

EXTENDED ABSTRACT

The effect of the vortex caused by obstacles and its reduction, on the dimensions of the flow separation area at the beginning of the lateral intake

F. Ferdospanah^{1*} and M. Ghomeshi²

1 - Corresponding Author, Master's degree in Hydraulic Structures Engineering, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (ferdospanahfaez@gmail.com).*

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

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 8 June 2022

Revised: 6 September 2022

Accepted: 11 September 2022

Keywords:

90 degree intake, sediment, cubic obstacles, discharge ratio

TO CITE THIS ARTICLE :

Ferdospanah, F., Ghomeshi, M. (2023). 'The effect of the vortex caused by obstacles and its reduction, on the dimensions of the flow separation area at the beginning of the lateral intake', *Irrigation Sciences and Engineering*, 46(3), pp. 121-133. doi: 10.22055/jise.2017.22184.1592.

Introduction

Vortex shedding behind the obstacles is one of the factors affecting the transfer of sediments to the downstream of the structures. The flow entering the intake has a lot of momentum in the direction of the main channel, and because of this, flow separation occurs inside the intake. This area reduces the effective cross section of the flow at the beginning of the intake. On the other hand, increasing the flow pressure of the downstream mouth of the intake, the complex flow pattern in the mouth of the intake causes changes in the alluvial bed of the open channels. Haghbin and Ghomeshi (2014) by investigating the effect of the vortex caused by the cylindrical obstacles located in the intake with diameters of 24 and 34 mm and with two discharge ratios (the ratio of flow rate per unit width of the intake to flow rate per unit width of the main channel) 0.63 and 0.83 for flow rate of 21.17 liters per second and two intake ratios of 0.43 and 1.07 for the flow rate of 17.82 liters per second, they reached these results that in the case of using obstacles with a larger diameter, the amount of bed sediments entering the water intake, in comparison it is less by using obstacles with a smaller diameter. Also, the amount of sediment entering the intake in the case of a smaller intake is less than that of a larger intake. In another paper, Khanarmuei et al (2016) discussed the effect of vortex formation on sediment transport in two-pipe intake. The intended research was investigated using a scaled physical model. Experiments were performed on the inlets of two pipes in three common inlet directions (vertical, horizontal, and at an angle of 45 degrees). In each experiment, the category of the vortex was determined according to its strength. Particle tracking velocity (PTV) was used to measure the tangential velocity of vortices. The results showed that the speed of sediment transport is significantly affected by the strength of the formed eddies. With the increase in the strength of the eddies, the rate of transfer sedimentation increased. Also, the amount of sediment transfer was affected by the inlet angle of the pipe. It can be concluded that the minimum and maximum sediment transfer rates occur for inclined and horizontal intakes, respectively. In the past researches,

understanding the pattern of sedimentation in the entrance and inside the intake, in the presence of obstacles and vortex formation, has received less attention. In this research, by using cubic obstacles in the case of the flow hitting the top of the obstacles, which has a greater vortex strength after the obstacles compared to the case of hitting the side, an attempt was made to investigate the effect of the vortex on the dimensions of the separation area at the beginning of the intake according to the sediment pattern.

Methodology

The experiments related to this research were carried out by using a laboratory flume with a rectangular section of 6.5 meters in length, 1.45 meters in width and one meter in height in the laboratory of the Sediment Research Center of the Deputy of Basic Studies and Water Resources of Khuzestan Water and Power Organization. The intake with 90 degree connection is considered to be 3 meters long, 0.68 meters wide and 0.6 meters high. The sediments used in this research are of uniform sand type with an average diameter (d_{50}) of 0.65 mm. According to the influential role of water intake ratio on the dimensions of the separation area at the beginning of the water intake, four different discharge intake ratios were considered: 0.3, 0.35, 0.4 and 0.45.

Results and discussion

According to the calculations based on the characteristics of the flow and the existing sediments and using the shields diagram, the sediments in the flow with a depth of 12 cm are at the threshold of movement. To be sure, this mode was also tested in the laboratory. In the experiments of this research, according to the sedimentation pattern in the intake, after the completion of each test, the values of the length and width of the separation area of the intake were taken. Then the results of the corresponding harvests were drawn for different test modes and in different discharge ratios. In the calculations of this research, the results related to the length and width of the separation zone at the beginning of the intake, in the state of obstacles and the presence of the vortex caused by them, were examined. By placing obstacles in the flow path and creating a vortex caused by the obstacles, it can be seen that in both cases of parallel and zigzag arrangement of obstacles, the values of the length and width of the separation zone are reduced. Also, in these cases, it can be stated that with the increase of discharge ratio, the dimensions of the separation area at the beginning of the intake are reduced. Table (1) shows the results related to the size of the length and width of the separation zone at the beginning of the intake, in the state of placement of obstacles and the presence of the vortex caused by them.

