Journal of Iranian Water Engineering Research

Research Article, P. 25-42

https://doi.org/10.22034/ijwer.2026.593882.1140

Convergence LTW and Diversion Discharge of the Lateral Intake

Seyed Zanyar Nikkhah[1], Javad Ahadiyan[2*], Seyed Mahmood Kashefipour[2] , Seyed Mohsen Sajjadi[4]

[1]PhD Student, Department of Hydraulic Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[2]Professor, Department of Hydraulic Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[3]Associate professor, Department of Hydraulic Structures, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Corresponding Author's E-mail: j.ahadiyan@scu.ac.ir

Received**: 27 July 2026** Accepted**: 12 Oct. 2026**
Revised**: 12 Oct. 2026** Published**: 25 Mar. 2025**

Homepage: ijwer.uoz.ac.ir

Abstract: Lateral intakes are widely used hydraulic structures for diverting water from rivers into irrigation and water supply canals. However, flow separation, secondary currents, and non-uniform upstream velocity distribution often reduce diversion efficiency and hydraulic performance. This experimental study examines how an angled divider wall installed upstream of a 90° lateral intake affects the approaching flow and intake discharge. Experiments were performed under four flow rates, three downstream conditions (closed gate, one-gate opening, and two-gates opening), and two wall installation angles (0° and 12°). Flow depth, velocity distribution, and diverted discharge were measured and compared with the control condition. The results showed that the 12° divider wall improved downstream flow depth, produced a more favorable velocity distribution, and increased the discharge entering the lateral intake. Under the optimum condition, the diverted discharge increased relative to the control, demonstrating the effectiveness of the proposed configuration for improving lateral intake performance.

Keywords: Flow pattern, Flow depth, Diversion discharge, Hydraulic efficiency, Experimental study

Introduction: Lateral intakes are essential hydraulic structures widely used in irrigation, water supply, hydropower, and flood diversion systems to convey water from a main channel into a secondary canal. Their hydraulic performance is strongly influenced by the complex three-dimensional flow pattern upstream of the intake, including flow separation, secondary currents, and recirculation zones. These phenomena alter velocity distribution, reduce diversion efficiency, and increase sediment entry into the intake canal, affecting long-term system performance (Neary et al., 1999; Barkdoll et al., 1999). Numerous experimental and numerical studies have investigated methods to improve intake hydraulics, including submerged vanes, spur dikes, intake geometry modification, and sediment-control structures (Jalili et al., 2011; Habibi et al., 2019; He et al., 2023). More recently, Ahadian et al. (2024) showed that a guiding divider wall can effectively modify the approaching flow pattern and improve hydraulic conditions upstream of a lateral intake. However, the influence of the divider wall installation angle on the approaching flow and diverted discharge under different downstream flow conditions remains insufficiently investigated. To address this gap, the present study experimentally examines two divider wall orientations (0° and 12° relative to the main flow direction) under four discharge conditions and three downstream gate-opening scenarios. The experimental setup is illustrated in Fig. 3, while the tested scenarios are summarized in Tables 1 and 2. The objective is to evaluate the effects of divider wall angle on flow depth, velocity distribution, and discharge entering the lateral intake.

Methodology: An experimental investigation was conducted to evaluate the influence of an angled divider wall on the hydraulic performance of a 90° lateral intake. The experiments were performed in a rectangular laboratory

flume equipped with a lateral intake located on the sidewall of the main channel. The three-dimensional flow pattern within the intake region and the configuration of the laboratory model are presented in Fig. 3. Four inflow discharges of 40, 50, 60, and 70 L/s were examined under three downstream gate conditions, including a closed gate, one-gate opening, and two-gate opening. For each hydraulic condition, the divider wall was installed at two orientations, namely 0° and 12° with respect to the main flow direction, while the control experiments were conducted without the divider wall. The investigated parameters and experimental scenarios are summarized in Tables 1 and 2. Flow depth was measured at the upstream and downstream ends of the divider wall using point gauges, whereas the velocity distribution was determined at three locations along the divider wall using a velocity meter. The diverted discharge was measured through the lateral intake using a calibrated measuring weir installed at the end of the intake channel. Hydraulic performance was evaluated by comparing changes in flow depth, velocity distribution, and diverted discharge between the control and modified configurations. The experimental data were subsequently analyzed to quantify the influence of wall orientation and downstream flow conditions on the efficiency of water diversion into the lateral intake.

Results and Discussion: The experimental results showed that installing a divider wall significantly affected the hydraulic characteristics of the approach flow and improved the performance of the lateral intake. As shown in Figs. 4–6, the flow depth upstream of the divider wall generally decreased, while the downstream flow depth increased compared with the control experiments. These changes became more noticeable at higher discharges and were greater for the 12° wall than for the 0° wall. The velocity measurements (Fig. 7) indicated that the flow pattern varied with the wall orientation. For the 0° configuration, the velocity decreased along the divider wall and then slightly increased near its downstream end. In contrast, the 12° wall produced a gradual increase in velocity toward the downstream end due to the contraction of the flow passage. This flow redistribution created more favorable hydraulic conditions for water diversion into the lateral intake. The diverted discharge was improved under all experimental conditions (Fig. 8 and Tables 3 and 4). Compared with the control condition, both divider wall configurations increased the intake discharge, while the 12° wall consistently provided better performance than the 0° wall. The maximum improvement was achieved at an inflow discharge of 70 L/s with the two-gates-open condition, where the diverted discharge increased by 12.1%. These findings are consistent with previous studies reporting that guide structures improve the approach-flow pattern and enhance the hydraulic efficiency of lateral intakes (Neary et al., 1999; Barkdoll et al., 1999; Ahadian et al., 2024). Overall, the results demonstrate that a properly oriented divider wall is an effective and practical method for increasing the discharge entering a lateral intake.

Conclusion: The present experimental study demonstrated that installing a divider wall upstream of a lateral intake can effectively improve the hydraulic performance of the intake. Compared with the control condition, the divider wall modified the approach-flow pattern by reducing the upstream flow depth, increasing the downstream flow depth, and improving the velocity distribution along the wall. Among the investigated configurations, the 12° divider wall provided the best overall performance and consistently diverted more discharge into the lateral intake than the wall installed parallel to the flow direction. The findings indicate that a simple modification to the divider wall geometry can noticeably enhance water diversion efficiency without requiring major structural changes. Therefore, the proposed configuration can be considered a practical and cost-effective approach for improving the hydraulic performance of lateral intake structures in irrigation and water conveyance systems.

© 2025 University of Zabol, Zabol, Iran.

This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

نشریه علمی
پژوهش‌های مهندسی آب ایران

مقاله پژوهشی، ص ۴۲-۲۵
https://doi.org/10.22034/ijwer.2026.593882.1140

دیواره جداکننده (LTW) همگرا و افزایش دبی آبگیر جانبی

سید زانیار نیک خواه[۱]، جواد احدیان[۲*]، سید محمود کاشفی پور[۲]، سید محسن سجادی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
[۲]استاد، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
[۳]دانشیار، گروه سازه های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

پست الکترونیکی نگارنده مسئول: j.ahadiyan@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۰ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۱/۰۵
وبگاه نشریه: ijwer.uoz.ac.ir

چکیده: آبگیرهای جانبی از پرکاربردترین سازه‌های هیدرولیکی برای انحراف آب از رودخانه‌ها به کانال‌های آبیاری و انتقال آب هستند. با این حال، جدایش جریان، جریان‌های ثانویه و توزیع غیریکنواخت سرعت در بالادست آبگیر، اغلب موجب کاهش راندمان انحراف و تضعیف عملکرد هیدرولیکی این سازه‌ها می‌شوند. در این پژوهش آزمایشگاهی، تاثیر نصب یک دیوار جداکننده زاویه‌دار در بالادست یک آبگیر جانبی ۹۰ درجه بر ویژگی‌های هیدرولیکی جریان ورودی و دبی انحرافی به آبگیر بررسی شد. آزمایش‌ها در چهار دبی جریان (۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ لیتر بر ثانیه)، سه وضعیت بازشدگی دریچه پایین‌دست (دریچه بسته، یک دریچه باز و دو دریچه باز) و دو زاویه نصب دیوار (۰ و ۱۲ درجه) انجام گرفت. عمق جریان، توزیع سرعت و دبی انحرافی اندازه‌گیری و با شرایط شاهد مقایسه شدند. نتایج نشان داد که دیوار جداکننده با زاویه ۱۲ درجه، با افزایش عمق جریان در پایین‌دست، بهبود توزیع سرعت و افزایش دبی ورودی به آبگیر جانبی، مناسب‌ترین شرایط هیدرولیکی را ایجاد می‌کند. در شرایط بهینه، دبی انحرافی نسبت به حالت شاهد، افزایش یافته که این امر بیانگر کارایی آرایش پیشنهادی در بهبود عملکرد هیدرولیکی آبگیر جانبی است.

کلیدواژه‌ها: الگوی جریان، عمق جریان، آبگیر جانبی، دیوار جداکننده.

۱- مقدمه

رودخانه ها بعنوان یکی از منابع مهم جهت تامین آب از دیر باز دارای اهمیت خاصی بوده است، آبگیری از رودخانه و انشعاب جریان از آن از مباحث مهم در مهندسی هیدرولیک و رودخانه است. استفاده از آبگیرهای ثقلی از مناسبترین و در عین حال قدیمیترین روشهای برداشت آب رودخانه برای مصارف گوناگون است. مناسبترین راه انحراف آب در رودخانه‌های مئاندری استفاده از آبگیر جانبی میباشد. این آبگیرهای به تراز سطح آب بسیار وابسته هستند (افضلیان و احدیان، ۱۳۹۶؛ ۱۳۹۷ و منصوری و احدیان، ۱۳۹۶). با نزدیک شدن جریان به کانال آبگیر جانبی بردارهای سرعت به سمت آبگیر هدایت میشوند ایجاد چنین سیستمی باعث بوجود آمدن جریان پیچیدهای میشود، این انحراف آب بوسیله صفحه تقسیم جریان آب انجام میشود (شکل ۱).

