



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی آزمایشگاهی جریان عبوری از سرریز - دریچه استوانه‌ای مستغرق واقع در کانال‌های کوچک

محسن مسعودیان<sup>۱</sup>، \* محمد قره‌گزلو<sup>۲</sup>، ربابه فندرسکی<sup>۳</sup> و فاطمه نادری<sup>۳</sup>

استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری،

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۳

### چکیده

ترکیب سرریز و دریچه به‌عنوان یک سازه اندازه‌گیری هیدرولیکی، دارای برتری‌هایی نسبت به استفاده جداگانه از هر یک از آن‌ها، از جمله عبور هم‌زمان مواد شناور (چوب، یخ و...) و مواد سنگین رسوبی می‌باشد. جریان عبوری از سازه ترکیبی زمانی مستغرق نامیده می‌شود که تراز آب پایین‌دست سازه، روی ضریب دبی تأثیر بگذارد. در این پژوهش به بررسی آزمایشگاهی تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی جریان عبوری از سرریز-دریچه استوانه‌ای مستغرق در کانالی مستطیلی و افقی پرداخته شده و نتایج با مدل سرریز-دریچه لبه‌تیز در شرایط مشابه مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد که نسبت عمق آب بالادست به بازشدگی دریچه، نسبت عمق آب بالادست به ارتفاع سازه و نسبت عمق پایاب به عمق بالادست روی ضریب دبی مؤثرند. همچنین می‌توان بیان نمود سرریز-دریچه دارای دو حد استغراق بوده که در محدوده آزمایش‌ها، آستانه استغراق دریچه در محدوده  $H_{TW}/H=0/55-0/65$  و برای سرریز در محدوده  $H_{TW}/H=0/8-0/85$  رخ می‌دهد و در هر دو مدل ترکیبی لبه‌تیز و استوانه‌ای با افزایش میزان استغراق، روند کاهش ضریب دبی نسبی (مستغرق به آزاد) یکسان بوده و در یک مقدار استغراق ثابت، ضریب دبی نسبی هر دو مدل برابر است.

واژه‌های کلیدی: سرریز-دریچه، لبه‌تیز، استوانه‌ای، درصد استغراق

\* مسئول مکاتبه: [gharagezlu\\_mohamad@yahoo.com](mailto:gharagezlu_mohamad@yahoo.com)

## مقدمه

سرریز و دریاچه، سازه‌های کنترل و اندازه‌گیری جریان هستند که به دلیل رابطه‌های ساده و به نسبت دقیق از دیرباز مورد توجه متخصصین هیدرولیک بوده و در شبکه‌های آبیاری استفاده شده‌اند. سرریز سبب برگشت آب و در نتیجه افزایش سطح مقطع جریان و کاهش سرعت و ایجاد شرایط مناسب برای ته‌نشینی رسوبات می‌گردد. این امر سبب بروز مشکلاتی از جمله تغییر شکل کانال، پس‌زدگی آب و سرریز شدن آن از اطراف کانال، تهدید پایداری سازه و کاهش دقت اندازه‌گیری جریان می‌شود. با ترکیب سرریز و دریاچه می‌توان برخی از نواقص استفاده جداگانه هر یک از سازه‌ها را کاهش داد و از برتری‌های آن‌ها استفاده نمود. در بسیاری موارد به دلایلی از جمله کم بودن ارتفاع سازه، به وجود آمدن مانعی در مسیر جریان در پایین‌دست و احتمال بالا آمدن سطح آب در پایین‌دست این سازه در شرایطی مانند سیلاب‌های شدید وجود دارد که اگر افزایش سطح آب در پایین‌دست از حد استغراق تجاوز نماید، سبب کاهش جریان عبوری از روی سازه نسبت به حالت آزاد می‌گردد (بینا و بیگی‌پور، ۲۰۰۵).

در مورد بررسی‌های انجام شده در زمینه اثرات استغراق می‌توان به پژوهش‌های سوامی (۱۹۹۲) در مورد بررسی ضریب آبگذری دریاچه‌های کشویی مستغرق اشاره نمود. نتایج پژوهش‌های ایشان نشان داد که در حالت استغراق دریاچه، علاوه بر دو پارامتر بازشدگی دریاچه و عمق بالادست جریان، عمق پایاب نیز بر ضریب دبی مؤثر می‌باشد. ین و همکاران (۲۰۰۱) ضریب دبی دریاچه‌های کشویی را در دو حالت آزاد و مستغرق بررسی نموده و نتیجه گرفتند که ضریب دبی نسبی  $C_{ds}/C_d$  (ضریب دبی در حالت جریان مستغرق به ضریب دبی در حالت آزاد) برای درصدهای مختلف استغراق، تابعی از  $H/(C_e \cdot a)$ : عمق جریان بالادست دریاچه،  $C_e$ : ضریب انقباض جریان عبوری از زیر دریاچه و  $a$ : بازشدگی دریاچه) و  $H_{TW}/H$  (عمق پایاب) می‌باشد. فتحی‌مقدم (۲۰۰۶) تأثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی بر ضریب دبی دریاچه‌های قطاعی مستغرق را بررسی نموده و براساس آنالیز ابعادی و آنالیز رگرسیون غیرخطی به این نتیجه رسید که سه پارامتر  $H/H_{TW}$ ،  $H/a$  و عدد فرود جریان در مقطع پایین‌دست دریاچه بیش‌ترین تأثیر را بر ضریب دبی دارند. شهابی و همکاران (۲۰۱۰) ضریب دبی دریاچه‌های شعاعی را در دو حالت آزاد و مستغرق بررسی نموده و نتیجه گرفتند که ضریب آبگذری دریاچه در حالت آزاد از حالت مستغرق بیش‌تر است. همچنین در حالت مستغرق بودن جریان عبوری از زیر دریاچه، دبی جریان تابعی از نسبت عمق بالادست دریاچه به عمق پایین‌دست آن است.

