

## مقاله پژوهشی

# استفاده از صفحات مستغرق و بازشدگی جانبی در رسوبشویی رسوبات بالادست سرریزهای نوک اردکی

مهلا تجری<sup>۱</sup>، امیراحمد دهقانی<sup>۲\*</sup>، مهدی مفتاح‌هلقی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۶

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.dehghani@gau.ac.ir

## چکیده

سرریزهای نوک اردکی از جمله سازه‌های کنترل کننده تراز سطح آب در شبکه‌های آبیاری هستند که همواره مورد توجه مهندسان قرار دارند. به علت وجود رسوبات در شبکه‌های آبیاری زهکشی، معمولاً رسوبات در بالادست این سرریزها تجمع یافته و مشکلاتی در بهره برداری بوجود می‌آورد. در این تحقیق جهت جلوگیری از تجمع رسوبات، علاوه بر استفاده از بازشدگی در دماغه جلویی سرریز، از بازشدگی‌ها در بال‌های جانبی سرریز و صفحات مستغرق نیز استفاده شده است. آزمایش‌ها در فلومی به طول ۱۲ متر، عرض ۰/۶ متر انجام شد و از چهار ردیف و دو ستون صفحات مستغرق با ارتفاع‌های مختلف که نسبت به امتداد دیواره جانبی سرریز عمود بودند، استفاده شد. نتایج نشان داد که صفحات مستغرق با وجود آوردن جریان ثانویه در کنار بازشدگی‌های جانبی، تاثیر بسزایی در تخلیه رسوبات بخصوص در نسبت‌های بالای  $\frac{H}{P}$  (H هد آب روی بالاهای جانبی سرریز و P ارتفاع سرریز است) دارند. صفحات مستغرق هم‌ارتفاع سرریز علاوه بر تاثیرگذاری بر افزایش رسوب‌شویی، باعث افزایش ۷ درصدی نسبت آبگذری نیز می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که بکارگیری صفحات مستغرق می‌تواند باعث افزایش ۶۵٪ در راندمان سرریز (یک منهای درصد رسوبات باقی‌مانده به درصد نسبت آبگذری) شود که معرف حداکثرسازی میزان آبگذری و رسوب‌شویی در یک هد معین آب در بالادست است. برای جلوگیری از تجمع رسوب در بالادست سرریز نوک اردکی، ترکیب بازشدگی جانبی و صفحات مستغرق در مقادیر  $\frac{H}{P}$  ۰/۱ تا ۰/۵ پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بازشدگی جانبی، راندمان، رسوب‌شویی، سرریز نوک اردکی، صفحات مستغرق

## Use of Side Slots and Submerged Vanes for Sediment Flushing in Upstream of Duckbill Weirs

M Tajari<sup>1</sup>, AA Dehghani<sup>\*2</sup>, M Meftahhalaghi<sup>3</sup>

Received: May 01, 2017 Accepted: March 18, 2019

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Structure, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

<sup>2</sup>Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

<sup>3</sup>Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

\*Corresponding Author, Email: a.dehghani@gau.ac.ir

### Abstract

Duckbill weir is one of the water level control structures in irrigation networks which has been attracted by many engineers. Since sediments are transported in irrigation networks, they are accumulated at upstream of the duckbill weirs and cause some operational problems. In this study, side slots and submerged vanes were used in addition of frontal slot to prevent sediment accumulation in upstream of weir. The experiments were conducted in a rectangular flume with 12 m length and 0.6 m width. The vanes had different heights and were arranged in two column with four rows which were perpendicular to side wall direction. The results showed that the submerged vanes induced the secondary flow which was so effective for sediment flushing through the side slots especially for higher value of  $\frac{H}{p}$  (H was head over side wall and p was the height of weir). Submerged vanes having the identical heights of the weir not only increased the sediment flushing to downstream, but also increased the discharge ratio up to 7 percent. The results showed that duckbill weir efficiency (which was defined as the ratio of sediment trap to flow capacity of weir minus one) was increased to 65 percent by use of the submerged vanes indicating that the maximum flushing and flow conveyance were occurred in a given upstream head. For preventing the sediment accumulation in upstream of the duckbill weir, use the side slots together with submerged vanes for a values of  $H/p = 0.1-0.5$  is proposed.

**Keywords:** Duckbill weir, efficiency, side opening, submerged vanes, sediment flushing

### مقدمه

یکسان در بالادست، این نوع سرریزها در دامنه ای از هدهای جریان، دبی بیشتری را نسبت به سرریزهای معمولی خطی از خود عبور می‌دهند. سرریزهای نوک اردکی از سرریزهای پرکاربرد در کانال‌های آبیاری می‌باشند که با هدف تثبیت تراز آب بالادست سرریز برای دهانه آبگیرهای فرعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این

هنگامی که طول سرریز عمود بر محور جریان برای عبور میزان مشخصی از جریان با تراز مشخص آب در بالادست آن کافی نباشد، از سرریزهای نوک اردکی که در همان عرض مشخص کانال از طول بیشتری برخوردارند، استفاده می‌شود. برای هدهای ثابت و