تغییرات مومنتم در جریانی که وارد کانال آبگیر جانبی می-شود باعث ایجاد یک ناحیه جداشدگی نزدیک دیوار داخلی

در کانال آبگیر جانبی میگردد. اندرکنش گرادیان فشار جانبی، نیروی گریز از مرکز و نیروی ناشی از تنش برشی بستر باعث عدم تعادل در جریان ورودی به آبگیر شده و باعث بوجود آمدن جریانهای ثانویه میشود. این پدیده مشابه پدیدههایی است که در قوس‌های رودخانه اتفاق میافتد (احدیان و همکاران، ۲۰۲۴؛ نیری و همکاران ۱۹۹۹). زمانی که آبگیری از یک مسیر مستقیم انجام گردد، نواحی جدایی جریان در کانال اصلی و کانال فرعی باعث ایجاد جریانهای چرخشی می‌گردد. این گونه جریان‌ها باعث پدید آمدن نقاطی با تنش برشی صفر در بستر می‌گردد (نقاط تکین) که به عنوان مشخصه‌های اصلی جریان مطرح می‌شوند (چناری و همکاران، ۲۰۲۴). از آنجا که عوامل گوناگونی مثل عدد فرود، زبری بستر، نسبت دبی، نسبت عمق جریان به عرض کانال اصلی و زاویه انحراف آبگیر جانبی بر الگوی جریان در آبگیر جانبی تاثیر دارد، انتخاب زاویه مناسب باعث میگردد که جریان با کمترین تلاطم وارد آبگیر شود (نیری و همکاران ۱۹۹۹).

تجمع رسوبات یکی از مشکلاتیست که در اغلب آبگیرها در دهانه آبگیر به وجود میآید. این موضوع تاثیر بسزایی بر کاهش ظرفیت آبگیر ایجاد میکند. به خصوص آبگیرهایی که در قوس رودخانه‌ها احداث می‌شوند حامل مشکلات عدیده‌ای از رسوبات هستند که راهکارهای مهمی برای آنها لازم است اندیشیده شود (تامرادی و احدیان، ۲۰۲۱). ورود رسوبات به کانال آبگیر نیز از تبعات ثانویه آن می باشد که پس از ته‌نشین شدن مشکلات زیادی را در قسمتهای مختلف شبکه به وجود میآورد (نیکخواه و همکاران، ۲۰۲۶). یکی از راه کارهای هزینه بردار، عملیات لایروبی مکرر دهانه آبگیر و کانال می باشد که این راه کار، یک راه کار غیردائمی و غیراقتصادی است. افزایش رسوب در کانال همچنین باعث رشد گیاهان میشود که مقاومت در برابر جریان را فراهم میکند. به منظور کاهش هزینه‌های لایروبی ضروری است که در محل آبگیرها توجه ویژه‌ای به روش‌های کنترل رسوب نمود و جهت جلوگیری از ورود رسوبات به دهانههای آبگیر و کانال آبرسان اقدام نمود. در این خصوص انتخاب روش یا روشهای مناسب برای جلوگیری از این مشکل، منوط به بررسی کامل و دقیق شرایط هیدرولیکی، مورفولوژیکی و رسوبی رودخانه و در نظر گرفتن ویژگیهای فنی و اقتصادی طرح میباشد. چرا که درک و شناخت صحیح از نحوه حمل و ترسیب مواد جامد در آبراهه اصلی، دهانه آبگیر و کانال انتقال، امکان ارائه طرحهای مناسب و استفاده درست از سازههای جداکننده رسوب را فراهم می‌آورد. در این تحقیق بررسی اثر کارگذاری دیواره جداکننده زاویه دار قبل از آبگیر، بر افزایش دبی ورودی به آبگیر جانبی، مقادیر سرعت، عمق جریان قبل از دهانه آبگیر و مقدار دبی ورودی به آبگیر جانبی در دبی و شرایط بازشدگی مختلف دریچه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بسیاری از سازه‌های تنظیم آب در پایین دست آبگیرهای جانبی نیز حاوی چنین مشکلاتی هستند (مبارک و همکاران، ۲۰۲۲؛ فتحی و همکاران، ۲۰۲۴؛ خیبر و همکاران ۲۰۲۵). در خصوص اصلاح الگوی جریان در دهانه‌های آبگیر تحقیقات زیادی انجام شده است که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: گوهری و همکاران (۱۳۸۹) به مطالعه الگوی جریان در آبگیر جانبی با استفاده همزمان از صفحات مستغرق و آبشکن در بسترهای آبرفتی بصورت آزمایشگاهی پرداختند. در تحقیق به طور همزمان از دو سازه آبشکن و صفحات مستغرق در جلوی آبگیر استفاده شده است. آن‌ها الگوی جریان برای سه نسبت انحرافی ۱۳, ۱۸ و ۲۴ درصد را بررسی نمودند. طول نسبی آبشکن به کار رفته در الگوی جریان ۰/۲۵ (L_D/B)، فاصله آبشکن از مقابل آبگیر برابر با ۲ (L_I/b)، و زاویه آن با جریان در کانال اصلی ۴۵ درجه بوده است. نتایج نشان داد، طول ناحیه جدایی جریان در داخل آبگیر با افزایش دبی انحرافی به آبگیر کاهش پیدا می‌کند. با نصب آبشکن در مقابل آبگیر، عرض خط جدایی جریان در کف کاهش و در سطح افزایش می‌یابد که با این عمل ناحیه تحت تاثیر آبگیر در کف کاهش یافته و مقدار ورود رسوبات به آبگیر نیز کاهش می‌یابد.

جلیلی و همکاران (۱۳۹۰) به تاثیر هندسه دهانه آبگیر بر مقدار و الگوی رسوب گذاری در آبگیر جانبی پرداختند. نتایج آزمایش های انجام شده بر روی هندسه دهانه آبگیر نشان داد که ایجاد قوس بهینه در دیواره کانال آبگیر

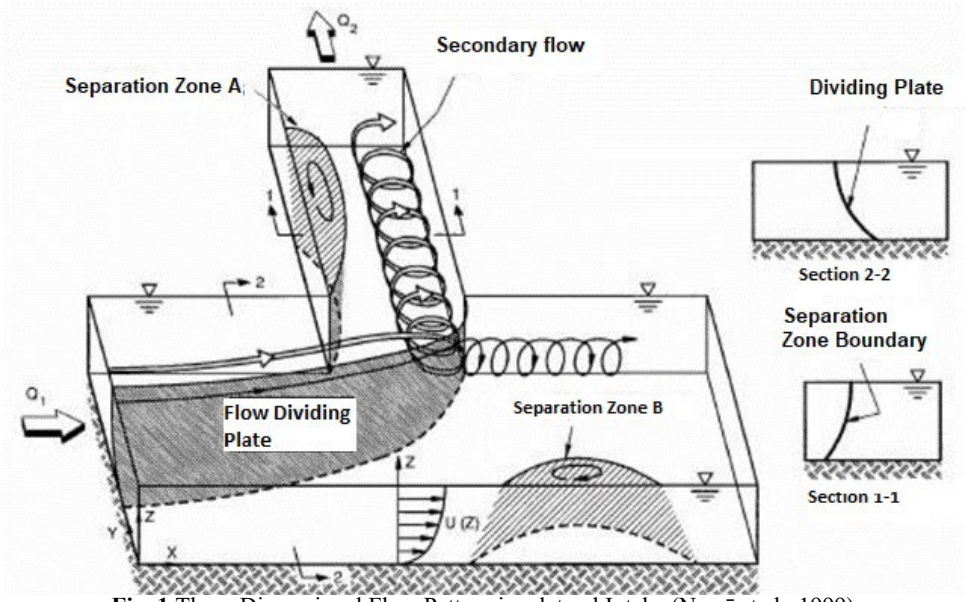


Fig. 1 Three-Dimensional Flow Pattern in a lateral Intake (Neyrī et al., 1999)

شکل ۱ الگوی جریان سه بعدی در آبگیر جانبی (نیری و همکاران ۱۹۹۹)

منجر به کاهش مقدار رسوب ورودی در ۳ نسبت دبی ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ به ترتیب به میزان، ۵۸ درصد، ۵۰ درصد و ۳۳ درصد می‌شود.

حسن پور و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی عملکرد صفحات مستغرق مرکب جهت کنترل رسوب در دهانه آبگیر جانبی ۹۰ درجه پرداختند. نتایج نشان داد که در بین گزینه‌های مختلف صفحات مستغرق مرکب، گزینه صفحات مستغرق مرکب با CH=0.5 (پارامتر مشخصه ارتفاع صفحه سطحی) توانست عملکرد بهتری در کنترل رسوب ورودی به آبگیر داشته باشد. این گزینه در نسبت آبگیری ۸ درصد بطور کامل از ورود رسوبات به دهانه آبگیر جلوگیری نمود و در نسبت آبگیری ۱۶ درصد نیز عملکرد بهتری در مقایسه با سایر گزینه‌ها داشت.