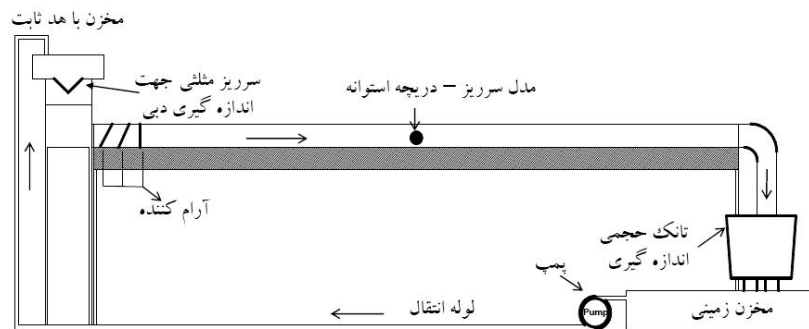
چانسون و مونتس (۱۹۹۸) با بررسی رفتار جریان در سرریزهای استوانه‌ای نتیجه گرفتند که تحذب دیواره سرریز باعث ایجاد فشار مکش در سطح آن شده و تیغه‌ای ریزشی ایجاد می‌کند که باعث چسبیدگی سطح آب به بدنه سرریز می‌شود، در نتیجه خطوط جریان با انحنای بیش‌تر و جریان با سرعت بالاتری شکل گرفته و ضریب دبی نسبت به سرریزهای لبه‌تیز و لبه‌پهن مستطیلی افزایش می‌یابد. وو و راجاراتنام (۱۹۹۶) جریان مستغرق در سرریزهای مستطیلی لبه‌تیز را مطالعه نموده و نشان دادند که ضریب دبی جریان در حالت‌های مختلف استغراق، تابعی از  $H_{TW}/H_W$  (بار آبی روی سرریز) و  $H_W/P$  (ارتفاع سرریز) بوده و با افزایش دو پارامتر بالا، ضریب دبی کاهش می‌یابد. رفیعی (۲۰۰۳) با بررسی حد استغراق در سرریزهای استوانه‌ای نتیجه گرفت که حد استغراق در آن‌ها با افزایش دبی، کاهش و با افزایش قطر سرریز، افزایش می‌یابد. بینا و بیگی‌پور (۲۰۰۵) تأثیر پارامترهایی مانند شعاع تاج سرریز و درصد استغراق بر ضریب دبی جریان مستغرق در سرریزهای تاج‌دایره‌ای را مطالعه و مشاهده نمودند که نسبت  $C_{ds}/C_d$  در این سرریزها تنها به درصد استغراق سرریز  $H_{TW}/H$  بستگی داشته و با افزایش درصد استغراق،  $C_{ds}/C_d$  کاهش می‌یابد. نجم و همکاران (۱۹۹۷) تأثیر میزان استغراق پایین‌دست بر دبی جریان در مدل ترکیبی سرریز مثالی در بالای دریچه مستطیلی و برعکس را بررسی نموده و نتیجه گرفتند، نسبت استغراق دریچه هم روی عمق بالادست و هم روی دبی تأثیر می‌گذارد. همچنین آزمایش‌های نجم (۱۹۹۸) در رابطه با تأثیر مشخصات هیدرولیکی و هندسی جریان ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی لبه‌تیز با فشردگی نابرابر در حالت مستغرق بر دبی جریان نشان داد که در یک دبی ثابت، با افزایش نسبت استغراق  $H_{TW}/a$ ، عمق بالادست افزایش و دبی عبوری کاهش می‌یابد. الحمید (۱۹۹۹) جریان ترکیبی روی سرریز  $V$  شکل و زیر دریچه مستطیلی فشرده را در هر دو حالت دریچه آزاد و مستغرق مطالعه نمود و براساس آنالیز ابعادی، معادله دبی هر دو حالت را استخراج کرد. فرشاد و همکاران (۲۰۰۸) به تخمین رابطه دبی-اشل در سرریز-دریچه مستطیلی لبه‌تیز در دو حالت جریان (سرریز و دریچه آزاد، سرریز آزاد و دریچه مستغرق)، با استفاده از مدل ریاضی پرداخته و نتیجه گرفتند که در حالت نیمه‌مستغرق (سرریز آزاد و دریچه مستغرق)، عمق پایاب روی عمق بالادست سازه و در نتیجه بر ضریب دبی تأثیر دارد. قره‌گزلو و همکاران (۲۰۱۲) به مقایسه آزمایشگاهی هیدرولیک سرریز-دریچه استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای در حالت جریان آزاد پرداخته و نشان دادند که در هر دو مدل، نسبت  $H/a$  و  $H/P$  روی ضریب

دبی مؤثرند. سامانی و مظاهری (۲۰۰۹) جریان ترکیبی روی سرریز- دریاچه مستطیلی لبه‌تیز را در دو حالت سرریز آزاد و دریاچه مستغرق و نیز سرریز و دریاچه مستغرق مدل‌سازی نموده و نتیجه گرفتند که در هر دو حالت، پایاب بر عمق بالادست و در نتیجه بر دبی جریان تأثیر می‌گذارد. خوش‌روش و همکاران (۲۰۱۱) الگوی جریان مستغرق در مدل ترکیبی سرریز- دریاچه مستطیلی را با استفاده از مدل ریاضی فلونت<sup>۱</sup> بررسی نمودند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان‌دهنده انطباق بسیار مطلوب مدل عددی بالا با نتایج آزمایشگاهی است. فرو (۲۰۰۰) با استفاده از آنالیز ابعادی براساس تئوری پی باکینگهام و مدل ISS یک رابطه دبی- اشل برای جریان هم‌زمان از رو و زیر دریاچه قائم لبه‌پهن را به‌دست آورد. وی در معادله استخراج شده نشان داد که پارامتر بدون بعد  $K/a$  ( $K$ : عمق بحرانی متناظر با مقدار مشخصی از دبی) با پارامتر بدون بعد  $H_w/a$  رابطه مستقیم دارد.

