency of trapezoidal Labyrinth Weirs with equal and unequal Indentation lengths. *Civil Infrastructure Researches*, 9(2), 67-76. <https://doi.org/10.22091/cer.2023.9038.1455>



## مقایسه و بررسی آزمایشگاهی ضریب تخلیه جریان در سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های مساوی و نامساوی

جلال صادقیان<sup>۱</sup>، علی یاری<sup>۲</sup>، هادی نوروزی<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: [j.sadeghian@basu.ac.ir](mailto:j.sadeghian@basu.ac.ir)
۲. کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: [Alirezayari20@yahoo.com](mailto:Alirezayari20@yahoo.com)
۳. دانشجوی دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه زنجان، ایران. رایانامه: [hadinorouzi72@gmail.com](mailto:hadinorouzi72@gmail.com)

### چکیده

سرریزها از جمله مهم‌ترین سازه‌های هیدرولیکی مورد استفاده در سدها می‌باشند که برای تخلیه مطمئن جریان‌های سیلابی ساخته می‌شوند. به منظور افزایش ظرفیت تخلیه سرریز، در دهانه‌های کوچک از سرریزهای کنگره‌ای استفاده می‌گردد. در پژوهش حاضر، دو هندسه متفاوت در طرح سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های مساوی (مدل B) و نامساوی (مدل‌های پنج‌گانه F) به صورت آزمایشگاهی و برای دبی‌های مختلف بررسی شده است. آزمایش‌ها با هدف کاهش تداخل تیغه‌های آب و افزایش راندمان و ضریب تخلیه (C) سرریزهای مذکور انجام شده است. نتایج بیانگر آن است که در اکثر حالات ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای با کنگره‌های نامساوی نسبت به حالت کنگره‌های مساوی بیشتر است. بیشترین میزان ضریب تخلیه سرریز، زمانی است که نسبت  $Ht/P$  کمترین مقدار خود را داشته باشد. در این شرایط با افزایش حجم آب عبوری از فلوم تا زمانی که نسبت  $Ht/P$  کمتر از  $0/3$  باشد، روند تغییرات (C) نسبت به  $Ht/P$  کاهش یافته و از این مرحله به بعد با افزایش نسبت  $Ht/P$  به بیش از  $0/3$ ، در تمامی نمونه‌های ساخته شده مدل‌های F، به علت تداخل تیغه‌های آب و همچنین به دلیل استغراق کنگره‌های سرریز، تغییرات C در مقابل افزایش نسبت  $Ht/P$  بسیار ناچیز بوده و عملاً ضریب تخلیه سرریز در دبی‌های بالا تقریباً ثابت و بدون تغییر است. به عبارت دیگر، در سرریزهای کنگره‌ای نامساوی که نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آنها بین ۱۵ الی ۲۷/۵ درصد است، ضریب تخلیه در مقایسه با سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی حداقل ۳۲/۴ درصد و حداکثر ۳۵/۳ درصد افزایش داشته است.

### اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

### کلیدواژه‌ها:

راندمان سرریز،  
سرریز کنگره‌ای  
دوزنقه‌ای شکل،  
ضریب تخلیه،  
طول سرریز،  
کنگره‌های نامساوی.

استناد: صادقیان، جلال؛ یاری، علی؛ و نوروزی، هادی. (۱۴۰۲). مقایسه و بررسی آزمایشگاهی ضریب تخلیه جریان در سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های مساوی و نامساوی. پژوهش‌های زیرساخت‌های عمرانی، ۹(۲)، ۶۷-۷۶.

<https://doi.org/10.22091/cer.2023.9038.1455>

## ۱- مقدمه

تخلیه این نوع سرریزها را بررسی کرد [۴]. ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای با شکل تاج، ربع دایره در پژوهشی دیگر بررسی و نمودارهایی ارائه گردید [۵]. امانیان، سرریزهای مستقیم با تاج ربع دایره، نیم‌دایره، لبه صاف و تیز و سرریزهای کنگره‌ای مثلثی با تاج نیم‌دایره را بررسی کرده است [۶]. محققان نشان دادند که ضریب تخلیه دبی جریان علاوه بر عدد فرود بالادست، به پارامترهای دیگری مانند نسبت ارتفاع سرریز به عمق جریان آب در بالادست سرریز نیز بستگی دارد [۷]. ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای براساس ارتفاع کل آب روی سرریز برای زاویه دیوار جانبی ۶ تا ۳۰ درجه را به صورت آزمایشگاهی بررسی و نمودارهایی ارائه گردید [۸]. پروانه و همکاران، رفتار هیدرولیکی سرریزهای جانبی کنگره‌ای با پلان نامتقارن را در شرایط جریان زیر بحرانی به صورت آزمایشگاهی بررسی کردند. ضریب تخلیه در این حالت بیشتر از سرریز جانبی کنگره‌ای متقارن و مستطیلی است [۹]. افزایش طول تاج سرریز نسبت زوایای دیواره‌های جانبی تأثیر بیشتری بر روی ضریب تخلیه دارد. همچنین تأثیر طول مؤثر سرریز بر روی دبی عبوری توسط پژوهشگران بررسی شد [۱۰]. برقی و همکاران، ضریب تخلیه سرریزهای جانبی کنگره‌ای با پلان مثلثی در حالت تک سیکل و دو سیکل و تأثیر پارامترهای زاویه رأس، ارتفاع سرریز، طول بازشدگی دریچه و عمق آب بالادست بر روی آن را در حالت جریان زیر بحرانی بررسی کردند [۱۱]. جریان عبوری از روی سرریزهای کنگره‌ای قوسی و راندمان آن نسبت به سرریزهای خطی بررسی شد [۱۲]. محققان ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای قوسی با پلان مثلثی و تأثیر نسبت بار هیدرولیکی به ارتفاع سرریز بر روی آن را به صورت آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار دادند [۱۳].