سیدیان و همکاران (۱۳۹۲) در مجموعه آزمایش هایی تغییرات الگوی جریان در آبگیر جانبی با مایل شدن دیواره کانال اصلی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد در یک نسبت آبگیری با مایل شدن دیواره، عرض مجرای جریان در ترازهای مختلف عمق کاهش می‌یابد. بیشترین تاثیر تغییر عرض مجرای جریان در لایه کف بود که حاوی غلظت بالای رسوب است و کاهش این عرض باعث کاهش رسوب ورودی به آبگیر می‌گردد. معروفی نیا و همکاران (۱۳۹۵) تاثیر صفحات مستغرق و آبشکن در کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی با استفاده از نرم افزارSSIIM2 را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که کارآیی صفحات با احداث آب شکن در ضلع مقابل آبگیر افزایش پیدا کرده و مقدار ورود رسوبات به آبگیر کاهش پیدا می‌کند. نتایج عددی حاصل از تحقیق ایشان با نتایج آزمایشگاهی مورد مقایسه قرار گرفت که مطابقت خوبی بین مقادیر فاصله حاصله و نتایج آزمایشگاهی دیده شد. کرمی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) اثر دبی انحرافی، شکل دهانه آبگیر، توپوگرافی و زبری بستر بر ابعاد جداشدگی جریان و تنش برشی در آبگیر جانبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد در نسبت دبی انحرافی بیشتر و ورودی گردگوشه، ابعاد جداشدگی تا حدود ۹۷ درصد نسبت به حالت تیزگوشه کاهش می‌یابد. علاوه بر این، وجود رسوب باعث کاهش طول و عرض جداشدگی جریان می‌شود. از طرفی آن‌ها نشان دادند مقدار تنش برشی در حالت ورودی گردگوشه کمتر است. در حالت بدون صفحه، تنش برشی بیشتر است و با نصب صفحه مستغرق با آرایش موازی و زیگزاگی و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه، تنش برشی در نقاط عرضی یکنواخت می‌شود. مرادی نژاد و همکاران

(۱۳۹۷) تاثیر زاویه دیوار جدا کننده روی کنترل رسوب در دهانه آبگیر را به صورت آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان حاکی از آن بود که در حالت وجود دیوار جداکننده و ترکیب آن با آبشکن، رسوب ورودی به آبگیر به طور متوسط در دیوار با زاویه ۱۰ درجه ۸۱ درصد، دیوار با زاویه ۱۴ درجه ۷۸ درصد و دیوار با زاویه ۱۸ درجه ۷۶ درصد کاهش یافته است. حبیبی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی آزمایشگاهی تاثیر شکل هندسی صفحات مستغرق بر جریان حاوی رسوب ورودی به آبگیر جانبی در قوس رودخانه پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد، نسبت آبگیری یکی از عوامل مهم و موثر در شکل‌گیری و تعیین ابعاد ناحیه گردابی است. با افزایش این نسبت, طول و عرض نسبی ناحیه گردابی کاهش می‌یابد. ابعاد ناحیه گردابی تا حدودی متاثر از زاویه استقرار صفحات مستغرق می‌باشد؛ به گونه‌ای که طول و عرض نسبی ناحیه گردابی در مقایسه با حالت بدون وجود صفحات مستغرق، با افزایش زاویه استقرار صفحات به طور متوسط به ترتیب حدود ۵ درصد افزایش و حدود ۷ درصد کاهش یافته است. رستم آبادی (۱۳۹۹) به مطالعه عددی تاثیر تغییر پارامترهای هندسی آبگیر و آرایش صفحات مستغرق بر ضریب پاد رسوبی آبگیر پرداخت. در پژوهش وی ۲۷ سناریوی عددی به منظور بررسی تاثیر استفاده از صفحات مستغرق در رسوب ورودی به آبگیر صورت گرفته است. نتایج وی نشان داد که بیشترین ضریب ضد رسوب آبگیر مربوط به حالتی است که در آن عرض آبگیر در یک زاویه مشخص نسبت به قوس مرکزی احداث شود. عطارزاده و همکاران (۱۳۹۹) تاثیر سامانه‌های مختلف کنترل رسوب بر توپوگرافی بستر در آبگیر جانبی ۹۰ درجه را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد هم تک تک سازه‌ها و بویژه صفحات مستغرق و آبشکن و هم ترکیب آنها و بعلاوه ابعاد سازه‌های مذکور، موجب تاثیرات چشمگیری بر توپوگرافی بستر در بالادست، جلوی دهانه آبگیر و پایین دست آبگیر در کانال اصلی و بویژه در اطراف ساحل متصل به آبگیر میشود که قاعدتا بر میزان رسوب ورودی به آبگیر اثرگذار خواهد بود.

حسنی زاده و همکاران (۱۴۰۰) با انجام آزمایش‌هایی به تعیین زاویه و ارتفاع مناسب تیغه‌های مستغرق به منظور کنترل رسوب ورودی به کانال آبگیر جانبی در تبدیل ها با استفاده از مدلسازی عددی پرداختند. مدلسازی انجام شده نشان داد که با افزایش زاویه و کاهش ارتفاع تیغه، انتقال رسوب به کانال فرعی بیشتر می‌گردد. سراجیان و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی اثر ترکیب همگرایی و صفحات مستغرق بر روی هیدرولیک جریان ورودی به آبگیر جانبی در قوس ۹۰ درجه رودخانه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد با همگرا کردن کانال آزمایشگاهی دبی انحرافی به آبگیر افزایش پیدا کرده است. هر چه انتهای کانال همگراتر شود باعث افزایش بیشتر دبی انحرافی می‌شود به طوریکه با همگرا کردن کانال (b/B) از صفر تا ۰/۷۵ دبی انحرافی به آبگیر به طور متوسط از ۹/۶۴ به ۴/۸۱ درصد رسیده است. با نصب صفحات مستغرق دبی انحرافی به آبگیر کاهش پیدا کرده است. به طوریکه با نصب صفحات مستغرق با زاویه ۲۵ الی ۶۰ درجه دبی انحرافی به آبگیر به طور متوسط نسبت به مدل بدون صفحه مستغرق حدود ۱۰ درصد کاهش داشته است. همچنین با افزایش عدد فرود از ۰/۱۴ به ۰/۲۳ دبی انحرافی به آبگیر به طور متوسط ۳/۵ درصد کاهش داشته است. احدیان و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی آزمایشگاهی اثر دیوار جداکننده هدایتی در اصلاح الگوی جریان ورودی به آبگیرهای جانبی پرداختند. در این طرح به بررسی اثر دیوار جداکننده بر هیدرولیک جریان رودخانه قبل از آبگیر جانبی پرداخته شد و بدین منظور از دیوار جداکننده در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق در پنج دبی ۴۰،۵۰،۶۰،۷۰ و ۸۵ لیتر بر ثانیه و دو حالت بازشدگی دریچه با ۳۰ و ۱۰۰ درصد بازشدگی استفاده گردید. نتایج نشان داد که دیوار مستغرق اثر بیشتری نسبت به دیوار غیر مستغرق بر عمق جریان دارد و در بسیاری از دبی ها موجب کاهش عمق جریان در پایین دست آبگیر گردید. بیشترین مقدار کاهش معادل ۴/۷۶ درصد در دبی ۴۰ لیتر بر ثانیه و بازشدگی ۱۰۰ درصد دریچه در اثر کارگذاری دیوار مستغرق بود. جهت بررسی اثر دیوار مستغرق بر سرعت جریان، مقادیر سرعت جریان در سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای دیوار، در پنج دبی ۴۰،۵۰،۶۰،۷۰ و ۸۵ لیتر بر ثانیه موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد درصد کاهش سرعت در میانه دیوار نسبت به ابتدای آن به ترتیب برابر ۶۰، ۵۵/۲، ۴۵/۹، ۳۷/۵

و ۲۹/۴ درصد است که با افزایش دبی اثر دیوار بر مقادیر سرعت نیز کاهش یافت. بررسی اثر دیوار جداکننده در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق بر مقدار دبی آبگیر نشان داد که مانع غیر مستغرق در تمامی دبی ها به طور نامحسوسی موجب کاهش دبی آبگیر شده است؛ اما دیوار مستغرق در دبی ۴۰ لیتر بر ثانیه موجب افزایش دبی به مقدار ٪۱۲/۲۹ گردید. با افزایش دبی اثر این دیوار بر دبی آبگیر نیز کاهش پیدا کرد.

بارکدول و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی اثر قرارگیری دیواره جداکننده در مسیر جریان، بر تغییرات الگوی جریان و درنتیجه کنترل رسوب ورودی به آبگیر پرداختند. این سازه‌ها از دو صفحه متصل به ساحل تحت زوایای معین تشکیل شده اند. به گونه ای که صفحه دوم به موازات دیوار جانبی امتداد خواهد یافت و رسوبات را از دهانه آبگیر دور نموده و درنتیجه حجم ورود رسوب به آبگیر کاهش می‌یابد. به منظور افزایش کارایی می‌توان از آبشکن نیز در مقابل آبگیر استفاده نمود. خالد و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از مدل عددی شبیه سازی رسوب در ورودی آبگیر با گزینه چند بلوکی (SSIIM2) به تجزیه و تحلیل روند انتقال رسوب در آبگیر کانال پیوند در کشور پاکستان (MRLC) پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که دینامیک سیالات محاسباتی مدل مذکور در شبیه جریان سه بعدی حامل رسوبات موثر و مفید خواهد بود. استروهی و همکاران (۲۰۱۷) به تاثیر به کارگیری صفحات (پره) مستغرق در کنترل و کاهش رسوبات ورودی به آبگیر پرداختند. نتایج نشان داد که هرچه ردیف های صفحات در مسیر جریان بیشتر شود، میزان رسوب ورودی کاهش خواهد یافت. علاوه براین هرچه فواصل بین ردیف پره‌ها بیشتر شود، میزان رسوب ورودی نیز کمتر می‌شود. کاهش زاویه انحراف جریان از ۴۵ به ۱۵ درجه نیز در کاهش میزان رسوبات ورودی موثر خواهد بود. الزبیدی و هیلو (۲۰۲۲) یک مدل هیدرودینامیکی با استفاده از معادله ناویر-استوکس برای جریان سیالات تراکم ناپذیر مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از نرم افزار ANSYS FIUENT 19.2، الگوهای جریان سه بعدی در یک آبگیر جانبی شبیه سازی شد. نتایج شبیه سازی در این مطالعه با استفاده از داده‌های تجربی انجام شده توسط تحقیقات قبلی مورد صحت سنجی قرار گرفت. که این نتایج مطابقت مناسبی را بین نتایج تجربی و عددی در زمانی که مدل ویسکوز آشفتگی k-ω به کار گرفته شد نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این مطالعه، زاویه انشعاب ۳۰ تا ۴۵ درجه بهینه ترین حالت برای افزایش دبی انحرافی، کاهش غلظت رسوبات وارده و نیز کاهش عمق آبشستگی در ناحیه اتصال است. احمد و سولیمن (۲۰۲۲) یک مدل فیزیکی برای بررسی تاثیر زوایای مختلف ورودی آبگیر بر میزان رسوبات وارده به آن را ارائه نموده و مورد بررسی قرار دادند. پنج زاویه ورودی مختلف (۱۱۰ الی ۱۷۰ درجه) برای ورودی جانبی با نسبت‌های جریان مختلف بررسی شد. برای بررسی بیشتر حساسیت و تحلیل پارامتری، از مدل‌های مبتنی بر LSL و ANN جهت مقایسه نتایج عددی و نتایج تجربی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل نتایج تجربی نشان داد که زاویه ورودی ۱۶۰ درجه نتایج بهتری نسبت به سایر زوایای ورودی داشته و به طور موثرتری از ورود رسوبات جلوگیری به عمل می‌آورد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که ناحیه جداسازی در بالاترین نسبت دبی جریان در هر دو زاویه ورودی ۱۶۰ درجه و ۱۷۰ درجه تقریبا به صورت کامل از بین می‌رود. وی هی و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از نرم افزار منبع باز OpenFoam، تاثیر شیبدار نمودن دیواره آبگیر را بر ابعاد ناحیه جداشدگی جریان و در نتیجه بر راندمان سیستم و میزان رسوب ورودی مورد مدلسازی و بررسی قرار دادند. این مدل با آزمایش‌های مدل فیزیکی برای یک آبگیر جانبی ۹۰ درجه صورت پذیرفت. میدان‌های جریان، ابعاد ناحیه جداشدگی، دبی انحرافی به آبگیر و سرعت‌های کانال اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج مطالعات نشان داد که در شرایط دیواره جانبی شیبدار، آب در یک زاویه مایل وارد آبگیر می‌شود و باعث ایجاد جریان‌های مارپیچی سه بعدی قابل‌توجهی در ورودی به جای چرخش دو بعدی بسته می‌شود. علاوه برا این کاهش نسبت آبگیری، ارتفاع کمتر آبگیر و تغییر در سرعت کانال اصلی بالاتر می‌تواند این پدیده را بیشتر تقویت کند. علاوه بر این مشاهده شد که در شرایط دیواره شیب دار، میزان رسوب ورودی به آبگیر در مقایسه با دیواره قائم کاهش خواهد یافت.