مرور کارهای قبلی نشان می‌دهد که پارامترهای مؤثر بر ضریب دبی سرریز، دریاچه و مدل ترکیبی سرریز- دریاچه در حالت مستغرق و آزاد متفاوت بوده و با توجه به برتری‌های مدل ترکیبی استوانه‌ای مانند آسانی عبور اجسام شناور، طراحی آسان و ضریب دبی بالا، چون پژوهشی روی جریان عبوری از آن در شرایط مستغرق انجام نشده است، در این پژوهش به بررسی آزمایشگاهی تأثیر پارامترهای هیدرولیکی و هندسی بر ضریب دبی سرریز- دریاچه استوانه‌ای در حالت مستغرق در کانال‌های کوچک (نسبت ارتفاع سازه به عرض کانال  $(P/B)$  بین  $1/5$ - $0/5$ ) پرداخته و نتایج با مشابه لبه‌تیز آن مقایسه شده است.

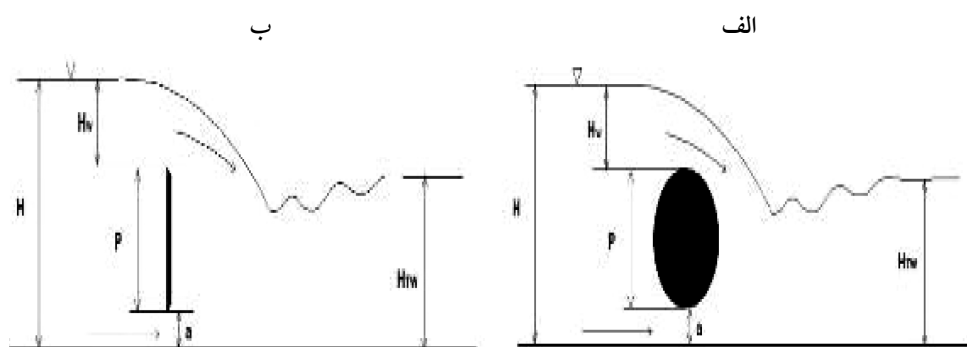
### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در کانالی مستطیلی و افقی به‌ترتیب با طول، عرض و ارتفاع  $6000$ ،  $75$  و  $175$  میلی‌متر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. جریان آب در یک سیکل بسته که شامل اجزای نشان داده شده در شکل ۱ می‌باشد جاری گردیده که در مسیر آن سرریز مثلی ۹۰ درجه‌ای که قبلاً کالیبره شده بود، برای اندازه‌گیری دبی (با دقت  $0/003$  لیتر بر ثانیه) نصب شده است.



شکل ۱- شکل و اجزای فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده.

در این پژوهش از لوله‌های پی.وی.سی با قطرهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ میلی‌متر برای ساخت سرریز-دریچه استوانه‌ای و از صفحات پلکسی گلاس مستطیلی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ارتفاع ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ میلی‌متر برای ساخت سرریز-دریچه لبه‌تیز استفاده شد. برای تنظیم بازشدگی دریچه ابتدا یک مکعب فلزی با ارتفاع ۱۰ میلی‌متر در کف فلوم قرار داده شد و بعد از قرار دادن و تنظیم سازه روی آن و آب‌بندی به‌وسیله چسب آکواریوم، مکعب برداشته و سیستم به کار انداخته شد. آزمایش‌ها در محدوده نسبت ارتفاع سازه به عرض کانال (P/B) بین ۱/۵-۰/۵، بازشدگی ۱۰ میلی‌متر و دبی در محدوده ۱/۸۶-۰/۴ لیتر بر ثانیه انجام شده است. برای کاهش تلاطم جریان ورودی به کانال، سه صفحه آرام‌کننده با زوایای مختلف در ابتدای فلوم قرار داده شد. همچنین چون اندازه‌گیری‌ها در شرایط جریان مستغرق صورت گرفت که مشاهده پرش هیدرولیکی و اندازه‌گیری عمق پایاب از اهمیت خاصی برخوردار است، و از طرفی با توجه به محدودیت طول کانال، سازه موردنظر در قسمت میانی فلوم نصب شده و برای جلوگیری از تأثیر نوسانات جریان ورودی زمان بیشتری برای ثابت شدن سطح آب و اندازه‌گیری عمق در نظر گرفته شد. در هر استقرار مدل، اندازه‌گیری‌ها حداقل در ۵ دبی و در هر دبی با درصدی مختلف استغراق (از حالت کاملاً آزاد تا استغراق کامل سرریز و دریچه) صورت گرفت. حالت‌های مختلف استغراق در هر مدل با تنظیم یک دریچه کشویی در انتهای پایین‌دست کانال حاصل شد. در هر مرحله بار آبی روی سرریز مثلثی برای اندازه‌گیری دبی ورودی، عمق آب بالادست سازه، هد روی سازه و عمق پایاب با استفاده از یک عمق‌سنج نقطه‌ای با دقت ۰/۱ میلی‌متر ثبت شد. لازم به ذکر است که در این آزمایش‌ها جریان در بالادست مدل به‌صورت زیربحرانی بوده است. شکل ۲ (الف و ب) مقطع طولی کانال و سرریز-دریچه استوانه‌ای و لبه‌تیز را در حالت جریان مستغرق را نشان می‌دهد.