سرریزها به دلیل ویژگی آن‌ها در مقایسه با سایر سرریزها از جمله کارایی بالاتر در عبور جریان به ازای واحد عرض کانال و تغییرات جزئی سطح آب در بالادست سازه که در اثر نوسانات جریان رخ می‌دهد، به عنوان یک سازه تنظیمی و عبوردهنده جریان مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه تجمع رسوب در بالادست آن‌ها یکی از مشکلات دوران بهره‌برداری آن‌ها است، لزوم استفاده از روش‌های خود پالایی در این نوع سازه‌ها احساس می‌شود. یکی از راه‌حل‌های ارائه شده تعبیه بازشدگی جانبی در بال‌های جانبی سرریز نوک اردکی است. برخی از محققان از جمله ساکت (۲۰۱۵) برای رفع این مشکل، قراردعی بازشدگی در دماغه سرریز را پیشنهاد داد ولی وجود بازشدگی در دماغه سرریز تاثیر کارآمدی در شست‌وشوی رسوبات بالادست سرریز ندارد و فقط رسوبات جمع شده اطراف دماغه را به سمت پایین منتقل می‌کند. در این تحقیق جهت جلوگیری از تجمع رسوبات، علاوه بر استفاده از بازشدگی در دماغه جلویی سرریز، از بازشدگی‌ها در بال‌های جانبی سرریز و صفحات مستغرق نیز استفاده شده است. علت انتخاب صفحات مستغرق این است که برخی از محققان مانند کبیری سامانی (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر استفاده از صفحات مستغرق بر روی ضریب آبگذری سرریزهای مایل پرداختند و بنظر می‌رسد با توجه به ایجاد جریان ثانویه این سازه‌ها می‌توانند در فرآیند رسوب‌شویی نیز نقش ویژه‌ای داشته باشند. صفحات مستغرق سازه‌های کوچکی هستند که برای اصلاح الگوی جریان نزدیک بستر و انتقال رسوب در طول مقطع عرضی آبراهه طراحی می‌شوند. عملکرد صفحات به صورت تولید چرخش ثانویه در جریان می‌باشد (اودگارد و ونگ ۱۹۹۱). مطالعات پیشین بر روی صفحات مستغرق به طور کلی در سه زمینه قراردعی صفحات مستغرق در کانال‌ها برای تثبیت دیواره‌ها، در دهانه‌ی آبگیرها برای جلوگیری از ورود رسوبات به کانال آبگیری و در بالادست

سرریزهای مورب جهت افزایش ضریب آبگذری آن‌ها صورت گرفته است. در زمینه قراردعی صفحات مستغرق در کانال‌ها برای تثبیت دیواره‌ها مطالعات بسیاری صورت گرفته است از جمله: محققینی چون اودگارد و کندی (۱۹۸۳)، اودگارد و لی (۱۹۸۴) به بررسی کاربرد صفحات مستغرق در کانال‌های پیمانرودی برای تثبیت دیواره‌ها پرداختند. این محققین مقادیر طول صفحه به عرض کانال برابر  $۰/۳۳$  ارتفاع صفحه به عمق آب برابر  $۰/۳۵$ ، زاویه قرارگیری صفحات با جهت جریان برابر  $۲۰$  درجه و مقدار فاصله طولی صفحات به عرض کانال برابر  $۰/۷$ ، فاصله عرضی صفحات به عرض کانال برابر  $۰/۲۴$  را برای طراحی بهینه صفحات مستغرق پیشنهاد نمودند. در زمینه قراردعی صفحات مستغرق در دهانه‌ی آبگیرها برای جلوگیری از ورود رسوبات به کانال آبگیری همچنین مطالعات بسیاری صورت گرفته است که از جمله می‌توان به مطالعات وانگ و همکاران (۱۹۹۶)، نیل و ایوانز (۱۹۹۷)، بارکدول و همکاران (۱۹۹۹) و میشل و همکاران (۲۰۰۶) اشاره نمود. در کلیه این مطالعات از صفحات مستغرق به منظور انحراف رسوبات از مقابل آبگیرهای جانبی در مسیرهای مستقیم استفاده شده است که نشان دهنده تاثیر زیاد این سازه‌ها در دور کردن رسوبات از جلوی دهانه آبگیر بوده است. شجاعی و همکاران (۲۰۱۰) به مطالعه کاربرد صفحات مستغرق در کاهش آبشستگی پایه استوانه‌ای پل‌ها با آرایش و زوایای مختلف برخورد جریان پرداختند. براساس نتایج تحقیق آن‌ها در شرایط کاربرد ۶ صفحه مستغرق با حالت‌های مختلف قرارگیری، کاهش عمق آب-شستگی تا ۵۱ درصد حاصل شد. بیشترین کاهش آبشستگی در این حالت مربوط به قرارگیری هر ردیف صفحه مستغرق با زوایای متفاوت بود. همچنین در شرایط کاربرد ۴ صفحه مستغرق، ۱۲ درصد کاهش عمق آبشستگی ایجاد شد. این کاهش در حالت کاربرد ۲ صفحه مستغرق ۵ درصد نیز رسید. بنابراین کاربرد ۶ صفحه مستغرق با زوایای

متفاوت در هر ردیف بهترین وضعیت برای کاهش عمق آبشستگی پایه پل بود. منتصری و همکاران (۲۰۱۸) با انجام مطالعه آزمایشگاهی درآبگیری با دبی آبگیری بیش از ۲۰ درصد از کانال قوسی با زاویه مرکزی ۱۸۰ درجه، با استفاده از آرایش دو ردیفه از صفحات مستغرق در مقابل آبگیر و تزریق رسوب روی کانال با بستر صلب، نشان داد که صفحات مستغرق بیش از ۷۰ درصد در کاهش مقدار رسوب وارد شده به آبگیر مؤثر بوده‌اند. مطالعات محدودی بر روی قراردعی صفحات مستغرق در بالادست سرریزهای مورب برای افزایش ضریب آبگذری صورت گرفته است. کبیری سامانی (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر استفاده از صفحات مستغرق بر روی سرریزهای مایل پرداخت و بدین نتیجه رسید که به کارگیری صفحات مستغرق در حالت عمود بر سرریز، می‌تواند ضریب آبگذری را به میزان ۳۳ درصد افزایش دهد. نگاهی به سوابق تحقیق نشان می‌دهد که در خصوص استفاده از صفحات مستغرق برای کاهش رسوب جمع شده در بالادست سرریزها پژوهشی انجام نشده است. همچنین اثر استفاده همزمان از بازشدگی جانبی و صفحات مستغرق علاوه بر وجود بازشدگی در دماغه سرریز نیز مطالعه نشده است. لذا هدف این تحقیق قراردعی بازشدگی جانبی در مدل سرریز نوک اردکی، بکارگیری صفحات مستغرق و بررسی نسبت و ضریب آبگذری و میزان رسوب‌شویی در بازشدگی‌های مختلف بازشدگی جانبی، ارتفاع مختلف صفحات مستغرق در شرایط مختلف هیدرولیکی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در کانالی به طول ۱۲ متر و عرض و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در شکل ۱، کانال آزمایشگاهی مورد