مرادی نژاد و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی با استفاده از مدل عددی Flow-3D به شبیه‌سازی الگوی جریان در کانال آبرفتی و آبگیر جانبی ۶۰ درجه پرداختند. آن‌ها برای اولین بار از سازه دیوار جداکننده به منظور کنترل ورود رسوب به آبگیر استفاده کردند. نتایج نشان داد که نصب دیوار جداکننده در مقابل آبگیر، عرض جدایی جریان در نزدیکی بستر (که حاوی رسوب بیشتری است) را کاهش و در سطح آب (با رسوب کمتر) افزایش می‌دهد. افزودن یک آبشکن با زاویه ۶۰ درجه و فاصله ۲ برابر عرض کانال آبگیر از مرکز دهانه، سرعت جریان اصلی را ۱.۵ برابر نسبت به حالت بدون آبشکن افزایش داد و سرعت طولی در لایه نزدیک بستر را ۲.۲۵ برابر و سرعت عرضی در لایه سطحی را ۱.۳۳ برابر نسبت به حالت بدون آبشکن افزایش داد.

ژائو و همکاران (۲۰۲۶) به بررسی مکانیسم‌های انتقال رسوب معلق در شرایط برداشت همزمان از دو آبگیر جانبی موازی پرداخته‌اند. ایشان با استفاده از یک مدل عددی فاز گسسته (DPM) که با داده‌های تجربی اعتبارسنجی شده، فرآیند حرکت ذرات رسوب را در چهار مرحله مجزا شناسایی نمودند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری در آبگیرها از یک رابطه توان منفی با نسبت دبی آبگیری پیروی می‌کند. همچنین مشخص شد که ناحیه جدایش جریان در ورودی آبگیر و جریان‌های ثانویه حلزونی ناشی از برداشت جریان، عوامل کلیدی در تعیین میزان رسوب ورودی به آبگیر هستند.

بر اساس مروری بر تحقیقات گذشته و با توجه به اهمیت اصلاح الگوی جریان در قوس‌ها و در محل آبگیری از رودخانه‌ها، این تحقیق به دنبال روشی برای اصلاح الگوی جریان و افزایش راندمان آبگیری بناگردید. در این راستا با توجه به اینکه در تحقیقات گذشته دیوارهای هدایت کننده به موازات جریان اصلی در رودخانه‌ها برای بالادست آبگیرهای جانبی کمتر مورد توجه قرار گرفته است، این تحقیق بر این اصل استوار گردید که چنین سازه‌ای با کمترین دخالت در شرایط هندسی رودخانه بتواند الگوی جریان ورودی به آبگیر را داشته باشد.

۲- روششناسی

مدل فیزیکی این پژوهش، در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده علوم آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز ساخته شد. مدل آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل مدل رودخانه و آبگیر جانبی می‌باشد. آبگیری این مدل از طریق مخزن آب موجود و ایستگاه پمپاژ مستغرق در این مخزن انجام گرفت. مدل رودخانه شامل یک حوضچه آرام کننده جریان می‌باشد تا اثرات پمپاژ بر پروفیل های تشکیل شده به حداقل کاهش یابد. پس از آرام شدن جریان، آب به کانال اصلی وارد خواهد شد. در انتهای این کانال ۳ عدد دریچه کشویی برای کنترل و تنظیم دبی و سطح آب نصب شده و در دیواره سمت چپ کانال نیز یک آبگیر تعبیه گردیده است. دبی ورودی به این آبگیر از طریق یک سرریز لبه تیز مستطیلی در خروجی آبگیر اندازه گیری می‌گردید. همچنین رقوم کف کانال جانبی پنج سانتی متر بالاتر از رقوم کف کانال اصلی در نظر گرفته شد. دیواره جداکننده به طول ۲ متر در نظر گرفته شد (شکل ۲). عرض مورد نیاز برای کانال اصلی ۲/۲ متر و ارتفاع حدود ۹۰ سانتیمتر خواهد بود که یک آبگیر ۷۹ درجه در فاصله طولی حدود ۵ متر از ابتدای آن تعبیه خواهد شد. ابعاد مدل آزمایشگاهی بر اساس مقیاس ۱ به ۱۵ برای ابعاد هندسی (طول و عرض کانال) و ۱ به ۸ برای مقیاس عمودی در نظر گرفته شده است.

در این طرح، جهت اندازه گیری دبی ورودی از یک دستگاه دبی سنج آلتراسونیک استفاده گردید. همچنین به منظور تدقیق محاسبه دبی جریان در انتهای کانال جانبی، یک سرریز لبه تیز مستطیلی در انتهای کانال آبگیر تعبیه شده است. جهت قرائت و برداشت عمق جریان در کانال اصلی، در نقاط مختلف آن، مترگذاری صورت گرفت تا عمق جریان در بالادست و پایین دست دیواره جداکننده محاسبه گردد و شرایط آن مورد بررسی قرار گیرد. از یک دستگاه سرعت سنج صوتی داپلر ADV نیز به منظور محاسبه پارامتر سرعت جریان استفاده گردید. در این مدل ابتدا آب در ابتدای کانال توسط یک سیستم آرام کننده، آرام می‌شود سپس وارد کانال اصلی میگردد. دیوار جدا کننده بهصورت



b) Flow Straightener a) Lateral Intake and Control Gate

d) Divider Wall c) Main Channel

Fig. 2 View of the Experimental Model

شکل ۲ نمایی از مدل آزمایشگاهی

موازی با جریان آب کارگذاری گردید. در واقع هدف اساسی این تحقیق بررسی اثر فاصله دیوار جداکننده موازی با جریان اصلی برای افزایش راندمان آبگیری در کانال جانبی بود. این دیوار جداکننده با تقسیم جریان به دو بخش و تغییر در خطوط جریان میتواند باعث افزایش راندمان آبگیری شود.

شکل ۳ تصویری شماتیک از فلوم آزمایشگاهی ارائه می دهد. متغیرهای طرح حاضر در جدول ۱ آورده شده اند. در این طرح چهار دبی ذکر شده با سه مقدار درصد بازشدگی دریچه انتهایی کانال، بدون کارگذاری دیوار جداکننده بعنوان آزمایش شاهد در نظر گرفته شد. سپس آزماش‌های ذکر شده در دو حالت با زاویه ۰ و ۱۲ درجه نسبت به جهت جریان در فاصله ۱ متری از دهانه آبگیر جهت مقایسه اثر زاویه دیوار جدا کننده، گرفته شد. دبی ورودی به کانال اصلی از طریق یک دبی سنج آلتراسونیک که برروی لوله خروجی از پمپ کارگذاری شده است کنترل گردید. علاوه بر این جهت مشاهده دبی عبوری از آبگیر یک سرریز در انتهای کانال آبگیر نصب و صحت سنجی گردید، آزمایش ها در سه حالت دریچه بسته (بازشدگی ٪۰) یک دریچه باز و دو دریچه باز که جریان در کانال بصورت آزاد می باشد هدایت گردید. به منظور ساده نویسی در متن، هر کدام از سناریوهای تعریف شده با استفاده از علایم اختصاری مشخص و در جدول ۲ تعریف شدند.