در پژوهش حاضر، تأثیر طول کنگره‌ها بر روی ضریب تخلیه در سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است.

سرریز سدها و کانال‌های انتقال آب با هدف تنظیم، کنترل، تخلیه و سنجش جریان آب احداث می‌گردند و با توجه به اینکه پارامترهای مختلفی نظیر طول و شکل تاج سرریز بر حجم جریان عبوری از سرریز مؤثر می‌باشد، مطالعات و پژوهش‌های مختلفی در رابطه با تأثیر این عوامل (مشخصه‌های هندسی و هیدرولیکی) بر میزان دبی عبوری از سرریزها و ضریب تخلیه جریان انجام گرفته است. در این راستا با به‌کارگیری سرریزهایی با پلان‌های غیرخطی نظیر مستطیلی، دوزنقه‌ای، سهموی، دایره و مثلثی شکل می‌توان طول مؤثر آستانه سرریز جریان را در یک عرض مشخص افزایش داد. به این نوع از سرریزها، سرریزهای چندوجهی، زیگزاگی و یا کنگره‌ای اطلاق می‌گردد. در طراحی و اجرای آنها از یک و یا چند سیکل مختلف استفاده می‌شود و این حالت باعث افزایش حجم جریان عبوری از سرریز گردیده و به تبع آن ارتفاع تیغه آب در بالادست سرریزهای کنگره‌ای کمتر از ارتفاع تیغه آب در بالادست سرریزهای خطی خواهد شد. اهمیت این موضوع زمانی بیشترین تأثیر را به همراه خواهد داشت که از این نوع سرریزها به‌عنوان سازه تخلیه سیلاب‌ها در سدها استفاده شود چرا که در عبور جریان‌های سیلابی بسیار مؤثر عمل خواهند کرد. برای اولین بار، جنتیلینی<sup>۱</sup> ایده استفاده از سرریزهای کنگره‌ای مثلثی را به صورت آزمایشگاهی بررسی کرد [۱]. در تحقیقی دیگر، رابطه‌ای تجربی برای محاسبه جریان عبوری از سرریزهای کنگره‌ای براساس ارتفاع آب روی سرریز و طول مؤثر سرریز ارائه شد [۲]. همچنین محققان، راندمان و عملکرد سرریزهای کنگره‌ای نسبت به سرریزهای خطی و پارامترهای مؤثر بر آنها را بررسی کردند [۳]. هوستون<sup>۲</sup> نیز تأثیر مقدار عمق هیدرولیکی و تفاوت آن با ارتفاع هیدرواستاتیکی در سرریزهای کنگره‌ای و تأثیر سرعت آب بر روی ضریب

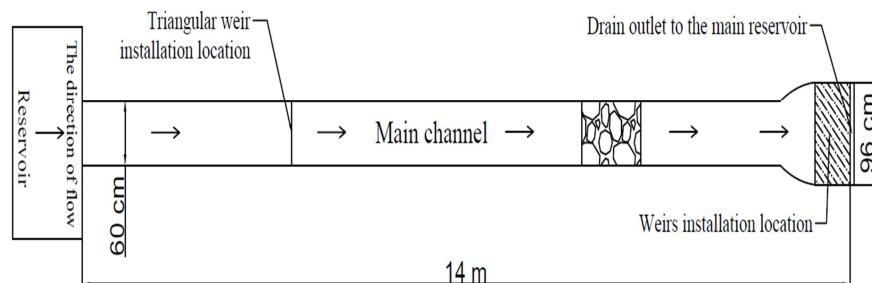
<sup>1</sup> Gentilini<sup>2</sup> Houston

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۱-۲- شرایط آزمایشگاه و روش انجام آزمایش

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بوعلی سینا و درون فلومی با طول ۱۴ متر، ارتفاع و عرض ۶۰ سانتیمتر که در یک متر انتهایی عرض آن ۹۶ سانتیمتر است، انجام شده است (شکل ۱). در انتهای فلوم نمونه‌های مختلف سرریزهای کنگره‌ای ساخته شده، جانمایی شده است (شکل ۲- الف). جریان آب عبوری در فلوم به وسیله پمپی با شیر کنترل ایجاد شده است (شکل ۲- ب). برای اندازه‌گیری دبی جریان در فلوم از یک سرریز مثلثی واسنجی شده استفاده شده است (شکل ۳- الف). با قرار دادن چند ردیف بلوک سفالی به همراه توری‌های فلزی در فاصله ۲ متری از محل قرائت، جریان آب در فلوم آرام شده است (شکل ۳- ب). با قرائت عمق آب روی تاج سرریز، ضریب تخلیه محاسبه شده است. برای انجام این کار در قسمت انتهایی فلوم و قبل از محل قرارگیری سرریزها، از یک عمق‌سنج