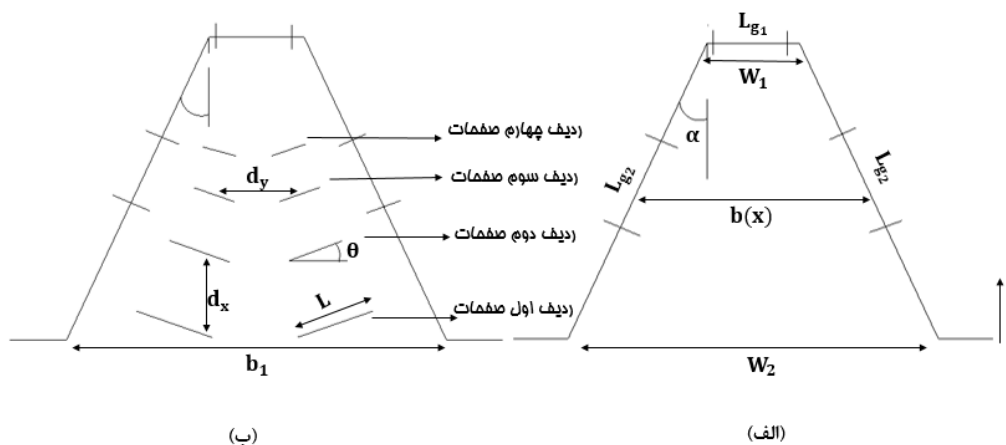
استفاده در تحقیق حاضر آورده شده است. مدل سرریز نوک اردکی با ورق آلومینیوم گالوانیزه به ضخامت دو میلی‌متر و صفحات مستغرق با UPVC<sup>۱</sup> به ضخامت سه میلی‌متر ساخته شدند. با توجه به توصیه ساکت (۲۰۱۵)، همه‌ی مدل‌ها با زاویه بازشدگی ( $\alpha$ ) یکسان و ۲۵ درجه ساخته شدند. ارتفاع مدل‌ها (P) نیز یکسان و ۱۳ سانتی‌متر بود (بنابه توصیه ساکت در مدل با این ارتفاع و زاویه، تداخل جریان کم‌تر و مقدار ضریب آبگذری بیش‌تر است). ارتفاع بازشدگی در دماغه سرریز ( $P_{g1}$ ) ۱ سانتی‌متر و طول آن ( $L_{g1}$ ) ۱۰/۸ سانتی‌متر در همه‌ی مدل‌ها ثابت بود. با توجه به نسبتی که برای ارتفاع صفحات مستغرق ( $h_v$ ) توسط محققین پیشین (اودگارد و کندی (۱۹۸۳)، اودگارد و لی (۱۹۸۴)) ارائه شده، ارتفاع صفحات ۴، ۷، ۱۰ و ۱۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. صفحات مستغرق برای هدایت رسوبات به سمت بازشدگی‌های جانبی عمود بر بدنه‌ی جانبی سرریز قرار گرفتند و زاویه‌ی محور ۷ در شکل ۳ با صفحات مستغرق ( $\theta$ ) ۲۵ درجه بود. در شکل ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات هندسی سرریز نوک اردکی و نمای سه‌بعدی صفحات مستغرق بکار گرفته شده در بالادست آن آورده شده است. در جدول ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات هندسی بازشدگی‌های جانبی و صفحات مستغرق آورده شده است. همانطور که اشاره شد با توجه به تحقیقات محققان پیشین از جمله اودگارد و کندی (۱۹۸۳) و اودگارد و لی (۱۹۸۴) و انجام آزمایشات مختلف به طور تجربی نتیجه‌گیری شد که باید فواصل بین صفحات و ابعاد آن‌ها نسبتی با عرض مقطع مدل داشته باشد. آرایش قرارگیری صفحات نیز باید براساس حداکثرسازی جریان‌های ثانویه باشد. با توجه به این دو شرط برای فواصل عرضی و طولی و طول صفحات نسبت‌های زیر به دست آمد:

<sup>1</sup> Unplasticized Polyvinyl Chloride

بود. وسیله‌ی اندازه‌گیری دبی و عمق جریان به ترتیب فلومتر با دقت ۰/۱ لیتر بر ثانیه و ترازسنج دیجیتالی بود. در تمامی آزمایشات ۱/۸ کیلوگرم رسوب که درصد بیش‌تر ذرات از نوع ماسه بود، به ارتفاع ۱ سانتی‌متر در بالادست سرریز قرار می‌گرفت و بعد از به پایداری رسیدن الگوی رسوب در بالادست مدل (زمانی که انتقال رسوبات در دبی آزمایش متوقف می‌شد و حداقل و حداکثر زمان بترتیب ۱۰ و ۴۰ دقیقه بود)، رسوبات باقی‌مانده جمع‌آوری و بعد از خشک کردن آن‌ها در آون، توزین می‌شدند. در مجموع تعداد آزمایش‌ها ۱۲۶ حالت بود.

$$\frac{dy}{b} = 0.4 - 0.5, \frac{dx}{b} = 0.24, \frac{L}{b} = 0.15 - 0.22 \quad [۱]$$