پس از ورود آب به کانال در هر دبی پس از به تعادل رسیدن جریان در ابتدا (قبل از دیوار جدا کننده) و انتهای کانال (قبل از آبگیر) با استفاده از مترهای کارگذاری شده و عمق سنج (Y1 و Y2) ارتفاع سطح جریان اندازه گرفته شد. دبی ورودی به کانال از طریق شیر موجود و همچنین دبی سنج نصب شده بر روی لوله ورودی به کانال تنظیم گردید. در هر آزمایش پس از اندازه گیری عمق جریان در بالادست

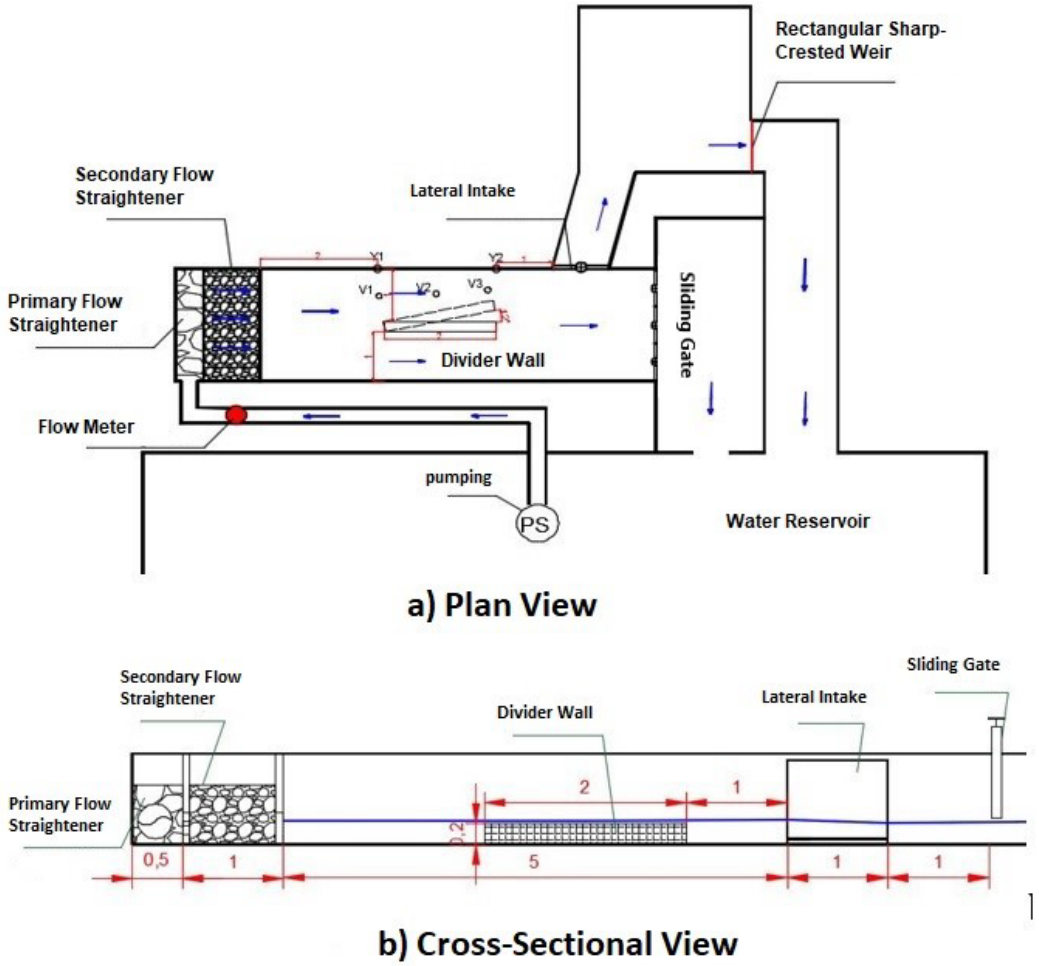


Fig. 3 Schematic Diagram of the Experimental Flume

شکل ۳ تصویر شماتیک فلوم آزمایشگاهی

و پایین دست دیوار جدا کننده مقدار دبی از طریق سرریز انتهایی آبگیر جانبی برداشت گردید. آزمایش ها در سه حالت بازشدگی مختلف (کل دریچه ها بسته-یک دریچه باز-دو دریچه باز) در دو زاویه ۰ و ۱۲ درجه نسبت به جهت جریان انجام پذیرفت . سرعت های متوسط در سه نقطه V1 در ورودی V2 در میانه و V3 در انتهای دیوار جداکننده برداشت گردید.

۳- نتایج و بحث

با بررسی نمودار الف و ب در شکل ۴ مشاهده می‌شود که مقدار عمق جریان در ابتدا و انتهای دیوار جداکننده با افزایش دبی کل افزایش می‌یابد. با مقایسه عمق جریان قبل از دیوار جداکننده (Y1) در تمامی آزماش ها می توان مشاهده کرد پس از کارگذاری دیواره عمق جریان نسبت به حالت شاهد کاهش یافته است که این مقدار در حالت کارگذاری دیواره با زاویه ۱۲ درجه کمتر بوده است، همچنین می‌توان مشاهده کرد عمق جریان بعد از دیواره (Y2) نسبت به قبل آن در تمامی آزمایش ها افزایشی بوده است که این موضوع نشان دهنده کاهش سرعت جریان در بعد از دیوار نسبت به قبل از دیوار می باشد همچنین دیواره جدا کننده در حالت زاویه کارگذاری ۱۲ درجه افزایش عمق بیشتری نسبت به حالت زاویه ۰ درجه داشته است.

جدول ۱ محدوده تغییرات پارامترها در آزمایش ها

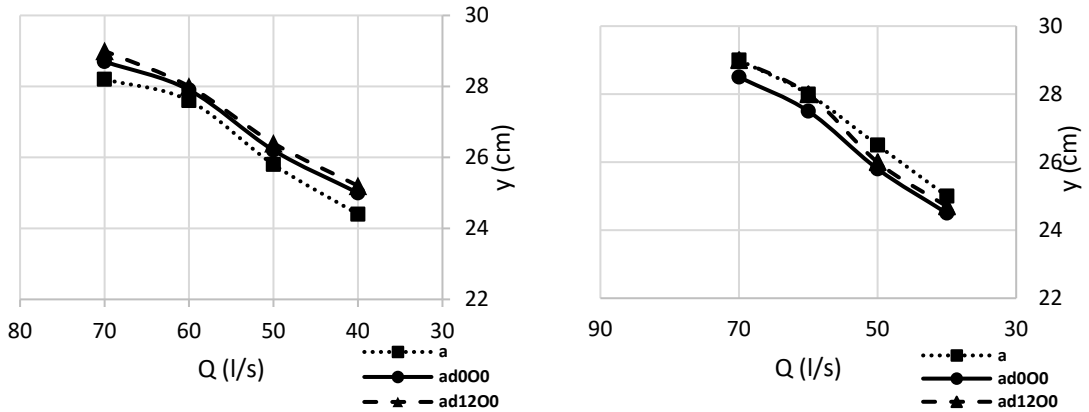
Table 1 Range of Parameter Variations in the Experiments

Parameters	Flow rate (L/s) (Q)	Wall angle relative to flow direction (degree) (ad)	Number of gate openings (O)
Range of variation	40-50-60-70	0°	0 - 1 - 2
		12°	0 - 1 - 2

جدول ۲ علائم اختصاری سناریوهای تعریف شده

Table 2 Abbreviations of the Defined Scenarios

Row	Flow rate (Q)	Wall angle relative to flow direction (ad)	gate opening (O)	Abbreviations
1	40	0	0	Q40ad0O0
2			1	Q40ad0O1
3			2	Q40ad0O2
4		1	0	Q40ad12O0
5			1	Q40ad12O1
6			2	Q40ad12O2
7	50	0	0	Q50ad0O0
8			1	Q50ad0O1
9			2	Q50ad0O2
10		1	0	Q50ad12O0
11			1	Q50ad12O1
12			2	Q50ad12O2
13	60	0	0	Q60ad12O0
14			1	Q60ad0O1
15			2	Q60ad0O2
16		1	0	Q60ad1O0
17			1	Q60ad12O1
18			2	Q60ad12O2
19	70	0	0	Q70ad0O0
20			1	Q70ad0O1
21			2	Q70ad0O2
22		1	0	Q70ad12O0
23			1	Q70ad12O1
24			2	Q70ad12O2



(b) Flow Depth Downstream of the Divider Wall

ب-عمق جریان در پایین دست دیوار جداکننده

(a) Flow Depth Upstream of the Divider Wall

الف-عمق جریان در بالادست دیوار جداکننده

Fig. 4 Effects of the Divider Wall on Flow Depth at the Upstream and Downstream Ends under the Closed-Gate Condition

شکل ۴ اثرات دیواره جدا کننده بر عمق جریان در ابتدا و انتهای دیوار جداکننده در حالت دریچه بسته

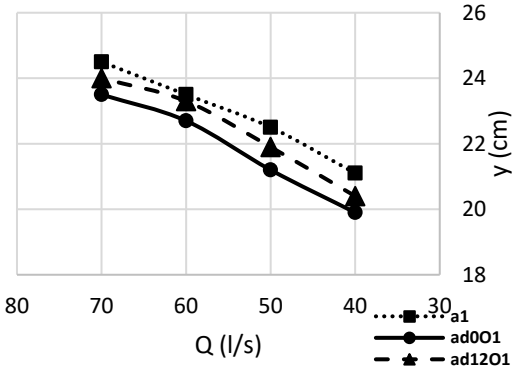
از نمودار الف و ب در شکل ۵ می توان مشاهده نمود عمق جریان قبل از دیوار جداکننده (Y1) در کل دبی ها نسبت به حالت شاهد کمتر شده است و این مقدار در حالت کارگذاری دیوار با زاویه ۰ درجه نسبت به حالت ۱۲ درجه کاهش بیشتری داشته است.این امر ناشی از ورودی قیفی-شکل در حالت زاویه دار می باشد که جریان با ورود به محدوده دیوار و افزایش مقطع عرضی افت کمتری ایجاد شده است. عمق جریان در بعد از دیواره جداکننده (Y2) در تمامی دبی ها نسبت به حالت شاهد دارای افزایش ارتفاع بوده است در حالت کارگذاری دیوار زاویه دار مقدار افزایش عمق نسبت به حالت کارگذاری دیوار موازی با جریان، بیشتر بوده است.در دبی های پایین(۴۰ و ۵۰ لیتر بر ثانیه) افزایش ارتفاع در هر دو حالت کارگذاری دیوار بسیار ناچیز بوده است که با افزایش دبی این مقدار نیز افزایش داشته است.