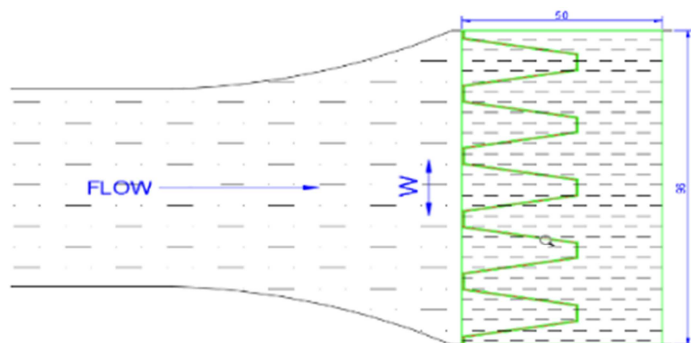
نقطه‌ای با دقت ۰/۱ میلی‌متر به منظور قرائت عمق جریان بر روی کنگره‌های سرریز استفاده شده است (شکل ۳- پ). نحوه اندازه‌گیری و قرائت آن به این ترتیب می‌باشد که بعد از نصب هر کدام از سرریزها، نقطه صفر قرائت عمق‌سنج را منطبق بر تاج سرریز نموده و با استفاده از آن در فواصل ۲۰، ۲۳، ۲۸، ۳۳، ۳۸، ۴۳ و ۴۸ سانتیمتر از ابتدای محل قرارگیری هر سرریز و در دبی‌های مختلف، عمق آب بر روی تاج سرریز به صورت دقیق رصد و قرائت شده است. شایان ذکر است، مخزن ذخیره آب در قسمت زیرین فلوم اصلی جانمایی شده و پس از عبور از فلوم و سرریزها، مجدداً به داخل مخزن هدایت شده است. با هدف برآورد میزان جریان عبوری از فلوم اصلی، کالیبراسیون دبی به روش حجمی انجام شده است. این عمل با استفاده از یک مخزن با ابعاد مشخص و مدرج و زمان‌سنج با دقت ۰/۰۱ ثانیه انجام گرفته است. بر روی سرریز مثلثی ۱۵ آزمایش صورت گرفته و نمودار دبی-اشل سرریز مثلثی با بهره‌گیری از نتایج آزمایش‌های انجام شده مطابق شکل (۴) به دست آمده است.



شکل ۱- نمای جانبی از کانال آزمایشگاهی



(ب)



(الف)

شکل ۲- (الف) محل قرارگیری سرریزها در یک متر انتهایی فلوم و (ب) الکتروپمپ و شیر کنترل دبی



(ب)



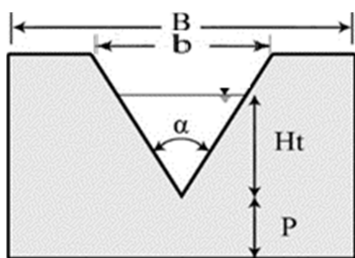
(الف)



(پ)

شکل ۳- (الف) مجرای فلوم و سرریز مثلثی به همراه تصویری از نحوه آماده سازی آن، (ب) سرریز، مجرای فلوم و بلوک های سفالی به همراه توری فلزی استفاده شده به منظور آرام کردن جریان و (پ) دستگاه عمق سنج جهت اندازه گیری ارتفاع آب

می گردد. علاوه بر این مشخصات سرریز مثلثی در شکل ۵ نمایش داده شده است.



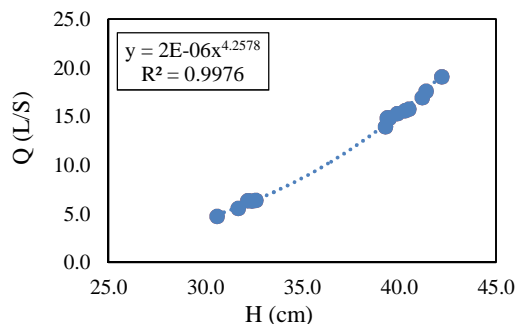
شکل ۵- تصویر شماتیک سرریز مثلثی

مطابق شکل ۵، ارتفاع آب روی سرریز مثلثی،  $\alpha$  زاویه رأس سرریز معادل  $38/7$  درجه،  $B$  عرض فلوم اصلی معادل ۶۰ سانتی متر،  $b$  عرض یالای سرریز معادل ۳۰ سانتی متر و  $P$  ارتفاع برابر ۱۵ سانتی متر است.

۲-۲- انواع مختلف مدل های آزمایشگاهی

برای انجام آزمایش ها از یک مدل آزمایشگاهی سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های مساوی و ۵ مدل سرریز کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های نامساوی استفاده شده است. در ساخت

با استفاده از نمودار دبی - اشل استخراج شده، رابطه (۱) برای برآورد دبی جریان خروجی از سرریز مثلثی برآزش شده است.



شکل ۴- نمودار تغییرات دبی در برابر ارتفاع برای سرریز مثلثی

$$Q = 2 \times 10^{-6} \times H^{4.2578} \quad (1)$$

در این معادله،  $Q$  دبی جریان عبوری از سرریز برحسب لیتر بر ثانیه و  $H$  ارتفاع سطح آب از کف فلوم اصلی برحسب سانتی متر می باشد که از حاصل جمع ارتفاع سرریز ( $P$ ) و عمق آب ( $H_t$ ) روی سرریز مثلثی حاصل

## ۲-۴- محاسبه و برآورد ضریب تخلیه دبی جریان سرریزهای کنگره‌ای مورد استفاده در آزمایش‌ها

برای محاسبه ضریب تخلیه، دبی جریان عبوری از فلوم و ارتفاع آب بر روی قسمت‌های مختلف سرریز اندازه‌گیری شده است. با استفاده از رابطه (۲) ضریب تخلیه دبی سرریزهای کنگره‌ای قابل محاسبه است [۱۴]:

$$C_d = \frac{3Q}{2L_e \times \sqrt{2g} \times H_t^{(3/2)}} \quad (2)$$

در معادله فوق،  $L_e$  طول مؤثر سرریز (m)،  $Q$  دبی عبوری از سرریز ( $m^3/s$ )،  $C_d$  ضریب تخلیه سرریز،  $H_t$  ارتفاع کل آب بر روی تاج سرریز (m) و  $g$  شتاب ثقل ( $m^2/s$ ) است.