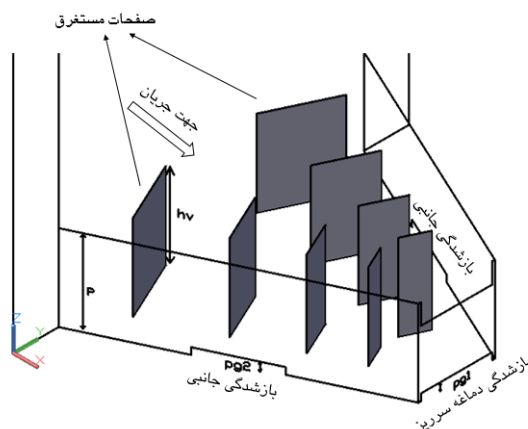
که در آن  $d_y$  فاصله عرضی بین دو صفحه،  $b$  عرض مقطع مدل در هر  $x$  و متغیر است،  $d_x$  فاصله طولی بین دو صفحه،  $\bar{b}$  عرض متوسط بین دو مقطع مدل و  $L$  طول صفحه مستغرق است. آزمایش‌ها در ۶ دبی برای ۴ بازشدگی متفاوت بازشدگی جانبی با ۴ ارتفاع متفاوت از صفحات مستغرق و نیز برای حالت بدون صفحه مستغرق و حالت بدون بازشدگی جانبی انجام شد. بازه دبی جریان از ۰/۰۱ تا ۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه بود و برای این بازه دبی، عمق آب بالادست از ۰/۱۴ تا ۰/۲ متر و عدد فرود جریان در بالادست سرریز بین ۰/۱۹-۰/۰۹



شکل ۱- مشخصات هندسی سرریز نوک اردکی: الف؛ بدون بکارگیری صفحه مستغرق، ب؛ با بکارگیری صفحات مستغرق.

جدول ۱- مشخصات هندسی بازشدگی‌های جانبی.

نوع مدل	ارتفاع بازشدگی جانبی $P_{g2}$ (cm)	طول بازشدگی جانبی $L_{g2}$ (cm)
A	۱	۱۰/۸
B	۱/۷	۱۰/۸
C	۱	۵/۴
D	۱	۱۶/۲



شکل ۲- نمای سه‌بعدی مدل سرریز نوک اردکی و صفحات مستغرق.

جدول ۲- مشخصات هندسی صفحات مستغرق.

شماره هر بخش از صفحات	ارتفاع صفحات (cm)	طول صفحات L (cm)	فاصله عرضی $d_y$ (cm)	فاصله طولی $d_x$ (cm)
۱	۴,۷,۱۰,۱۳	۱۰/۲	۲۳	۱۰
۲	۴,۷,۱۰,۱۳	۸	۱۷/۵	۸/۸
۳	۴,۷,۱۰,۱۳	۵/۸	۱۳/۲	۶/۶
۴	۴,۷,۱۰,۱۳	۳/۸	۱۰/۸	

## آنالیز ابعادی

$$Q_d = C_{d_d} \frac{2}{3} \sqrt{2g} L_d H^{\frac{3}{2}} \quad [۷]$$

که  $C_{d_w}$  و  $L_w$  و  $H_w$  به ترتیب ضریب آبگذری، طول سرریز و هد آب روی سرریز مرکب (سرریز لبه تیز در دماغه) می‌باشند.  $C_{d_d}$ ،  $L_d$ ،  $H$  به ترتیب ضریب آبگذری، طول سرریز نوک اردکی و هد آب روی بال‌های جانبی سرریز می‌باشند. با قرار دادن روابط ۴ تا ۷ در رابطه‌ی ۳ و فرض برابر بودن ضریب آبگذری در همه‌ی قسمت‌ها آنالیز ابعادی انجام شد که پارامترهای موثر روی جریان مدل سرریز نوک اردکی را به صورت زیر می‌توان در نظر گرفت:

$$f \left( \begin{matrix} Q, g, \rho, \mu, \sigma, H_u, L_{g_1}, P_{g_1}, L_{g_2}, P_{g_2}, L_d, L_w, H, H_w, \\ P_w, P, \alpha, B, S_0, W_1, W_2, G_1, G_2, h_v, \theta, \tau_0, d_s, \rho_s \end{matrix} \right) = 0 \quad [۸]$$

که  $d_s, \rho_s, \rho, \mu, \sigma, B, S_0$  به ترتیب شیب کف کانال، عرض کانال، کشش سطحی، لزجت دینامیکی سیال، جرم مخصوص سیال، جرم مخصوص رسوب و قطر میانه ذرات رسوب هستند.  $G_2$  وزن رسوبات اولیه در آزمایش‌ها و  $G_1$  وزن رسوبات بعد به پایداری رسیدن الگوی رسوب است. با انجام آنالیز ابعادی و صرف نظر کردن از عدد وبر و عدد فرود ( $Fr_s$ ) (بدلیل مقدار تقریباً ثابت آن) و عدد رینولدز (با توجه به آشفتگی بودن جریان

برای استخراج پارامترهای بی بعد از روش پی-باکینگهام استفاده شد. جریان عبوری از سازه سرریز نوک اردکی برابر است با:

$$Q_T = Q_{g_1} + 2Q_{g_2} + Q_w + Q_d \quad [۳]$$

$Q_{g_1}$  دبی عبوری از بازشدگی در دماغه سرریز،  $Q_{g_2}$  دبی عبوری از بازشدگی جانبی،  $Q_w$  دبی عبوری از سرریز لبه تیز در دماغه و  $Q_d$  که دبی عبوری از بال‌های جانبی مدل سرریز نوک اردکی می‌باشد. جریان عبوری از هر قسمت به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_{g_1} = C_{d_{g_1}} A_1 \sqrt{2gH_u} \quad [۴]$$

$$Q_{g_2} = C_{d_{g_2}} A_2 \sqrt{2gH_u} \quad [۵]$$

مساحت بازشدگی جلویی و بازشدگی جانبی و  $H_u$  هد آب بالادست می‌باشند.