شکل ۶ اثرات دیواره جدا کننده بر عمق جریان در ابتدا و انتهای دیوار جداکننده در حالت دو دریچه باز را نشان می دهد شکلهای ۶ الف و ب به‌ترتیب مربوط به تغییرات عمق در بالادست (Y1) و پایین دست (Y2) دیوار جداکننده می باشد. تغییرات عمق جریان در این حالت مشابه حالت یک دریچه باز بود و عمق جریان قبل از دیوار جداکننده (Y1) نسبت به حالت شاهد کمتر شده است و این مقدار در حالت کارگذاری دیوار با زاویه ۰ درجه نسبت به حالت ۱۲ درجه کاهش بیشتری داشته است. عمق جریان در بعد از دیواره جداکننده (Y2) نیز نسبت به حالت شاهد دارای افزایش ارتفاع بوده است در حالت کارگذاری دیوار زاویه دار مقدار افزایش عمق نسبت به حالت کارگذاری دیوار موازی با جریان، بیشتر بوده است.

بطور کلی با بازشدگی دریچه پایین دست مقدار کاهش عمق محسوس تر می باشد. در واقع تغییرات عمق ابتدا و انتهای دیوار جداکننده به عنوان یک معیار سنجش راندمان آبگیری می‌تواند مورد ارزیابی واقع شود. موقعی که در انتهای دیوار و نزدیک کانال جانبی عمق افزایش یابد در واقع خطوط جریان در نزدیکی آبگیری جانبی دارای انحنای کمتر بوده و به این لحاظ راندمان آبگیری افزایش می‌یابد. مقدار عمق جریان قبل و بعد از دیواره در حالت بازشدگی دریچه نسبت به حالت بسته بودن دریچه‌ها کاهش محسوسی داشته است که این مقدار در حالت گشودگی دو دریچه نسبت به یک دریچه بیشتر بوده است.

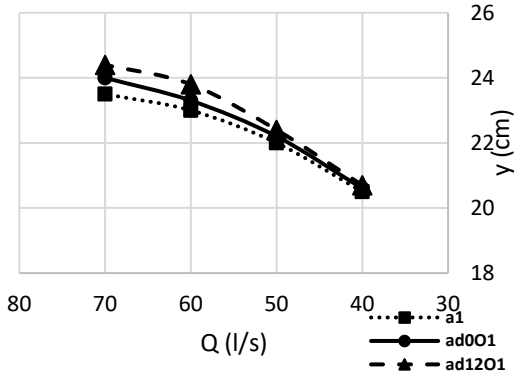
به طور کلی می توان نتیجه گرفت زاویه دیواره تاثیر محسوسی بر عمق جریان خواهد داشت و عمق جریان علاوه بر گشودگی دریچه های پایین دست تحت تاثیر کارگذاری دیواره جداکننده تغییر کرده است.

در شکل ۷ سرعت جریان در دبی ۴۰ لیتر بر ثانیه در دو حالت کارگذاری دیواره با زاویه ۰ و ۱۲ درجه نسبت به جهت جریان و دو حالت گشودگی دریچه باز و دریچه بسته در سه نقطه توسط سرعت سنج اندازه گیری شده نشان داده شده است.



(a) Flow Depth Upstream of the Divider Wall

الف-عمق جریان در بالادست دیوار جداکننده

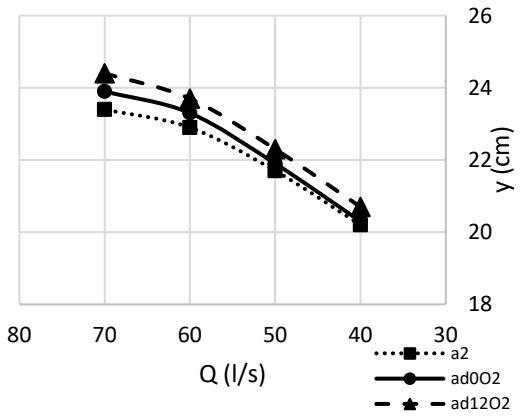


(b) Flow Depth Downstream of the Divider Wall

ب-عمق جریان در پایین دست دیوار جداکننده

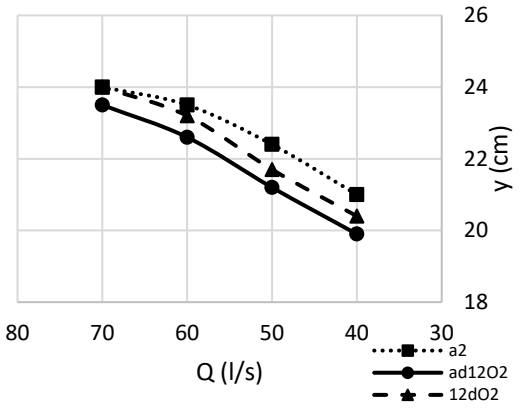
Fig. 5 Effects of the Divider Wall on Flow Depth at the Upstream and Downstream Ends of the Divider Wall under the One-Gate-Open Condition

شکل ۵ اثرات دیواره جدا کننده بر عمق جریان در ابتدا و انتهای دیوار جداکننده در حالت یک دریچه باز



(b) Flow Depth Downstream of the Divider Wall

ب-عمق جریان در پایین دست دیوار جداکننده



(a) Flow Depth Upstream of the Divider Wall

الف-عمق جریان در بالادست دیوار جداکننده

Fig. 6 Effects of the Divider Wall on Flow Depth at the Upstream and Downstream Ends under the Two-Gates-Open Condition

شکل ۶ اثرات دیواره جدا کننده بر عمق جریان در ابتدا و انتهای دیوار جداکننده در حالت دو دریچه باز

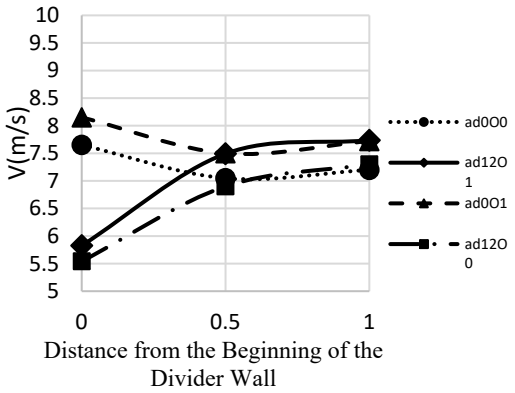


Fig. 7 Flow Velocity at Different Discharges

شکل ۷ نمودار سرعت جریان در دبی های مختلف

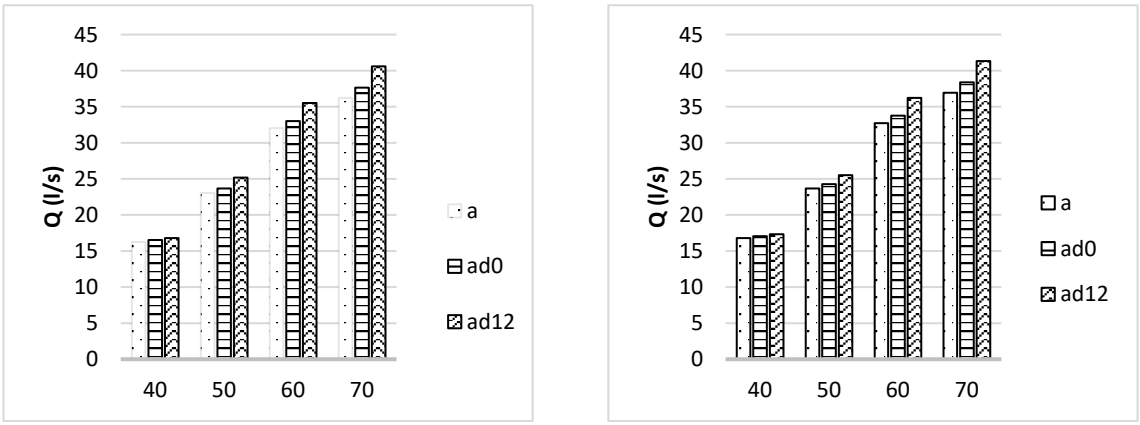
نقطه اول در ابتدای دیوار، نقطه دوم در وسط دیوار و نقطه سوم در انتهای دیوار انتخاب گردید. همانطور که مشاهده می‌شود در دو حالت کارگذاری دیواره با زاویه ۰ درجه، با ورود جریان به مسیر دیوار جدا کننده سرعت جریان کاهش می‌یابد و کمترین سرعت ثبت شده در وسط دیوار می‌باشد. با حرکت جریان به سمت انتهای دیوار سرعت جریان روند صعودی خواهد داشت. با گشودگی دریچه سرعت بطور کلی نسبت به حالت دریچه بسته بیشتر بوده است. میتوان این موضوع را به جریان آزاد در کانال بر اثر بازشدگی دریچه عنوان کرد. همچنین نتایج نشان می دهد سرعت در انتهای دیواره کمتر از ابتدای آن می باشد که این امر با توجه به ثابت بودن دبی کل ورودی به فلوم، نشان دهنده افزایش عمق جریان در انتهای دیواره می باشد که در جدول ۴ نشان داده شده است.

در حالت کارگذاری دیوار با زاویه ۱۲ درجه، جریان در ورودی دیواره جداکننده کمترین مقدار سرعت را داشته است و سرعت در طول دیواره افزایش یافته است. دلیل این موضوع کاهش مقطع مسیر عبوری جریان به دلیل زاویه دار بودن دیواره جداکننده می باشد. بطوری که در طول دیوار جداکننده با کاهش مقطع سرعت افزایش پیدا کرده است. در ابتدای دیوار سرعت جریان نسبت به حالت کارگذاری دیوار با زاویه ۰ درجه مقدار کمتری را نشان می دهد که دلیل آن را می توان تاثیر تنگ شدگی انتهای مقطع عبوری عنوان کرد. با توجه به جدول ۴ عمق جریان نیز در انتهای دیوار جداکننده در حالت کارگذاری زاویه ۱۲ درجه نسبت به حالت شاهد افزایش پیدا کرده است.