پس از ساده‌سازی، رابطه (۲) به‌صورت رابطه (۳) بیان می‌شود. در این رابطه، ضریب  $C$  به‌عنوان ضریب تخلیه سرریز تعریف شده است.

$$C = \frac{3Q}{L_e \times H_t^{(3/2)}} \quad (3)$$

## ۲-۵- تحلیل ابعادی

علاوه بر هندسه سرریز و مشخصات آن که شامل عرض سرریز ( $W$ )، ارتفاع سرریز ( $P$ )، طول مؤثر سرریز ( $L_e$ )، ضخامت دیواره ( $t_w$ ) و زاویه بین دیواره سرریز ( $\alpha$ ) است، پارامترهای مؤثر دیگری نظیر عمق جریان ( $Y$ ) و ارتفاع طراحی تیغه آب روی سرریز ( $H_t$ ) که به‌عنوان مشخصه‌هایی از رفتار هیدرولیکی جریان تعریف می‌شوند، بر ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای ( $C$ ) تأثیرگذار می‌باشند.

مدل‌های آزمایشی سرریزها از صفحات شیشه‌ای با ابعاد ۹۶ در ۵۰ سانتیمتر و ضخامت ۱۰ میلی‌متر استفاده شده است. در هر مدل، کنگره‌ها بر روی یک صفحه نصب شده‌اند. همچنین در طراحی مدل سرریزها، از کنگره‌هایی با ۵ سیکل و طول مؤثر یکسان ۳۳۶ سانتیمتری (با طول کنگره‌های نامساوی) بهره گرفته شده است. طراحی طوری انجام شده است تا تأثیر سه پارامتر طول مؤثر، ارتفاع کنگره‌ها و تعداد سیکل‌ها بر راندمان تمامی نمونه‌های ساخته شده یکسان باشد.

## ۲-۳- معرفی پارامترهای مختلف سرریزهای مورد استفاده در آزمایشگاه

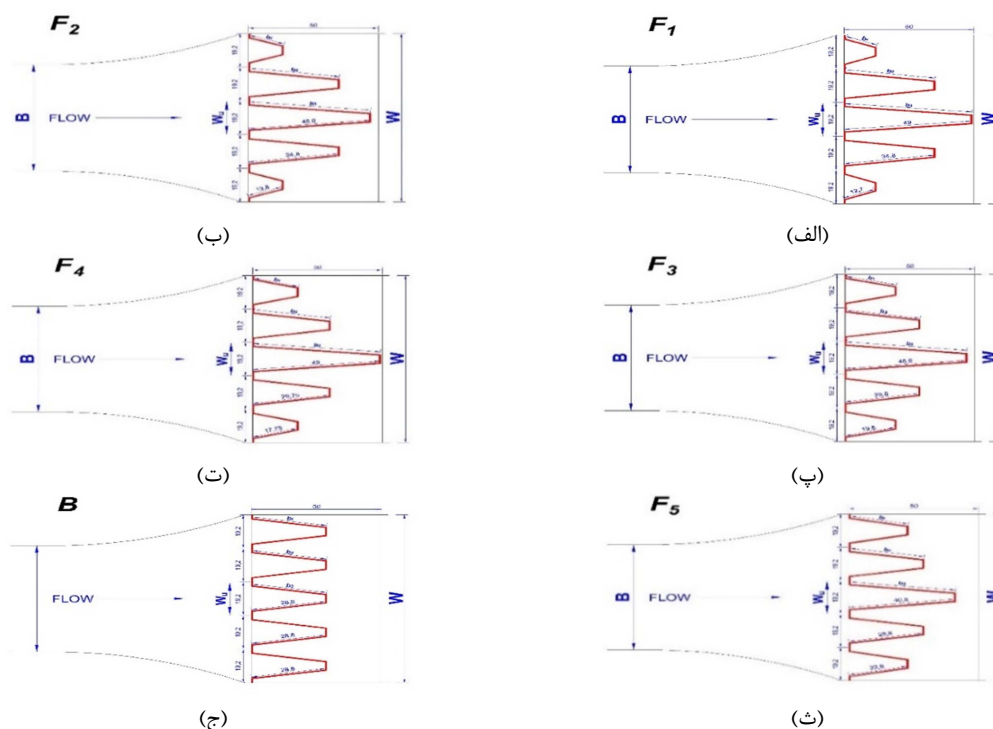
مدل‌های نوع (F) به نحوی است که با نزدیک شدن به مرکز سرریز، طول کنگره‌های میانی افزایش یافته و کنگره‌های ابتدایی و انتهایی کوتاهترین طول را دارند. علاوه بر این، یک مدل سرریز کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی (B) نیز ساخته شده و به منظور بررسی و مقایسه مورد آزمایش قرار گرفته است.