شکل ۲- الف) مقطع طولی کانال و سازه استوانه‌ای در حالت مستغرق و (ب) مقطع طولی کانال و سازه لبه‌تیز در حالت مستغرق.

برآورد ضریب دبی جریان هم‌زمان در سیستم سرریز- دریچه: رابطه ۱ فرم عمومی برآورد دبی عبوری از دریچه را نشان می‌دهد (ابریشمی و حسینی، ۲۰۰۳):

$$Q_g = C_{dg} ab \sqrt{2gH} \quad (1)$$

همچنین معادله دبی سرریز لبه‌تیز به صورت زیر می‌باشد (ابریشمی و حسینی، ۲۰۰۳):

$$Q_{wr} = C_{dr} b \frac{2}{3} \sqrt{2g} H_w^{3/2} \quad (2)$$

از طرفی بوس (۱۹۷۶) در مطالعه‌ای که در مورد سرریزهای استوانه‌ای انجام داد به این نتیجه رسید که فرمول دبی در سرریزهای استوانه‌ای مطابق رابطه زیر می‌باشد:

$$Q_{wc} = C_{dc} B \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g H_w^{3/2} \quad (3)$$

در رابطه‌های ۱ تا ۳،  $Q_g$ : دبی عبوری از زیر دریچه،  $C_{dg}$ : ضریب آبگذری دریچه،  $g$ : شتاب ثقل،  $Q_{wr}$ : دبی عبوری از سرریز لبه‌تیز مستطیلی،  $Q_{wc}$ : دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای،  $C_{dr}$ : ضریب دبی سرریز لبه‌تیز و  $C_{dc}$ : ضریب دبی سرریز استوانه‌ای است.

با ترکیب رابطه‌های بالا، ضریب دبی سازه ترکیبی لبه‌تیز از رابطه ۴ و سازه ترکیبی استوانه‌ای از رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$C_d = \frac{Q_T}{ab\sqrt{2gH} + \frac{2}{3}b\sqrt{2gH_w}^{1/5}} \quad (4)$$

$$C_d = \frac{Q_T}{ab\sqrt{2gH} + \frac{2}{3}b\sqrt{\frac{2}{3}gH_w}^{1/5}} \quad (5)$$

که در آن،  $Q_T$ : دبی عبوری و  $C_d$ : ضریب دبی سازه ترکیبی می‌باشد. در حالت مستغرق ضرایب دبی با اندیس ds نشان داده می‌شوند.

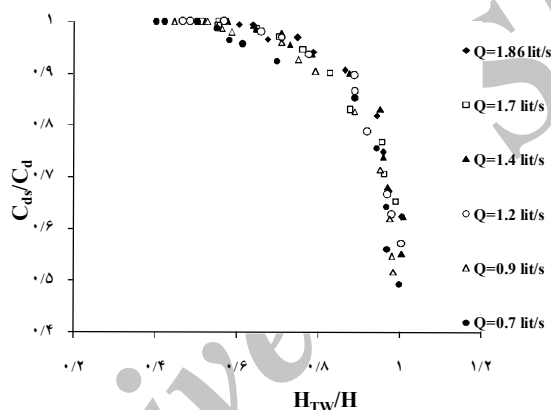
لازم به ذکر است نحوه تشخیص جریان آزاد به این صورت بود که تا زمانی که افزایش عمق پایاب سبب تغییر در عمق بالادست سازه و در نتیجه میزان ضریب دبی نگردد، به عنوان جریان آزاد تلقی شد.

### نتایج و بحث

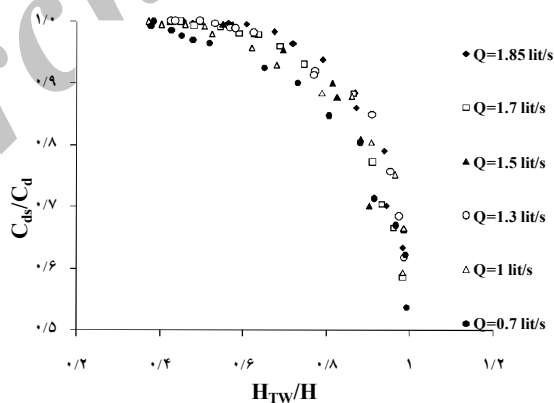
بر اساس خصوصیات هندسی، سینماتیکی و دینامیکی جریان در سرریز- دریچه استوانه‌ای عوامل مؤثر بر ضریب دبی عبوری از آن در شرایط مستغرق شامل  $P$ ،  $a$ ،  $H_w$ ،  $H$  و  $H_{TW}$  می‌باشد که مقادیر پارامترهای  $H$ ،  $H_w$  و  $H_{TW}$  برای هر مدل در دبی‌های مختلف و شرایط مختلف استغراق اندازه‌گیری شد و پس از پالایش و صحت‌سنجی داده‌ها، ضریب دبی مدل ترکیبی استوانه‌ای از رابطه ۵ و ضریب دبی مدل لبه‌تیز از رابطه ۴ محاسبه گردید. سپس پارامترهای  $H/P$ ،  $H/a$  و  $H_{TW}/H$  در برابر ضریب دبی سازه ترکیبی استوانه‌ای در شرایط مستغرق و  $C_{ds}/C_d$  (ضریب دبی نسبی مستغرق به آزاد) برای هر قطر رسم و نتایج با مشابه لبه‌تیز آن مقایسه شد.