$$Q_w = C_{d_w} \frac{2}{3} \sqrt{2g} L_w H_w^{\frac{3}{2}} \quad [۶]$$

داشته است (افزایش نسبت آبگذری نسبت به مدل شاهد بوده و بین میانگین نسبت آبگذری مدل‌های A, B, C و D تفاوت کمی وجود داشته است). بیشترین نسبت آبگذری نیز در مدل B مشاهده شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش  $\frac{H}{p}$  تاثیر بکارگیری بازشدگی جانبی در افزایش نسبت آبگذری کمتر است. شکل ۴ نیز نسبت آبگذری سرریز برای حالتی که در آن از صفحات مستغرق با ارتفاع‌های مختلف استفاده شده است را نسبت به مدل شاهد در مقادیر مختلف  $\frac{H}{p}$  (هد آب روی بال‌های جانبی سرریز و p ارتفاع سرریز است) نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که صفحات مستغرق هم-ارتفاع سرریز، موجب افزایش نسبت آبگذری شده و صفحات با ارتفاع ۴ سانتی‌متری همانند زبری عمل کرده و بر هد آب بالادست و نسبت آبگذری جریان بی‌تاثیر بودند و از لحاظ نسبت آبگذری عملکردی مشابه با حالت بدون صفحه مستغرق دارند (شکل ۴). همچنین صفحات مستغرق ۷ و ۱۰ سانتی‌متری عملکرد مشابه بهم دارند. نتایج نشان داد که صفحات مستغرق با ارتفاع ۷ و ۱۰ سانتی‌متر بر هد آب بالادست تاثیرگذار و به صورت یک مانع در برابر عمل کرده و در یک دبی ثابت باعث افزایش هد آب بالادست نسبت به حالت بدون صفحه می‌شوند.

#### نسبت رسوب باقی‌مانده در بالادست سرریز

شکل ۵ نمایی از رسوبات باقی‌مانده در زمان تعادل در بالادست سرریز را در حالت‌های مختلف بکارگیری صفحات مستغرق با ارتفاع‌های مختلف و در دبی‌های مختلف جریان نشان می‌دهد. در این شکل هر چه به سمت راست حرکت شود دبی افزایش یافته و هر چه به سمت پایین شکل حرکت شود ارتفاع صفحات مستغرق افزایش یافته است. با توجه به شکل مشخص است که با افزایش دبی و بکارگیری بازشدگی جانبی و صفحات مستغرق با ارتفاع بیشتر، رسوبات باقی‌مانده در بالادست به حداقل می‌رسند و در چهار مدل بطور متوسط

و با ثابت بودن زاویه  $\theta$ ،  $S_0$ ،  $\alpha$  و سایر پارامترها با بعد طولی  $(P_w, P, L_d, L_w, L_{g1}, P_{g1}, d_s, B, W_1, W_2)$  در همه مدل‌ها و آزمایش‌ها، در نهایت می‌توان رابطه‌ی زیر را ارائه داد:

$$\frac{G_2}{G_1} = f\left(C_d, \frac{h_v}{H_u}, \frac{P_{g2}}{H}, \frac{L_{g2}}{H_w}, \frac{H}{P}\right) \quad [9]$$

جهت بررسی نتایج آزمایش‌ها به یک معیار برای مقایسه و ارزیابی نیاز است به دلیل آن که در این تحقیق هم میزان رسوبشویی بازشدگی‌ها و هم نسبت آبگذری مدل‌ها حائز اهمیت است راندمان تعریف شده باید به گونه‌ای باشد که ترکیبی از میزان رسوبشویی و نسبت آبگذری را در بر داشته باشد. با توجه به نکات اشاره شده راندمان مدل سرریز نوک اردکی به صورت زیر قابل ارائه است:

$$\xi = \left(1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right) \times 100 \quad [10]$$

$\xi$  راندمان سرریز نوک اردکی بر حسب درصد،  $\lambda_1$  نسبت آبگذری جریان نسبت به مدل شاهد و  $\lambda_2$  نسبت وزنی رسوبات باقی‌مانده در بالادست مدل نسبت به مدل شاهد است. مدل شاهد نیز حالتی است که فقط بازشدگی در دماغه سرریز وجود داشته باشد.

#### نتایج و بحث

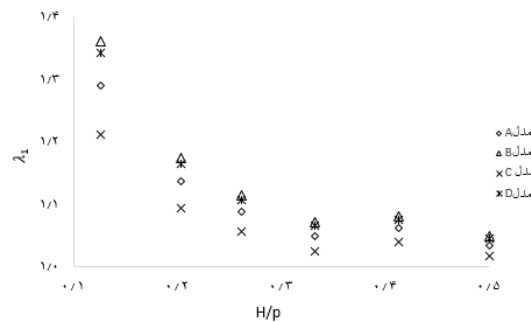
##### نسبت آبگذری

شکل ۳ نسبت آبگذری سرریز را برای حالتی که در آن بازشدگی جانبی وجود دارد نسبت به مدل شاهد در مقادیر مختلف  $\frac{H}{p}$  (هد آب روی بال‌های جانبی سرریز و p ارتفاع سرریز است) نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشخص است که وجود بازشدگی جانبی باعث افزایش نسبت آبگذری شده است ولی نوع مدل بر میانگین نسبت آبگذری برای تمامی نسبت‌های  $\frac{H}{p}$  تاثیر ناچیزی

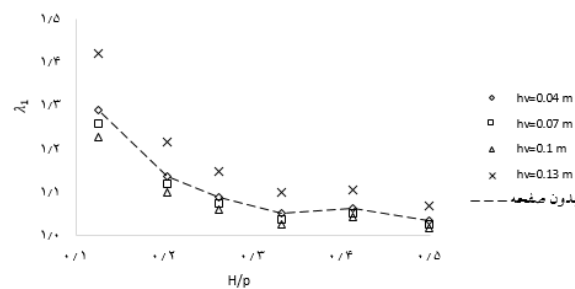
رسوبات نسبت به حالت بدون صفحه از بالادست سرریز به پایین دست منتقل می‌شود. مشاهدات آزمایشگاهی همچنین نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع صفحات باعث می‌شود که درصد بیشتری از رسوبات از بازشدگی جلویی تخلیه شوند و سهم بازشدگی جانبی در تخلیه رسوبات کاهش پیدا می‌یابد. با توجه به شکل ۱۳ مشخص است که بکارگیری صفحات مستغرق باعث کاهش ۵۲ تا ۷۷ درصدی نسبت رسوبات باقی مانده ( $\lambda_2$ ) نسبت به حالت بدون صفحه مستغرق شده است و با توجه به این شکل برای جلوگیری از تجمع رسوب در بالادست سرریز نوک اردکی، ترکیب بازشدگی جانبی و صفحات مستغرق در مقادیر  $\frac{H}{p}$  ۰/۱ تا ۰/۵ پیشنهاد می‌شود.