در جدول ۱، مشخصات تمامی مدل‌های مورد آزمایش بیان شده است. در جدول، ستون آخر نمایانگر نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آب می‌باشد که از تقسیم جمع کل آن قسمت از طول کنگره‌هایی که با کنگره‌های مجاور خود امکان تداخل تیغه‌های جریان آب را نداشته به آن قسمت از طول مؤثر سرریز که در امتداد جریان قرار دارند حاصل می‌شود. در شکل ۶، مدل‌های مختلف سرریز کنگره‌ای نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی سرریزهای کنگره‌ای مورد آزمایش

مدل	L(cm)	P(cm)	20a	b1	b2	b3	b4	b5	نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آب (درصد)
B	۳۳۶	۱۰	۴۸	۲۸/۸۰	۲۸/۸۰	۲۸/۸۰	۲۸/۸۰	۲۸/۸۰	صفر
F1				۱۲/۷۰	۳۴/۸۰	۴۹	۳۴/۸۰	۱۲/۷۰	۳۰/۲۵
F2				۱۳/۸۰	۳۴/۸۰	۴۶/۸۰	۳۴/۸۰	۱۳/۸۰	۲۷/۵۰
F3				۱۹/۸۰	۲۸/۸۰	۴۶/۸۰	۲۸/۸۰	۱۹/۸۰	۲۲/۵۰
F4				۱۷/۷۵	۲۹/۷۵	۴۹	۲۹/۷۵	۱۷/۷۵	۲۶/۰۴
F5				۲۲/۸۰	۲۸/۸۰	۴۰/۸۰	۲۸/۸۰	۲۲/۸۰	۱۵





شکل ۶- مدل‌های مختلف سرریز کنگره‌ای (الف تا ج: مشخصات در جدول ۱ ارائه شده است)

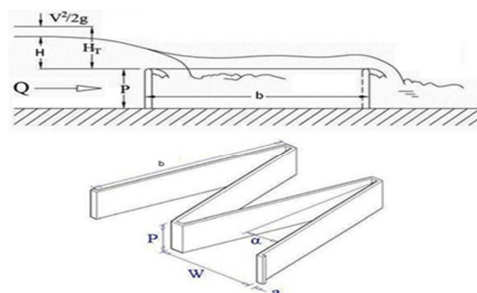
به دلیل ناچیز بودن در جریان‌های زیربحرانی قابل صرف نظر است. با توجه به اینکه در این پژوهش جریان زیربحرانی است، تأثیر شیب کف کانال در نظر گرفته نشده است. همچنین از آنجا که در این پژوهش، پارامترهای ضخامت دیواره ( $t_w$ )، عرض سرریز ( $W$ )، طول مؤثر ( $L_e$ )، ارتفاع سرریز ( $P$ ) و زاویه بین دیواره سرریز ( $\alpha$ ) برای تمامی نمونه‌ها یکسان است. بنابراین از تأثیر این پارامترها نیز بر نتایج آزمایش‌ها می‌توان چشم‌پوشی نمود. ضریب تخلیه دبی سرریزها را می‌توان با عنایت به موارد فوق و پس از انجام تحلیل‌های ابعادی، به صورت تابعی از پارامترهای بدون بعد مطابق روابط (۴) و (۵) بیان کرد:

$$C = f(H_t, L_e, P, W, t_w, y, \alpha) \quad (4)$$

$$C = f\left(\frac{H_t}{P}, \frac{L_e}{P}, \frac{T_w}{W}, \frac{L_e}{W}, \frac{y}{P}, \frac{y}{W}, \alpha\right)$$

با توجه به تحقیقات قبلی نظیر تحقیقات هی و تیلور [۳]، نسبت ارتفاع انرژی روی تاج سرریز ( $H_t$ ) به ارتفاع سرریز ( $P$ )، به عنوان یک پارامتر بدون بعد، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در روابط ضریب تخلیه جریان محسوب می‌شود.

پارامترهای مرتبط با مشخصات هیدرولیکی و هندسی سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای در شکل ۷ نمایش داده شده است.

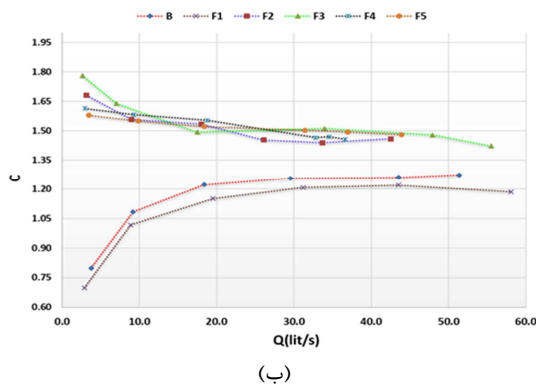


شکل ۷- مشخصات هیدرولیکی و هندسی سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل

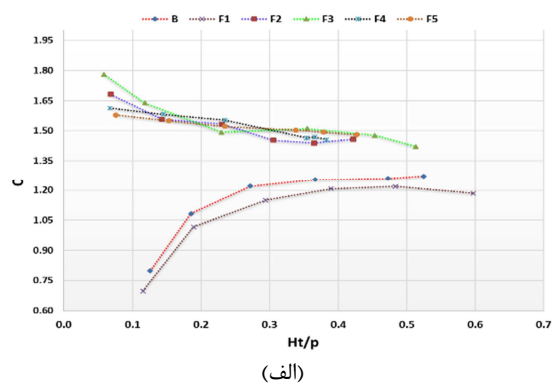
از آنجا که اصولاً وضعیت جریان در کانال‌ها به صورت آشفته است، در مباحث مرتبط با هیدرولیک جریان‌های آشفته در کانال‌های باز، از تأثیر ناچیز نیروهای لزجت در مقابل اینرسی یا همان عدد رینولدز ( $\mu/\rho y_1 V_1$ ) صرف نظر می‌شود. علاوه بر این در پژوهش حاضر، از تأثیر عدد وبر ( $\sigma/\rho y_1 V_1^2$ ) یا همان تأثیر نیروهای کشش سطحی نیز چشم‌پوشی شده است، زیرا تأثیر نیروی کشش سطحی در مواقعی مدنظر قرار می‌گیرد که عمق آب بسیار کم باشد. علاوه بر این، تأثیر شیب کف کانال