اثر عمق پایاب بر ضریب دبی تحت عنوان میزان استغراق سازه بیان می‌شود. در شکل‌های ۳ و ۴ تأثیر تغییرات میزان استغراق بر ضریب دبی نسبی سازه استوانه‌ای در دو قطر مختلف نشان داده شده است. مطابق شکل با افزایش میزان استغراق  $H_{TW}/H$ ، در هر دو قطر سازه (ارتفاع) ضریب دبی نسبی با دو روند (شیب) متفاوت کاهش یافته و این نشان می‌دهد، در این سازه دو حد استغراق وجود دارد. یکی مربوط به زمانی که عمق پایاب تنها سبب استغراق دریچه شده و دیگری مربوط به حالتی است که عمق پایاب علاوه بر مستغرق نمودن دریچه، سبب استغراق سرریز نیز می‌شود و به عبارتی عمق پایاب روی ضریب دبی عبوری از سرریز نیز اثر بگذارد. نکته دارای اهمیت در دو نمودار،

تفاوت شیب دو محدوده استغراق می‌باشد. از محدوده استغراق دریاچه تا شروع استغراق سرریز، نرخ کاهش ضریب دبی نسبی کم بوده ولی با شروع استغراق سرریز نرخ کاهش ضریب دبی نسبی به شدت افزایش می‌یابد. می‌توان گفت علاوه بر این که تأثیر هم‌زمان استغراق سرریز و دریاچه سبب افزایش شدت کاهش ضریب دبی می‌گردد، احتمالاً وابستگی ضریب دبی مدل ترکیبی به ضریب دبی سرریز بیش‌تر از دریاچه بوده و در نتیجه استغراق سرریز سبب تندتر شدن شیب نمودار شده است. همچنین با توجه به نتایج می‌توان گفت که در محدوده آزمایش‌ها آستانه استغراق برای دریاچه در محدوده ۰/۵۵-۰/۶۵ و برای سرریز در محدوده ۰/۸-۰/۸۵ رخ می‌دهد.



شکل ۳- نمودار تغییرات  $C_{ds}/C_d$  با  $H_{TW}/H$  برای سرریز- دریاچه با قطر ۵۰ میلی‌متر.



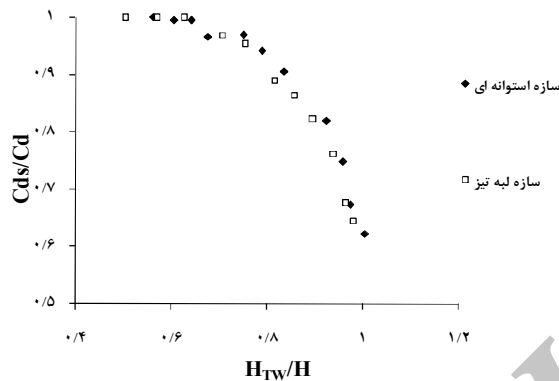
شکل ۴- نمودار تغییرات  $C_{ds}/C_d$  با  $H_{TW}/H$  برای سرریز- دریاچه با قطر ۶۰ میلی‌متر.



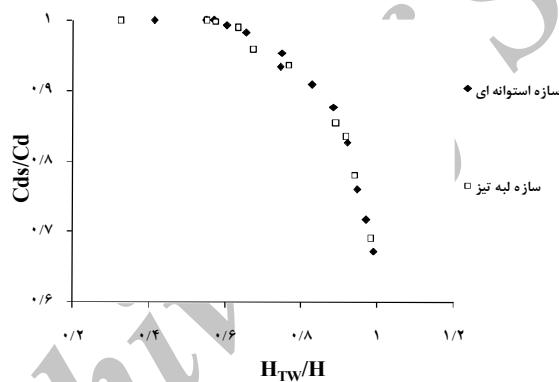
شکل های ۵ و ۶ مقایسه تغییرات ضریب دبی نسبی با پارامتر  $H_{TW}/H$  در حالت مستغرق را برای دو مدل ترکیبی استوانه‌ای و لبه‌تیز، در دو ارتفاع و در دبی حداکثر (حدود ۱/۸۵ لیتر بر ثانیه) نشان می‌دهد. آنچه که از شکل‌ها استنتاج می‌شود این است در هر دو مدل روند تغییرات ضریب دبی نسبی با پارامتر  $H_{TW}/H$  یکسان بوده و در یک  $H_{TW}/H$  ثابت، ضریب دبی نسبی برای هر دو نوع سازه مقادیر یکسانی دارد. این بیانگر این موضوع است که بر خلاف متفاوت بودن ضریب دبی مدل ترکیبی استوانه‌ای و لبه‌تیز، افزایش عمق پایاب سبب شده میزان ضریب دبی طوری تغییر پیدا نماید که ضریب دبی نسبی مدل ترکیبی استوانه‌ای و لبه‌تیز با هم برابر شود یا به عبارت دیگر افزایش عمق پایاب تأثیر مشابهی بر روی ضریب دبی بدون توجه به نوع شکل سرریز- دریاچه دارد. بررسی شکل‌های ۳ تا ۶ بیانگر این است که اثر استغراق می‌تواند ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز- دریاچه را بسته به میزان استغراق، تا حدود ۴۰ درصد ضریب دبی حالت آزاد، کاهش دهد.