در نسبت‌های مختلف H/P با بکارگیری صفحات مستغرق با ارتفاع ۰/۰۴، ۰/۰۷، ۰/۱ و ۰/۱۳ متری نسبت به حالت بدون صفحه مستغرق نسبت رسوبات باقی مانده بین ۵۲ تا ۷۷ درصد کاهش یافته است.

شکل ۶ نمودار میزان رسوبات باقی مانده در بالادست سرریز نوک اردکی نسبت به رسوبات باقی مانده مدل شاهد در بالادست سرریز را در حالت‌های مختلف قرارگیری بازشدگی جانبی و صفحات مستغرق نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشخص است که با بکارگیری صفحات مستغرق، میزان رسوب‌شویی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش  $\frac{H}{p}$  و با بکارگیری صفحات مستغرق، ۷۷-۵۲ درصد

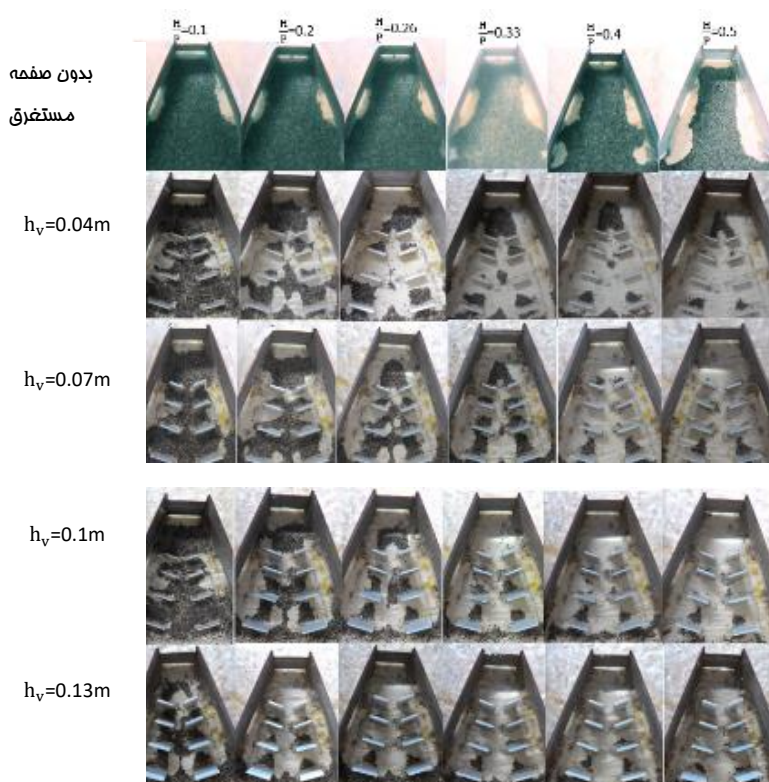


شکل ۳- نسبت آبگذری سرریز برای حالت با بازشدگی جانبی نسبت به مدل شاهد در مقادیر مختلف  $\frac{H}{p}$

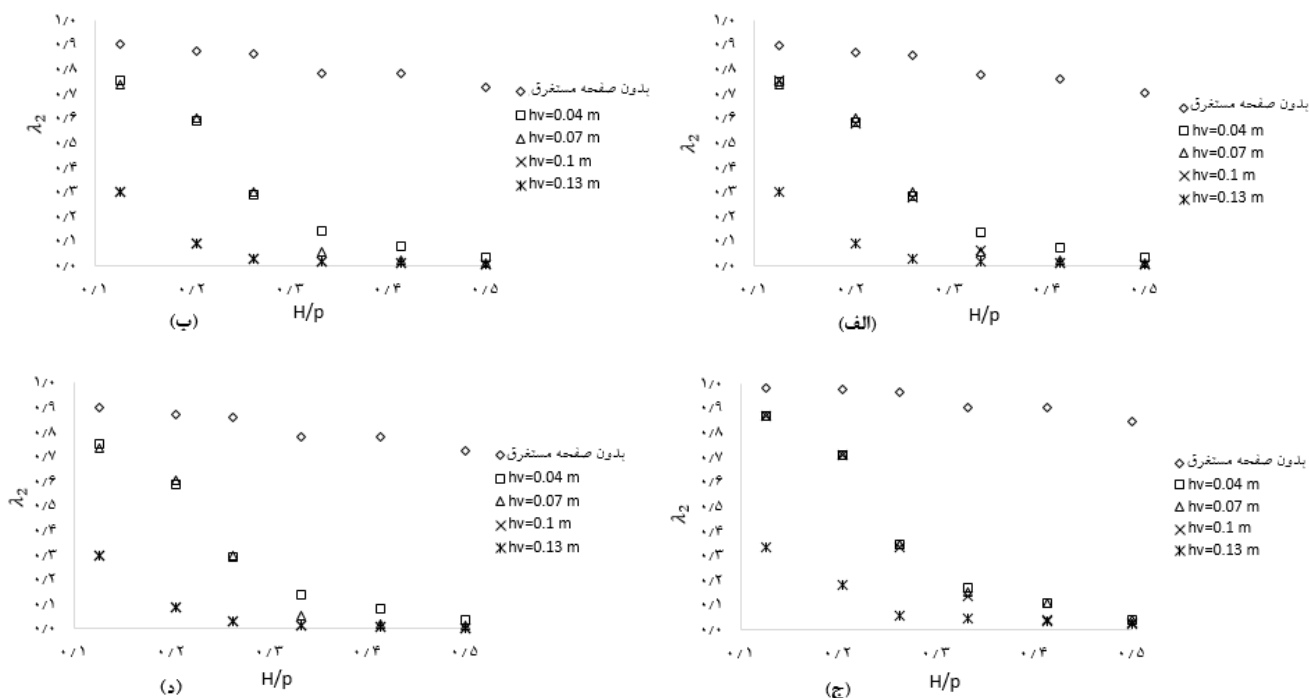


شکل ۴- نسبت آبگذری سرریز برای حالت با صفحه مستغرق نسبت به مدل شاهد در مقادیر مختلف  $\frac{H}{p}$  مدل A





شکل ۵- مقایسه میزان و الگوی رسوب باقیمانده در بالادست سرریز نوک اردکی. مدل B.