## ۳- نتایج و بحث

شکل ۷- الف و نسبت به دبی جریان (Q) در شکل ۷- ب نشان داده شده است. مطابق شکل ۷، در سرریزهای کنگره‌ای مدل F2، F3، F4 و F5 با طول کنگره‌های نامساوی، بیشترین میزان ضریب تخلیه سرریز، زمانی است که نسبت  $H_t/P$  کمترین مقدار خود را داشته باشد.



(ب)



(الف)

شکل ۷- تغییرات C در مقابل (الف) نسبت  $H_t/P$  و (ب) Q برای سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی (B) و نامساوی (F)

تیغه‌های آب در کنگره‌های آنها مشاهده شده است، در حالی که این مدل‌ها کمترین مقدار ضریب تخلیه سرریز را به خود اختصاص داده‌اند و دلیل این امر این است که این سرریزها کمترین طول کنگره‌های کناری را در مقایسه با سایر سرریزها داشته و در صورتی که طول کنگره‌های کناری سرریز از میزان مشخصی کمتر شود، تأثیر این کنگره‌ها در میزان ضریب تخلیه در مقایسه با کنگره‌های میانی و کنگره مستقر در وسط سرریز به مراتب بسیار کمتر بوده و به تبع آن سبب افت مقدار نهایی ضریب تخلیه متوسط کل سرریز در مقایسه با سه سرریز دیگر شده است. این موضوع در سرریز مدل F1 با کمترین طول ممکن برای کنگره‌های کناری یعنی ۱۲/۷ سانتیمتر چنان مشهود است که پایین‌ترین عملکرد و ضریب تخلیه سرریز را در بین تمامی مدل‌ها داشته و عملکرد آن به میزان ۶ درصد نسبت به سرریز کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی نیز کمتر شده است.

بیشترین ضریب تخلیه سرریزها با توجه به مقدار طول کنگره‌های کناری به ترتیب برای بهترین حالت و بیشترین مقدار ضریب تخلیه به سرریز مدل F3 با ضریب

مشخصات فیزیکی سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های مساوی و نامساوی در جدول ۱ درج شده است. برای مدل‌های مختلف آزمایشگاهی، تغییرات ضریب تخلیه دبی (C) نسبت به پارامتر  $H_t/P$

در این شرایط با افزایش دبی جریان عبوری از فلوام تا زمانی که نسبت  $H_t/P$  کمتر از ۰/۳ باشد، تغییرات ضریب تخلیه سرریز (C) براساس نسبت  $H_t/P$  کاهش یافته و با افزایش نسبت  $H_t/P$  به بیش از ۰/۳، در تمامی نمونه‌های ساخته شده مدل‌های F و B، به علت تداخل تیغه‌های جریان آب و همچنین به دلیل استغراق کنگره‌های سرریز، تغییرات ضریب تخلیه سرریز در مقابل افزایش نسبت  $H_t/P$  بسیار ناچیز بوده و عملاً می‌توان گفت ضریب تخلیه سرریز در دبی‌های بالا تقریباً ثابت و بدون تغییر است. در سرریزهای مدل F1 و B، روند تغییرات ضریب تخلیه در مقابل افزایش نسبت  $H_t/P$  تا مقدار ۰/۳، روندی افزایشی داشته و برای مقادیر  $H_t/P$  بیش از ۰/۳، مانند دیگر مدل‌های نوع F مقدار ضریب تخلیه سرریز تقریباً ثابت و بدون تغییر است. به عبارت دیگر، با افزایش ارتفاع تیغه‌های جریان بر روی سرریزهای کنگره‌ای که به تبع آن تداخل تیغه‌های آب و استغراق سرریز را به همراه دارد، عملکرد سرریزهای کنگره‌ای تا حدود بسیار زیادی مشابه سرریزهای خطی خواهد شد.

در مدل‌های F1 و F2 کمترین میزان طول برخورد



مساوی کاهش یافته است.

### ۳-۱- بررسی تیغه‌های ریزشی جریان بر روی سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای شکل با طول کنگره‌های نامساوی از نوع F

با توجه به بررسی‌های آزمایشگاهی (شکل ۸)، تیغه‌های جریان آب در حین سقوط از سرریز در نسبت‌های کم H/P، به صورت چسبیده و کاملاً مماس با دیواره عمودی سرریز فرود آمده و تداخلی با همدیگر ندارند. بنابراین تیغه‌های جریان آب در حین سقوط از سرریز به هوادهی نیاز دارد، اما با افزایش ارتفاع تیغه‌های جریان آب بر روی سرریز، تیغه‌های ریزشی جریان آب با هم تداخل پیدا کرده توأم با هوادهی بوده و به هوادهی خاصی تا آستانه استغراق سرریز ندارد.