شکل‌های ۷ و ۸ ضریب دبی در برابر پارامتر بی‌بعد  $H/a$  را برای سازه استوانه‌ای در دو قطر ۵۰ و ۶۰ میلی‌متر نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود با افزایش  $H/a$  در هر قطر، ضریب دبی کاهش می‌یابد. این امر را چنین می‌توان توضیح داد که با توجه به ثابت بودن بازشدگی دریاچه، در یک دبی ثابت، زمانی مقدار  $H/a$  افزایش می‌یابد که عمق آب در پایین‌دست سازه افزایش یافته و باعث استغراق بیش‌تر سازه شود که استغراق بیش‌تر خود عامل کاهش ضریب دبی است.

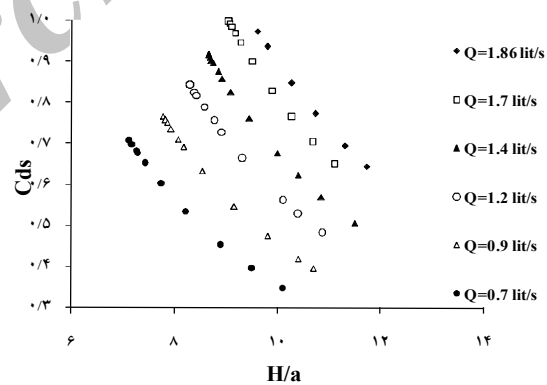
همچنین در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش دبی، ضریب دبی روند افزایشی دارد، زیرا با افزایش دبی در ابتدا پرش هیدرولیکی در فاصله دورتری نسبت به سازه اتفاق می‌افتد که باعث کم‌تر مستغرق شدن آن و افزایش ضریب دبی و دبی عبوری می‌شود، سپس همان‌طور که چانسون (۱۹۹۸) بیان کرد با افزایش دبی، فشار مکش در سرریزهای استوانه‌ای بیش‌تر شده که سبب کاهش عمق آب روی تاج سرریز گشته در نتیجه منجر به افزایش ضریب دبی سرریز و در نتیجه مدل ترکیبی سرریز- دریاچه می‌شود.



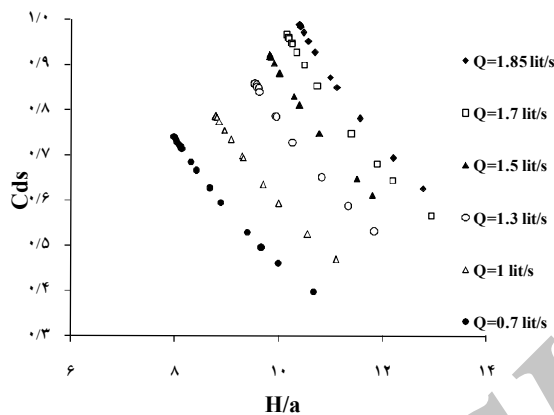
شکل ۵- نمودار تغییرات  $Cd_s/Cd$  با  $H_{TW}/H$  برای سرریز- دریاچه با قطر یا ارتفاع ۵۰ میلی‌متر.



شکل ۶- نمودار تغییرات  $Cd_s/Cd$  با  $H_{TW}/H$  برای سرریز- دریاچه با قطر یا ارتفاع ۷۰ میلی‌متر.

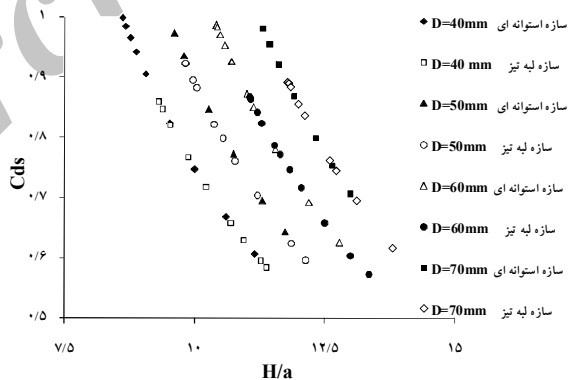


شکل ۷- نمودار تغییرات ضریب دبی با  $H/a$  برای سرریز- دریاچه با قطر ۵۰ میلی‌متر.



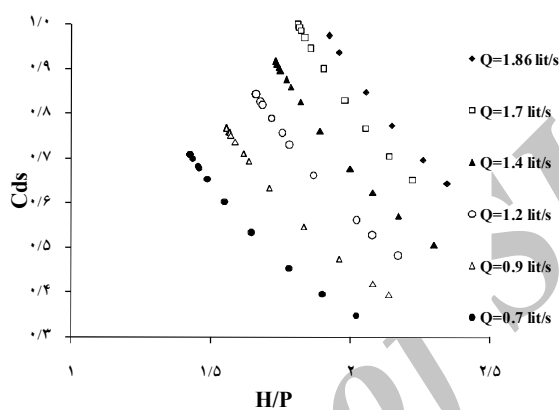
شکل ۸- نمودار تغییرات ضریب دبی با  $H/a$  برای سرریز- دریچه با قطر ۶۰ میلی‌متر.