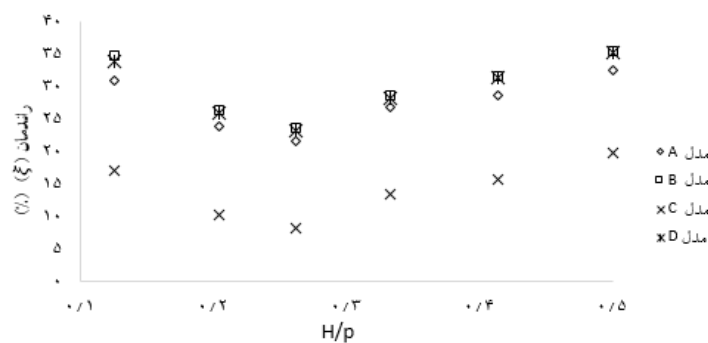


شکل ۶- نسبت رسوبات باقی مانده نسبت به مدل شاهد در مقابل مقادیر مختلف  $\frac{H}{p}$ . (الف: مدل A، (ب: مدل B، (ج: مدل C، (د: مدل D.

مدل D

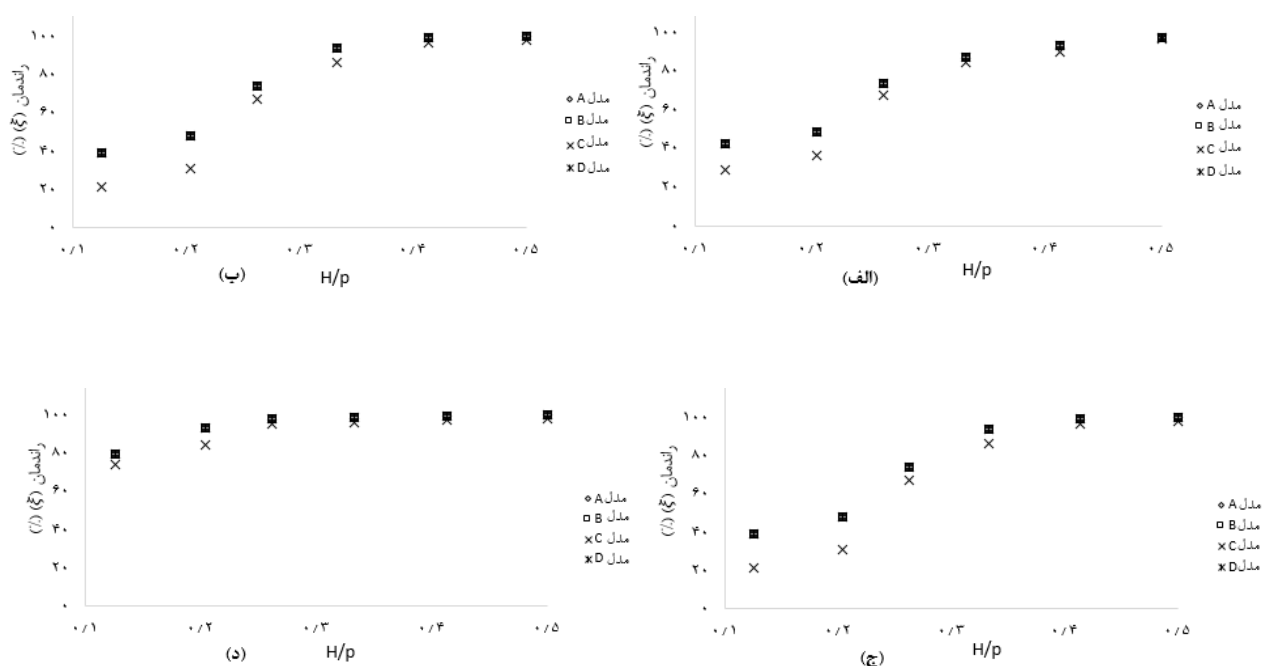
## راندمان سرریز

افزایش  $\frac{H}{p}$  صعودی است. در شکل ۸-الف، راندمان سرریز در حالتی که از صفحات با ارتفاع ۴ سانتی متری استفاده شده، آورده شده است. لازم بذکر است که حداقل راندمان ۲۹ درصد، برای مدل C و در نسبت های کوچکتر  $\frac{H}{p}$  اتفاق افتاده است. با توجه به نتایج مشخص است که با افزایش نسبت  $\frac{H}{p}$  راندمان افزایش یافته و برای مقادیر بزرگتر  $\frac{H}{p}$ ، حداکثر راندمان بدست می آید. با توجه به اینکه در نسبت های بالاتر  $\frac{H}{p}$ ، نسبت آبگذری کاهش می یابد ولی به علت پتانسیل رسوب شویی بالاتری که با استفاده از عملکرد صفحات مستغرق بوجود می آید، در مجموع راندمان افزایش می یابد. در شکل ۸-ب و ۸-ج، نیز که به ترتیب راندمان صفحات با ارتفاع ۷ و ۱۰ سانتی متر آورده شده، روندی مشابه شکل ۸-الف دارد. شکل ۸-د نیز راندمان سرریز نوک اردکی برای حالتی که صفحات مستغرق با ارتفاع ۱۳ سانتی متری بکار گرفته شده اند، ارائه شده است. در این حالت، حداقل راندمان ۷۴ درصد، برای نسبت  $\frac{H}{p}$  حداقل و در مدل C است. نکته قابل توجه در نمودار شکل ۸ این است که با افزایش نسبت  $\frac{H}{p}$  روند تغییرات راندمان کاهش می یابد. در نسبت های  $\frac{H}{p}$  بالاتر از ۰/۳۵ راندمان تقریباً به مقدار ثابتی رسیده است.