تخلیه سرریز ۱/۵۵۴ و طول کنگره‌های کناری ۱۹/۸ و در جایگاه بعدی سرریز مدل F4 با ضریب تخلیه سرریز ۱/۵۲۳ و طول کنگره‌های کناری ۱۷/۷۵ و در جایگاه سوم به سرریز مدل F5 و ضریب تخلیه سرریز ۱/۵۲۱ و طول کنگره‌های کناری ۲۲/۸ تعلق می‌گیرد.

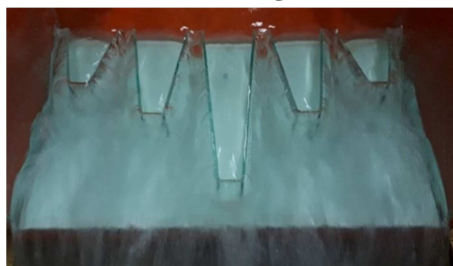
بررسی داده‌ها و نتایج حاصل از آزمایش‌ها بیانگر آن است که در سرریزهای نوع F، مدل‌هایی که نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آنها از ۱۵ تا ۲۷/۵ درصد است، ضریب تخلیه آنها در مقایسه با سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی حداقل ۳۲/۴ درصد برای مدل F2 و حداکثر ۳۵/۳ درصد برای مدل F3 افزایش یافته و در حالت بیشتر از ۲۷/۵ درصد برای نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آب که سرریز مدل F1 با ۳۰/۲۵ درصد نرخ کاهش می‌باشد، ضریب تخلیه سرریز آن در حدود ۶ درصد نسبت به سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های



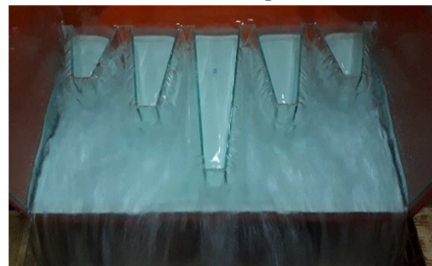
(ب) دبی ۷/۰۶ لیتر بر ثانیه



(الف) دبی ۲/۶۵ لیتر بر ثانیه



(ت) دبی ۳۳/۹۷ لیتر بر ثانیه



(پ) دبی ۱۷/۴۹ لیتر بر ثانیه



(ج) دبی ۵۵/۵ لیتر بر ثانیه



(ث) دبی ۴۷/۹۱ لیتر بر ثانیه

شکل ۸- جریان در سرریز کنگره‌ای نوع F3 برای دبی‌های مختلف

کنگره جانمایی شده در وسط سرریز کمتر است، با ۷۵/۷ درصد طول برخورد تیغه‌های آب بهتر از مدل با طول کنگره‌های مساوی B با ۱۰۰ درصد طول برخورد تیغه‌های آب می‌باشد.

(پ) مطابق جدول ۱ و شکل ۷-ب، در سرریزهای مدل F، آن دسته از مدل‌هایی که نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آنها بین ۱۵ الی ۲۷/۵ درصد است، ضریب تخلیه آنها در مقایسه با سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی حداقل ۳۲/۴ درصد برای مدل F2 و حداکثر ۳۵/۳ درصد برای مدل F3 افزایش داشته است. در حالت بیشتر از ۲۷/۵ درصد نرخ کاهش طول برخورد تیغه‌های آب که سرریز مدل F1 با ۳۰/۲۵ درصد نرخ کاهش می‌باشد، ضریب تخلیه سرریز آن در حدود ۶ درصد نسبت به سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی کاهش می‌یابد که علت آن کوچک کردن و نامنظمی اندازه کنگره‌ها است.

(ت) با توجه به مقادیر آزمایشگاهی ارائه شده در شکل ۷-ب، در سرریزهای کنگره‌ای مدل F به استثنای مدل F1، بیشترین میزان ضریب تخلیه سرریز، زمانی است که نسبت  $H_t/P$  کمترین مقدار خود را داشته باشد. در این شرایط با افزایش حجم آب عبوری از فلوم تا زمانی که نسبت  $H_t/P$  کمتر از ۰/۳ است، روند تغییرات C نسبت به  $H_t/P$  کاهشی بوده و از این مرحله به بعد با افزایش نسبت  $H_t/P$  به بیش از ۰/۳، در تمامی نمونه‌های ساخته شده مدل‌های F، به علت تداخل تیغه‌های آب و همچنین به دلیل استغراق کنگره‌های سرریز، تغییرات ضریب تخلیه سرریز در مقابل افزایش نسبت  $H_t/P$  بسیار ناچیز بوده و عملاً ضریب تخلیه سرریز در دبی‌های بالا تقریباً ثابت و بدون تغییر است. در سرریزهای

در شرایط استغراق و تداخل تیغه‌های ریزشی، سرریزهای کنگره‌ای عملکردی تقریباً مشابه با عملکرد سرریزهای خطی داشته و کارایی مناسبی ندارند. در سرریز کنگره‌ای با طول کنگره‌های نامساوی مدل F1 و همچنین سرریز کنگره‌ای مدل B با طول کنگره‌های مساوی در حداقل مقدار نسبت  $H_t/P$ ، ضریب تخلیه سرریز یا همان C کمترین میزان ممکن را داشته و با افزایش حجم آب عبوری از فلوم تا زمانی که نسبت  $H_t/P$  کمتر از ۰/۳ است، روند تغییرات ضریب تخلیه سرریز یا همان C در مقابل نسبت  $H_t/P$  روندی افزایشی بوده و از این مرحله به بعد با افزایش نسبت  $H_t/P$  به بیش از ۰/۳، با توجه به افزایش دبی و توزیع تقریباً یکسان جریان عبوری از فلوم بر روی تمامی کنگره‌ها که تداخل تیغه‌های جریان و استغراق کنگره‌ها را به همراه خواهد داشت، ضریب تخلیه سرریز تقریباً ثابت مانده و عملکرد سرریز کنگره‌ای از نوع مدل F1 و همچنین مدل B عملکردی مشابه سرریزهای خطی خواهند داشت.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، سرریزهای کنگره‌ای با طول کنگره‌های مساوی و نامساوی در حالت‌های مختلف و به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است.