همچنین شکل ۹ که تغییرات ضریب دبی با پارامتر  $H/a$  را در دبی حداکثر و برای دو مدل استوانه‌ای و لبه‌تیز نشان می‌دهد، بیانگر آن است که در هر ۴ ارتفاع، در یک  $H/a$  ثابت، ضریب دبی دو سازه با هم برابر می‌باشد ولی محدوده تغییرات ضریب دبی آن‌ها متفاوت بوده و برای حالت استوانه‌ای (محدوده ضریب دبی در دبی حداکثر ۰/۰۵-۰/۰۶) بیش‌تر از لبه‌تیز (محدوده ضریب دبی در دبی حداکثر ۰/۰۹۲-۰/۰۵۷) می‌باشد. از طرفی شکل نشان می‌دهد در یک  $H/a$  ثابت، با افزایش قطر میزان ضریب دبی برای هر دو سازه افزایش می‌یابد زیرا در یک دبی ثابت، عمق آب بالادست ثابت بوده، بنابراین افزایش قطر سبب می‌شود سرریز دیرتر مستغرق شده و این باعث افزایش ضریب دبی می‌گردد.

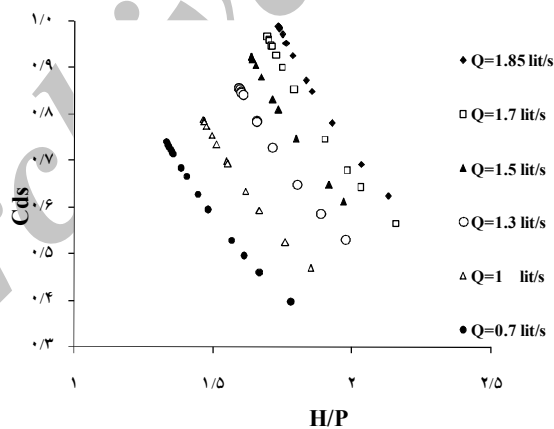


شکل ۹- مقایسه ضریب دبی در برابر  $H/a$  برای دو سازه استوانه‌ای و لبه‌تیز در هر ۴ قطر و ارتفاع.

تغییرات ضریب دبی در برابر  $H/P$  در سازه استوانه‌ای برای دو قطر متفاوت در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ترسیم گردیده است. براساس شکل‌های نام‌برده با افزایش ضریب دبی برای هر قطر،  $H/P$  روند کاهشی دارد و در یک  $H/P$  ثابت، با افزایش دبی، ضریب دبی نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰- نمودار تغییرات ضریب دبی با  $H/P$  برای سرریز- دریچه با قطر ۵۰ میلی‌متر.



شکل ۱۱- نمودار تغییرات ضریب دبی با  $H/P$  برای سرریز- دریچه با قطر ۶۰ میلی‌متر.

## نتیجه گیری

علاوه بر طراحی آسان، ضریب دبی بالا، افت ورودی کم و آسانی عبور مواد شناور و معلق از سرریز- دریچه استوانه‌ای نسبت به مشابه لبه تیز و لبه پهن، این مطالعات نشان می‌دهد با افزایش درصد استغراق ( $H_{TW}/H$ )، ضریب دبی نسبی هر دو مدل سرریز- دریچه استوانه‌ای و لبه تیز با دو روند کاهش می‌یابد. با استغراق دریچه میزان کاهش ضریب دبی نسبی، کم بوده ولی با استغراق سرریز با شدت کاهش، افزایش می‌یابد و آستانه استغراق برای دریچه در محدوده  $0/65-0/5$  و برای سرریز در محدوده  $0/85-0/8$  رخ می‌دهد. همچنین ضریب دبی دو مدل بالا در حالت مستغرق به پارامترهای  $H/a$  و  $H/p$  وابسته بوده و با آن‌ها رابطه عکس دارد. با مقایسه نتایج مدل استوانه‌ای با مشابه لبه تیز آن مشاهده شد، برای هر ارتفاع سازه در شرایط مستغرق، در یک  $H/a$  و میزان استغراق ثابت، ضریب دبی و ضریب دبی نسبی دو سازه با هم برابر می‌باشد ولی محدوده تغییرات ضریب دبی آن‌ها متفاوت بوده به طوری که برای سازه استوانه‌ای بیش تر از لبه تیز می‌باشد. در حالت مستغرق ارتفاع سازه نیز بر ضریب دبی مؤثر است. ذکر این نکته ضروری است که نتایج این پژوهش برای کانال‌های کوچک در محدوده نسبت ارتفاع سازه به عرض کانال ( $P/B$ ) بین  $0/5-1/5$  می‌تواند کاربرد داشته باشد. اما استفاده از این نتایج برای کانال‌های بزرگ نیاز به بررسی بیش تر در پژوهش‌های آینده دارد زیرا با افزایش ابعاد سازه و همچنین عمق آب، اثرات لزجت، کشش سطحی و جداره‌های کانال ناچیز و قابل صرف نظر می‌باشد.

## منابع

1. Alhamid, A.A. 1999. Analysis and formulation of flow through combined V-notch-gate device. J. Hydr. Res. 37: 5. 697-705.
2. Bina, M., and Beygipour, Gh.H. 2005. Hydraulic of Submerged Flow in Circular-Crested Weirs. Proceeding of the 5<sup>th</sup> Iranian Hydraulic Conference, P 49-57. Iranian Hydraulic Conference. Shahid Bahonar University. Kerman, Iran. (In Persian)
3. Bos, M.G. 1976. Discharge Measurement Structures. International Institute for Land Reclamation and Implement/LIRI Wageningen. The Netherlands. Pp: 107-126.
4. Chanson, H., and Montes, J.S. 1998. Over flow characteristics of Circular Weirs: Effects of inflow condition. J. Irrig. Drain. Eng. 32: 1. 152-161.
5. Farshad, R., Bahrami, H., and Moradi Sabzkuhi, A. 2008. Numerical Model of Combined flow over and under Gates in Semi-Submerged conditions. Proceeding of the 7<sup>th</sup> Iranian Hydraulic Conference, P 137-145. Iranian Hydraulic Conference. Power and Water University of Technology (Shahid AbaasPour). Tehran, Iran. (In Persian)