در شکل ۷، محور x ها در واقع نشان دهنده اثر دیوار از ابتدا تا انتهای طولی آن بر مقادیر سرعت ورودی به کانال آبگیر می‌باشد. بدین صورت که عدد صفر نشان دهنده ابتدای دیوار، ۰/۵ نشان دهنده فاصله وسط از ابتدای دیوار و عدد یک در واقع انتهای دیوار می‌باشد.

در شکل ۸ در واقع اثرگذاری زاویه کارگذاری دیوار بر

تغییرات دبی انحرافی به آبگیر جانبی در دو حالت بررسی شده است. بر اساس این شکل به عنوان مثال در دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه برای جریان اصلی، میزان دبی انحرافی با زاویه کارگذاری دیواره ۰ درجه و ۱۲ درجه نسبت به جریان، در حالت گشودگی ۱ دریچه برابر با ۳۸/۴ و ۴۱/۳ لیتر بر ثانیه و در حالت گشودگی ۲ دریچه برابر ۳۷/۷ و ۴۰/۶ لیتر بر ثانیه خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد اثرگذاری دیوار با زاویه ۱۲ درجه نسبت به جریان نسبت به زاویه ۰ درجه بهتر بوده و توانسته است دبی بیشتری را به سمت آبگیر منحرف نماید. همچنین در حالت گشودگی دو دریچه نسبت به یک دریچه افزایش دبی نامحسوسی مشاهده می گردد. در جدول ۳ خلاصه نتایج آزمایش شاهد نشان داده شده است. در این جدول، پارامتر Qtot مقدار کل دبی وارد شده به کانال، Qab مقدار دبی وارد شده به آبگیر جانبی، y1 مقدار عمق جریان در بالادست محل کارگذاری دیوار و y2 مقدار عمق جریان در پایین دست محل کارگذاری دیوار می‌باشد.



(a) One-Gate Opening
الف- گشودگی یک دریچه

(a) Two-Gate Opening
ب- گشودگی دو دریچه

Fig. 8 Effect of the Divider Wall on the Discharge Entering the Side Intake

شکل ۸ نمودار اثر دیوار جداکننده بر دبی ورودی به آبگیر جانبی

جدول ۳ خلاصه نتایج آزمایشات شاهد

Table 3 Summary of the Results of the Control Experiments

Gate opening	Qtot	Qab	y1	y2
Closed gate	40	40	25	24.4
1-gate opening	40	16.79	21.1	20.5
2-gates opening	40	16.26	21	20.2
Closed gate	50	50	26.5	25.8
1-gate opening	50	24.27	22.5	22
2-gates opening	50	23.66	22.4	21.7
Closed gate	60	60	28	27.6
1-gate opening	60	33.41	23.5	23
2-gates opening	60	32.73	23.5	22.9
Closed gate	70	70	29	28.2
1-gate opening	70	37.66	24.5	23.5
2-gates opening	70	36.94	24	23.4

لازم به توضیح است که در آبگیرهای جانبی منتهی به ایستگاه پمپاژ دبی وردی به آبگیر از طریق پایین دست و هماهنگی آن با دریچه ورودی به کانال آبگیر کنترل می‌شود. به عبارتی تنظیم دبی ورودی به کانال آبگیر با توجه به دبی پمپاژ مشخص می‌شود. در تحقیق حاضر با توجه به شرایط دبی بهره برداری با فرض آزاد بودن جریان به درون کانال آبگیر آزمایش‌ها دنبال شده است. در واقع با فرض عدم کنترل دریچه آبگیر دبی تحت شرایط کانال جانبی کنترل شده است. در واقع دبی ورودی به کانال جانی در دو حالت آزاد و غیر آزاد و از طریق دریچه های کانال اصلی و یک حالت بصورت جریان آزاد با بازشدگی کامل دریچه های کانال اصلی کنترل گردیده است. جدول ۴ خلاصه نتایج آزماش ها را در ۴ دبی ، ۲ زاویه کارگذاری دیواره و سه حالت گشودگی دریچه ها را نشان می دهد.عمق جریان در

جدول ۴ خلاصه نتایج آزمایشات اصلی با دیوار جداکننده

Table 4 Summary of the Results of the Main Experiments with the Divider Wall

Abbreviations	Qtot	Qab	y1	y2	Percentage increase in water depth before the wall	Percentage increase in water depth after the wall	Percentage increase in flow rate
Q40ad0O0	40	40	24.5	25	-2.00	2.46	0.0
Q40ad0O1	40	17.1	19.9	20.6	-5.69	0.49	1.6
Q40ad0O2	40	16.5	19.9	20.3	-5.24	0.50	1.6
Q50ad0O0	50	50	25.8	26.2	-2.64	1.55	0.0
Q50ad0O1	50	24.3	21.2	22.2	-5.78	0.91	2.6
Q50ad0O2	50	23.7	21.2	21.9	-5.36	0.92	2.6
Q60ad0O0	60	60	27.5	27.9	-1.79	1.09	0.0
Q60ad0O1	60	33.8	22.7	23.3	-3.40	1.30	3.1
Q60ad0O2	60	33.0	22.6	23.3	-3.83	1.75	3.0
Q70ad0O0	70	70	28.5	28.7	-1.72	1.77	0.0
Q70ad0O1	70	38.4	23.5	24	-4.08	2.13	3.9
Q70ad0O2	70	37.7	23.5	23.9	-2.08	2.14	4.0
Q40ad12O0	40	40	24.7	25.2	-1.20	3.28	0.0
Q40ad12O1	40	17.3	20.4	20.7	-5.69	0.98	3.2
Q40ad12O2	40	16.8	20.4	20.7	-5.24	2.48	3.3
Q50ad12O0	50	50	26	26.4	-3.77	2.33	0.0
Q50ad12O1	50	25.5	21.9	22.4	-4.89	1.82	7.8
Q50ad12O2	50	25.2	21.7	22.3	-5.36	2.76	9.2
Q60ad12O0	60	60	28	28	-1.79	1.45	0.0
Q60ad12O1	60	36.2	23.3	23.8	-2.98	3.48	10.7
Q60ad12O2	60	35.5	23.2	23.7	-3.40	3.49	10.8
Q70ad12O0	70	70	29	29	-1.72	2.84	0.0
Q70ad12O1	70	41.3	24	24.4	-4.08	3.83	11.9
Q70ad12O2	70	40.6	24	24.4	-2.08	4.27	12.1

بالادست در تمامی حالات کاهشی بوده که این مقدار در حالت گشودگی یک دریچه بیشترین کاهش را داشته است که دلیل آن را می توان افزایش سرعت در ابتدای ورود به مقطع کارگذاری دیواره توضیح داد.

در حالت کارگذاری دیواره با زاویه ۱۲ درجه مقدار عمق جریان در ابتدای کانال کاهش بیشتری نسبت ب حالت زاویه ۰ درجه داشته است دلیل آن شکل قیفی ایجادشده در ابتدای کانال و افزایش مقطع در ابتدای دیواره می باشد. همچنین مقدار عمق جریان در پایین دست دیوار جداکننده در دبی های پایین کاهشی بوده است که می توان آن را به افزایش سرعت در خروجی مقطع دیوار بسط داد اما در دبی های ۶۰ و ۷۰ لیتر بر ثانیه به دلیل افزایش سطح تماس آب با دیوار و افزایش افت ناشی از آن مقدار افت ایجاد شده غالب بر سرعت خروجی در انتهای دیوار شده است که این امر سبب افزایش عمق جریان شده است.در حالت زاویه ۱۲ درجه نیز افزایش عمق بیشتر از حالت ۰ درجه بوده است که دلیل آن نیز می توان به تنگ شدگی مقطع در انتهای دیوار نسبت داد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثر زاویه دیوار جداکننده بر هیدرولیک جریان پیش از آبگیر جانبی، بررسی شد. دیوار در دو زاویه ۰ و ۱۲ درجه نسبت به جهت جریان، تحت چهار دبی (۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ لیتر بر ثانیه) و سه وضعیت دریچه انتهای کانال اصلی (بسته، یک دریچه باز و دو دریچه باز) مورد ارزیابی قرار گرفت. عمق جریان در بالادست و پایین‌دست دیوار، توزیع سرعت و دبی ورودی به آبگیر با حالت شاهد مقایسه شدند. مشاهده شد که دیوار با زاویه ۱۲ درجه عملکرد بهتری نسبت به دیوار موازی جریان داشته و در تمامی دبی‌ها موجب افزایش عمق جریان در پایین‌دست و کاهش نسبی عمق در بالادست شده است. بیشترین کاهش عمق بالادست برابر ۷۸/۵- درصد و بیشترین افزایش عمق

پایین‌دست برابر ۲۷/۴+ درصد به دست آمد. بررسی سرعت جریان در ابتدا، میانه و انتهای دیوار نشان داد که در حالت ۰ درجه، سرعت در میانه دیوار کاهش و در انتها مجددا افزایش می‌یابد، در حالی که در زاویه ۱۲ درجه به دلیل تنگ‌شدگی تدریجی مقطع، سرعت از ابتدای دیوار تا انتها روندی افزایشی دارد. همچنین، هر دو آرایش دیوار باعث افزایش دبی انحرافی به آبگیر نسبت به حالت شاهد شدند، اما دیوار با زاویه ۱۲ درجه کارایی بیشتری داشت و حداکثر افزایش دبی ورودی به آبگیر در دبی ۷۰ لیتر بر ثانیه، شرایط دو دریچه باز و جریان آزاد، برابر ۱/۱۲ درصد به دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از دیوار جداکننده با زاویه ۱۲ درجه می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای بهبود عملکرد هیدرولیکی آبگیرهای جانبی باشد.