شکل ۷- تغییرات راندمان سرریز نوک اردکی نسبت به  $\frac{H}{p}$  برای حالت با بازشدگی جانبی.

شکل ۷ تغییرات راندمان سرریز نوک اردکی برای حالتی که فقط بازشدگی جانبی به کار برده شده را نشان می دهد. با توجه به شکل مشخص است که روند تغییرات راندمان ابتدا نزولی و سپس صعودی می باشد. علت این روند آبگذری بیشتر سرریز در نسبت های پایین  $\frac{H}{p}$  و رسوبات باقی مانده کمتر در نسبت های بالا  $\frac{H}{p}$  است. دلیل این امر این است که در نسبت های بالا  $\frac{H}{p}$  جریان های ثانویه قوی تری شکل گرفته و میزان رسوبات بیشتری از بازشدگی های جانبی خارج می گردد. نتایج نشان می دهد که حداکثر راندمان در شرایط هندسی و هیدرولیکی سرریزهای مورد استفاده در تحقیق حاضر، ۳۵ درصد، برای مدل های B و D و در نسبت  $\frac{H}{p}$  حداکثر است. همچنین حداقل راندمان سرریز برای مدل C، حدود ۸ درصد است. لازم به ذکر است برای تمامی نسبت های  $\frac{H}{p}$  راندمان در مدل C در مقایسه با سایر مدل ها تقریباً ۱۵ درصد کمتر است. در شکل ۸ راندمان سرریز نوک اردکی برای حالتی که علاوه بر بازشدگی جانبی از صفحات مستغرق نیز استفاده شده است، نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، روند تغییرات راندمان در این حالت با



شکل ۸- راندمان سرریز نوک اردکی (ξ) نسبت به  $\frac{H}{p}$  (الف):  $h_v = 0.04 m$  (ب):  $h_v = 0.07 m$  (ج):  $h_v = 0.1 m$  (د):  $h_v = 0.13 m$

### نتیجه‌گیری کلی

افزایش رسوبشویی سرریز ایفا می‌کند. بکارگیری صفحات مستغرق می‌تواند باعث افزایش ۶۵٪ در راندمان سرریز (ξ) شود. نتایج همچنین نشان داد که بکارگیری صفحات مستغرق هم‌ارتفاع سرریز باعث افزایش ۷ درصدی نسبت آگذری ( $\lambda_1$ ) می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش  $\frac{H}{p}$  راندمان سرریز (ξ) افزایش می‌یابد. نتایج همچنین نشان داد که مدل A، B و D تقریباً هم از لحاظ نسبت آگذری ( $\lambda_1$ ) و نسبت رسوبات باقی‌مانده عملکرد یکسانی داشتند ولی مدل C از هر دو لحاظ عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر مدل‌ها دارد.

نتایج تحقیق آزمایشگاهی روی سرریز نوک اردکی نشان داد که با بکارگیری بازشدگی‌های جانبی و صفحات مستغرق می‌توان راندمان رسوبشویی سرریز را افزایش داد. نتایج نشان می‌دهد راندمان سرریز (ξ) با استفاده از بازشدگی‌های جانبی بیش‌تر از سرریز بدون بازشدگی جانبی است و بازشدگی جانبی با عبور بخشی از جریان تاثیر بیش‌تری از بازشدگی در دماغه سرریز بر میزان رسوبشویی دارد. نتایج همچنین نشان داد، بکارگیری صفحات مستغرق، نقش بسیار موثری در

### منابع مورد استفاده

- Barkdoll D, Ettema R and Odgaard A, 1999. Sediment control at lateral diversions: limits and enhancement to vane use. *Journal of Hydraulic Engineering* 125(8): 132-136.
- Kabiri-Samani AR, 2010. Analytical approach for flow over an oblique weir. *Journal of Civil Engineering* 17(2): 107-117.
- Michelle F, Ettema R and Muste M, 2006. Case study: sediment control at water intake for large thermal-power station on a small river. *Journal of Hydraulic Engineering* 132(5): 440-449.
- Montaseri H, Ghodsian M, Salehi Neyshabouri AA, 2018. Experimental study of sediment transport and mechanism of sediment entry to a lateral intake in a 180 degree channel bend using sediment injection on rigid bed. *Modares Civil Engineering*. 18(5): 21-28.

- Neill C R and Evans B J, 1997. Sediment control at water intakes. *Journal of Hydraulic Engineering* 123(7): 670-671.
- Odgaard AJ and Lee HYE, 1984. Submerged Vanes for Flow Control and Bank Protection in Streams, University of Iowa, Iowa.
- Odgaard AJ and Kennedy JF, 1983. River- bend bank protection by submerged vanes. *Journal of Hydraulic Engineering* 109 (8): 1161–1173.
- Odgaard AJ and Wang Y, 1991. Sediment management with submerged vanes. *Journal of Hydraulic Engineering* 117(3): 267–283.
- Saket M, 2015. Determination of discharge coefficient of compound sharp crested duckbill weirs. M.Sc. Thesis, College of Soil and Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 120 P.
- Shojaee P, Farsadizadeh D, Hoseinzadeh Dalir A, Salmasi F, Ghorbani MA, 2010. Application of Submerged Vanes at Cylindrical Bridge Pier as a Scour Countermeasure. *Water and soil Science-University of Tabriz*, 22(1): 92-108.
- Wang Y, Odgaard AJ, Melville BW and Jain SC, 1996. Sediment control at water intakes. *Journal of Hydraulic Engineering* 122(6): 353-356.