(الف) مطابق شکل ۷-ب و در حالت کلی، برای طول مؤثر برابر، تغییر طول کنگره‌های سرریز از حالت مساوی به حالت نامساوی، ضریب تخلیه سرریزهای مذکور نسبت به حالت کنگره‌های مساوی بهبود یافته است. به طوری که در مدل F3 نسبت به حالت کنگره‌های مساوی، ضریب تخلیه ۳۵/۳ درصد بهبود یافته است.

(ب) در شرایط آزمایشگاهی تحقیق حاضر و مطابق شکل ۷-ب، عملکرد و ضریب تخلیه سرریزهای کنگره‌ای دوزنقه‌ای با طول کنگره‌های نامساوی از نوع F که طول کنگره‌های کناری و میانی آنها از

کنگره‌ای مدل B و F1 نیز تا زمانی که نسبت  $H_t/P$  کمتر از  $0/3$  است، روند تغییرات C نسبت به  $H_t/P$  افزایشی است.

### فهرست علائم

QN(l/s)	دبی عبوری از سرریز خطی	w (cm)	عرض سرریز
QL(l/s)	دبی عبوری از سرریز کنگره‌ای	P (cm)	ارتفاع سرریز
Qs (l/s)	دبی خروجی از سرریز	Ht ,h (cm)	ارتفاع تیغه آب روی سرریز
$\alpha$	زاویه بین دیواره سرریز	B (cm)	عرض کانال اصلی
Fr1	عدد فرود	W (cm)	طول دهانه سرریز
C,Cd	ضریب تخلیه	L,Le (cm)	طول مؤثر سرریز
n ,N	تعداد کنگره‌ها	Cmb (cm)	ضریب عرض سرریز مثلثی دیمارچی
E	ضریب تأثیر سرریز چندوجهی	y (cm)	عمق جریان
g	شتاب ثقل	tw (cm)	ضخامت دیواره سرریز

### References

- [1] Gentilini, B. (1949). Stramazzi con cresta a pianta obliqua e a zig-zag. *Memorie e Studi dell istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche del Regil Politecnico di Milano*, 48, in Italian.
- [2] Schlag, A., (1962). Note sur la mesure des debits pour deversoir triangulaire. *La Tribune de Cebedeau* (Liege, Belgium), 15(218), 22.
- [3] Hay, S., Taylor, G. (1970). *Performance of Labyrinth Weirs*. ASCE J. of Hydraulic Engg. 96(11):2337-57.
- [4] Houston, K. L. (1982). Hydraulic Model Study of the Ute Dam Labyrinth Spillway. *Rep.NoGR-82-7*, Bureau of Reclamation, Denver Colo.
- [5] Lux, F. (1984). Discharge characteristics of labyrinth weirs, *Proceedings of Conference on Water for Resource Development*, 133(3), 248-254.
- [6] Amanian, N. (1987). Performance of and design of labyrinth spillways. *M.S. thesis*, Utah State Univercity, Logan, Utah.
- [7] Singh, R., Manivannan, D., & Satyanarayana, T. (1994). Discharge coefficient of rectangular side weirs. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 120(4), 814-819. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9437(1994)120:4(814)
- [8] Khode, B. V., Tembhurkar, A. R., Porey, P. D., & Ingle, R. N. (2011). Determination of crest coefficient for flow over trapezoidal labyrinth weir. *World Applied Sciences Journal*, 12(3), 324-329.
- [9] Parvaneh, A., Borghei, S. M., & Jalili Ghazizadeh, M. R. (2012). Hydraulic performance of asymmetric labyrinth side weirs located on a straight channel. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 138(8), 766-772. doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000455
- [10] Mirnaseri, M., Emadi, A. R., (2013). Hydraulic Performance of Combined Flow Rectangular Labyrinth Weir-Gate. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 18(9), 1335-134. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.18.9.12374
- [11] Borghei, S. M., Nekooie, M. A., Sadeghian, H., & Ghazizadeh, M. R. J. (2013). Triangular labyrinth side weirs with one and two cycles. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management*, 166(1), 27-42. doi: 10.1680/wama.11.00032
- [12] Sangsefidi, Y., Mehraein, M., & Ghodsian, M. (2018). Experimental study on flow over in-reservoir arced labyrinth weirs. *Flow Measurement and Instrumentation*, 59, 215-224. doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2017.12.002
- [13] Monjezi, R., Heidarnesjad, M., Masjedi, A., Purmohammadi, M. H., & Kamanbedast, A. (2018). Laboratory investigation of the Discharge Coefficient of flow in arced labyrinth weirs with triangular plans. *Flow Measurement and Instrumentation*, 64, 64-70. doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2018.10.011
- [14] Tullis, J. P., Amanian, N., & Waldron, D. (1995). Design of labyrinth spillways. *Journal of hydraulic engineering*, 121(3), 247-255. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1995)121:3(247)