5- List of Symbols

p (kgm^{-1}s^{-2})	Pressure in LTW
u_j (ms^{-1})	Inlet Velocity of LTW
ρ_s (kg/m^3)	Particle density
υ (m^2⁄s)	Kinematic viscosity of water
H_0 (m)	Upstream Head Velocity
H (m)	Longitudinal Water Depth
Fr	Inlet of Intake Froude Number
Re	Reynolds Number
Q_s (L/s)	Intake Discharge
Q (L/s)	Flow Discharge
U_0 (m/s)	Inlet /velocity of the Intake
q (^{0})	Intake Angle
D (m)	Distance of LTW related to intake inlet

Acknowledgments

This article is the outcome of a purely original research-based activity at the doctoral level, and all facilities for this research were provided by the Research Grant of the corresponding author. Therefore, all authors would like to express their gratitude to the Vice-Chancellor for Research of Shahid Chamran University of Ahvaz. Also, the physical assistance of Mr. Heydar Maleki and Mr. Hooman Kheybar was utilized in this research, and the authors would like to thank them for their cooperation.

CRediT authorship contribution statement

Conceptualization, J.A. Methodology, S.M.K.; Software, S.Z.N. and J.A.,; data analysis, S.Z.N.; Writing-Original Draft Preparation, S.Z.N.; Writing-Review and Editing, J.A; Supervision, J.A.

Funding

This study was supported financially through the research grant of the Corresponding author (GN: SCU. WH1404.345) provided by the Vice-Chancellor for Research of Shahid Chamran University of Ahvaz.

Data Availability Statement

The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Conflict of Interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

Afzalian, A., Ahadian, J. (2016). 'Piano Key Weirs with Positive Parapet Wall', *Water and Soil Science*, 25(4/2), pp. 97-107. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_4630.html?lang=en.

Ahadian, J., Afzalian, A.R. (2017). Applied Analysis of Piano Key Weir (PKW) Structures as a Diversion Dam, Amirkabir Journal of Civil Engineering, 49(3) (2017) 134-137 doi: 10.22060/ceej.2016.694.

Ahadiyan, J., Sadeghi, B., Shafai Bajestan, M., Sajjadi, S. M. (2024). 'Effect of longitudinal training wall (LTW) on improving the inlet flow pattern at the side channel intakes', *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 4(4), pp. 51-67. doi: 10.22126/atwe.2024.10776.1128.

Ahadiyan, J., Abbasi Chenari, S., Azizi Nadian, H., Katopodis, C., Valipour, M., Sajjadi, S. M., & Omidvarinia, M. (2024). Sustainable systems engineering by CFD modeling of lateral intake flow with flexible gate operations to improve efficient water supply. International Journal of Sediment Research, 39(4), 629-642. https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2024.05.003.

Al-Zubaidy, R., & Hilo, A. (2022). Numerical investigation of flow behavior at the lateral intake using computational fluid dynamics (CFD). Materials Today: Proceedings, 56(4), 1914–1926. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.172

Attarzadeh, A., & Ghodsian, M. (2020).

Investigation of the effects of different sediment control systems on bed topography in a 90-degree lateral intake. Modares Civil Engineering Journal, 20(3), 117–128. (In Persian)

Barkdoll, B. D., Ettema, R., & Odgaard, A. J. (1999). Sediment control at lateral diversion: Limits and enhancements to vane use. Journal of Hydraulic Engineering, 125(8), 862–870. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1999)125:8(862).

Chenari, S. A., Nadian, H. A., Ahadiyan, J., Valipour, M., Oliveto, G., & Sajjadi, S. M. (2023). Enhancing Hydraulic Efficiency of Side Intakes Using Spur Dikes: A Case Study of Hemmat Water Intake, Iran. Water, 16(16), 2254. https://doi.org/10.3390/w16162254.

Fathi, S., Sajjadi, S. M., Ahadiyan, J., & Parsaie, A. (2024). 'Investigation of the effect of different submerging on the flow hydraulic parameters in multiple rectangular Lopac gates', *Water and Irrigation Management*, 14(2), pp. 249–261. doi: 10.22059/jwim.2023.365670.1106.

Gohari, S., Ayoubzadeh, S. A., Ghodsian, M., & Salehi Nishabouri, S. A. (2010). Experimental investigation of flow patterns in a lateral intake using submerged vanes and spur dikes simultaneously in alluvial beds. Journal of Agricultural Engineering Research, 11(4), 1–18. (In Persian)

Habibi, H., Masjedi, A., Pourmohammadi, M. H., Kamanbedast, A. A., & Bardbar, A. (2019). Experimental investigation of the effect of submerged vane geometry on sediment-laden flow entering a lateral intake located in a river bend. Journal of Irrigation and Water Engineering, 42(2), 119–133. (In Persian)

Hasanpour, F., Ayoubzadeh, S. A., & Ghodsian, M. (2011). Performance of compound submerged vanes in sediment control at a 90-degree lateral intake entrance. Watershed Research Journal, 24(3), 1–12. (In Persian)

Hasanizadeh, S. A., Allamatian, E., Amiri Delouei, M., & Afzalnia, S. M. (2021). Determination of the optimum angle and height of submerged vanes for controlling sediment entering a lateral intake canal at transitions using numerical modeling. Proceedings of the 7th Annual International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development. (In Persian)

He, W., Feng, S., Zhang, J., Tang, H., Xiao, Y., Chen, S., & Liu, C. (2023). Hydrodynamic characteristics and particle tracking of 90° lateral intakes at an inclined river slope. Water Science and Engineering. https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.11.004

Jalili, H., Hosseinzadeh Dalir, A., & Farsadizadeh, D. (2011). Effect of intake geometry on the amount and pattern of sediment deposition in a lateral intake. Iranian Water Research Journal, 5(9), 1–10. (In Persian)

Karami Moghadam, M., Keshavarzi, A., & Sabzevari, T. (2018). Effects of diversion discharge, intake opening geometry, bed topography, and bed roughness on flow separation dimensions and shear stress in a lateral intake. Journal of Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 19(73), 113–126. (In Persian). https://doi.org/10.22092/idser.2018.116852.1286.

Khaled, K., Afzal, A., Ghumman, A. R., Hashmi, H. N., & Ashraf, M. (2014). Sediment transport investigations using three-dimensional numerical modelling in a large canal: Marala Ravi Link Canal (Pakistan). International Journal of Scientific & Engineering Research, 5.

Kheybar, H., Sajjadi, S. M., Ahadiyan, J., & Ghomeshi, M. (2025). 'Investigating the Discharge Coefficient and Efficiency of the Pivot Side Weirs with Threshold', *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(2), pp. 72–88. doi: 10.22034/nawee.2024.467874.1096.

Mansouri K., Ahadian J. (2016). 'Blockage of Piano Key Weirs in Debris Flow with Individual Experiments', *Irrigation Sciences and Engineering*, 39(3), pp. 163-172. doi: 10.22055/jise.2016.12352.

Maroufi Nia, E., Osna Ashari, A., Hasanzadeh, Y., Khosh Tinat, S., & Amin Nejad, B. (2016). Simulation of the effects of submerged vanes and spur dikes on sediment control at a lateral intake using SSIIM2 software. Journal of Irrigation and Water Engineering, 39(4), 169–180. (In Persian).

Mobarak, F., Sajjadi, S. M., Ahadiyan, J., & Zeynivand, M. (2022). 'Numerical modeling of the effect of elliptical elongation on the hydraulic performance of an elliptical Lopac gate', *Water and Irrigation Management*, 12(2), pp. 263–275. doi: 10.22059/jwim.2022.335817.952.

Moradinejad, A., Hamzeh Haghiabi, A., Sanaei, M., & Younesi, H. (2018). Experimental study on the effect of skimming wall angle on sediment control in lateral intake. Journal of Watershed Engineering and Management, 10(1), 28–42. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.115658

Moradinejad, A., Haghiabi, A. H., Saneie, M., & Yonesi, H. (2025). Simulation of flow pattern in alluvial channel and 60-degree lateral intake through the numerical FLOW-3D model. Environment and Water Engineering, 11(4), 486 498. https://doi.org/10.22034/ewe.2025.515336.2014

Neary, V. S., Sotiropoulos, F., & Odgaard, A. J.

(1999). Three-dimensional numerical model of lateral-intake inflows. Journal of Hydraulic Engineering, 125(2), 126–140. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1999)125:2(126).

Nikkhah, S. Z., Ahadiyan, J., Kashefipour, S. M., Sajjadi, S. M. (2026). 'Comparative Evaluation of Splitter Wall Placement at Two Distances from a Lateral Intake on Diverted Discharge', *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 27(Spring), pp. 69-88. doi: 10.22092/idser.2026.373161.1651.

Rustamabadi, M. (2020). Numerical investigation of the effects of intake geometric parameters and submerged vane arrangements on the sediment exclusion efficiency of a lateral intake. Journal of Hydraulics, 15(4), 95–111. (In Persian). https://doi.org/10.30482/jhyd.2020.252014.1481

Sediyan, S. M., Shafaei Bejestan, M., & Farasti, M. (2013). Investigation of changes in the flow pattern of a lateral intake by inclining the main channel wall. Journal of Irrigation and Water Engineering, 36(2), 1–12. (In Persian)

Serajian, M. T., Masjedi, A., Heydarnejad, M., & Hassounizadeh, H. (2022). Effects of combining channel convergence and submerged vanes on the hydraulics of flow entering a lateral intake in a 90-degree river bend. Iranian Journal of Marine Science and Technology, 21(3), 33–43. (In Persian)

Sruthi, T. K., Ranjith, K. B., & Chandra, V. (2017). Control of sediment entry into an intake canal by using submerged vanes. AIP Conference Proceedings, 1875(1), 030007.

Tamoradi, Z., Ahadiyan, J. 2021. Effect of water and air injection on reduction of bend scour. Canadian Journal of Civil Engineering. 48(7): 740-748. https://doi.org/10.1139/cjce-2019-0429.