6. Fathi Moghadam, M. 2006. Discharge Coefficient of Tainter Gates in Submerged conditions. Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Congress of Civil Eng, P 246-255. The Secretariat of the 9<sup>th</sup> International Congress on Civil Eng. Tarbiat Moddares University. Tehran. Iran.
7. Ferro, V. 2000. Simultaneous Flow Over and Under Gate. J. Irrig. Drain. Eng. 126: 3. 190-193.
8. Gharahgezlou, M., Masoudian, M., Salehi Neyshaboury, S.A.A., Severi, A., and Nadery, F. 2012. Laboratory tests on comparing the hydraulic of cylindrical and semi-cylindrical weir-gate Combination. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Congress on Civil Eng, P 183-191. The Secretariat of the 9<sup>th</sup> International Congress on Civil Eng. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
9. Hoseini, S.M., and Abrishami, J. 2003. Open Channel Hydraulics. Emam Reza univ. Press. Mashhad. Iran. 613p.
10. Khosh Ravesh, M., Razavian, S.H., Heydarpour, M., and Khodadadi, M. 2011. Numerical investigating of submerged Flow pattern in combination model of rectangular Weir-Gate using FLUENT model. Proceeding of the 4<sup>th</sup> national Water Resources Management Conference, P 204-213. Iranian Water Resources Association of Science and Eng. AmirKabir University of Technology. Tehran, Iran. (In Persian)
11. Negm, A.M. 1998. Characteristics of combined Flow over Weirs and below submerged Gates with Unequal Contractions. File: ///D/user/Lehfeeldt/ICHE/1998-document/Exp.CChannels.9.paper.html.
12. Negm, A.M., El-Saiad, A.A., and Saleh, O.K. 1997. Characteristics of combined flow over Weirs and below submerged Gates. Proceeding of 2<sup>nd</sup> International Conference of Al-Mansoura Eng. (MEIC'97). P259-272. Faculty of Eng. Al-Mansoura University. Al-Mansoura. Egypt.
13. Rafiee, Z., Zia Tabar Ahmadi, M., Masoudian, M., and Farsadzade, D. 2003. Determining the submersion limit in Cylindrical Weirs. Tabriz. J. Tabriz Univ. Eng. 30: 1. 25-35.
14. Samani, J.M.V., and Mazaheri, M. 2009. Combined Flow over Weir and under Gate. J. Hydr. Eng. 135: 3. 14-18.
15. Shahabi, M., Beydokhti, N.T., and Dehghani, A.A. 2010. Determining discharge coefficient of Radial Gates in free and submerged conditions. Proceeding of the 1<sup>st</sup> Conference of practical researches of Iranian Water Resources, P 127-136. The Secretariat of the 1<sup>st</sup> conference of researches of Iranian Water resources. Kermanshah University of Technology, Kermanshah, Iran.
16. Swamee, K. 1992. Sluice-gate discharge equations. J. Irrig. Drain. Eng. 118: 1. 9-12.
17. Wu, S., and Rajaratnam, N. 1996. Submerged flow regimes of Rectangular sharp-crested weirs. J. Hydr. Eng. 122: 7. 28-33.
18. Yen, J.F., Chih-Han, L., and Chang-Tai, T. 2001. Hydraulic Characteristics and discharge control of sluice gates. J. Chin. Ins. Eng. 24: 23. 51-57.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(3), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Laboratory investigation of flow over and under a submerged cylindrical weir-gate in small canals**

**M. Masoudian<sup>1</sup>, \*M. Gharagezlu<sup>2</sup>, R. Fendereski<sup>3</sup> and F. Naderi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Structure, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Young Researchers Club and Elite, Islamic Azad University, Sari Branch, <sup>3</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Structure, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 06/29/2012; Accepted: 06/24/2013

### **Abstract**

Combination of weir and gate as a hydraulic measuring structure has advantages such as passing the float and settling materials (ice, wood, sediments, etc) simultaneously in compression using weir and gate separately. The flow through combined devices may be submerged when the downstream water level affect on discharge coefficient. In this study, the authors describe new experiments of both submerged cylindrical and sharp edge weir-gate to investigate the effects of geometric and hydraulic parameters on flow discharge. The experiments have been done on rectangular and horizontal small laboratory flume with fore cylinder sizes and also same sharp edge sheet for several flow rates and downstream water level. The results demonstrate that the discharge coefficient are affected by ratio of upstream depth to gate opening  $H/a$ , the ratio of upstream depth to height of structure  $H/P$  and the ratio of downstream water depth to upstream depth. Also, two submergence limits can be defined for combinational model. The first one depends on gate and it occurs when  $H_{TW}/H=0.55-0.65$  and the second one belongs to weir in  $H_{TW}/H=0.8-0.85$ . Moreover, in the both sharp- edged and cylindrical combination models with increasing the submergence ratio, the trend of discharge coefficient decreases similarly and in a constant submergence ratio, the relative discharge coefficients of both models are similar.

**Keywords:** Weir-gate, Sharp-edged, Cylindrical, Submersion percentage

---

\* Corresponding Author; Email: [gharagezlu\\_mohamad@yahoo.com](mailto:gharagezlu_mohamad@yahoo.com)