Table 1- The specifications of the tests carried out and the results obtained in the case of the presence of the vortex

| the test number | obstacle arrangement | Discharge ratio (Qr) | Froude number (Fr) | the longitudinal ratio of the separation area (Lr) | The transverse ratio of the separation area (Wr) |
|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|--|--|
| 1 | Parallel | 0.3 | 0.036 | 1.08 | 0.3 |
| 3 | Parallel | 0.35 | 0.057 | 0.92 | 0.29 |
| 5 | Parallel | 0.4 | 0.065 | 0.92 | 0.235 |
| 7 | Parallel | 0.45 | 0.102 | 0.88 | 0.2 |
| 9 | Zigzag | 0.3 | 0.036 | 0.88 | 0.22 |
| 11 | Zigzag | 0.35 | 0.057 | 0.63 | 0.16 |
| 13 | Zigzag | 0.4 | 0.065 | 0.45 | 0.132 |
| 15 | Zigzag | 0.45 | 0.102 | 0.38 | 0.088 |

Next, by placing the plates between the obstacles and as a result reducing the vortex effect, the dimensions of the flow separation area at the beginning of the intake were taken, the results of which are shown in Table (2).

Table2- The specifications of the conducted tests and the results obtained in the mode of reducing the vortex effect

| the test number | obstacle arrangement | Discharge ratio (Qr) | Froude number (Fr) | the longitudinal ratio of the separation area (Lr) | The transverse ratio of the separation area (Wr) |
|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|--|--|
| 2 | Parallel | 0.3 | 0.036 | 0.7 | 0.33 |
| 4 | Parallel | 0.35 | 0.057 | 0.67 | 0.32 |
| 6 | Parallel | 0.4 | 0.065 | 0.48 | 0.29 |
| 8 | Parallel | 0.45 | 0.102 | 0.41 | 0.26 |
| 10 | Zigzag | 0.3 | 0.036 | 0.735 | 0.19 |
| 12 | Zigzag | 0.35 | 0.057 | 0.6 | 0.161 |
| 14 | Zigzag | 0.4 | 0.065 | 0.176 | 0.044 |
| 16 | Zigzag | 0.45 | 0.102 | 0.161 | 0.014 |

Conclusion

According to the different arrangements of obstacles, in the case of parallel arrangement of obstacles, the width of the separation zone increases and the length of this zone decreases in water intake ratios of 0.3 and 0.35. By placing the plates between the obstacles and reducing the effect of the vortex, the dimensions of the separation zone in the state of zigzag arrangement of the obstacles are reduced compared to the states without obstacles and with the presence of the vortex. If obstacles are placed in parallel and plates are used between the obstacles, we see a decrease in the length of the separation zone and an increase in its width compared to the cases without obstacles and with the presence of the vortex.

Acknowledgements

This paper is prepared from the results of the master's thesis of the first author and with the support of the research unit of the university through the grant of the second author (98.86.WH.SCU). The authors express their gratitude to the research assistant of Shahid Chamran University of Ahvaz and Khuzestan Water and Power Authority for the use of laboratory facilities.

References

1. Haghbin, A. & Ghomeshi, M., 2014. *Experimental investigation of the effect of vortex barriers on sedimentation in the inlet of water intakes*. Karaj, National Conference of Applied Civil Engineering and New Achievements, Karaj Desert Construction Company
- 2- Khanarmuei, M., Rahimzadeh, H., Kakuei, A. R. & Sarkardeh, H., 2016. Effect of vortex formation on sediment transport at dual pipe intakes. *Sādhanā*, Volume 41, pp. 1-7.



تأثیر ورتکس ناشی از موانع و کاهش آن، بر ابعاد ناحیه جدانشدگی جریان در ابتدای آبگیر جانبی

فایز فردوس پناه^{۱*} و مهدی قمشی^۲

^۱ - نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست،

دانشگاه شهید چمران اهواز ferdospanahfazez@gmail.com

^۲ - استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۸

چکیده

جریان ورودی به آبگیر به دلیل مومنتم بالا در جهت کانال اصلی سبب ایجاد جدایی جریان درون آبگیر می‌شود. در این تحقیق، با به کارگیری موانع در دو حالت چیدمان موازی و زیگزاگی و در شرایط وجود و کاهش ورتکس ناشی از موانع در مسیر جریان، سعی در بررسی میزان تأثیر ورتکس بر ابعاد ناحیه جدانشدگی ابتدای آبگیر شده است. با توجه به مشاهدات می‌توان بیان نمود که قرارگیری موانع به صورت زیگزاگی، حداکثر تا ۴۹ درصد سبب کاهش طول و تا ۶۵ درصد کاهش عرض ناحیه جدانشدگی نسبت به حالت بدون موانع می‌شود. با کاهش تأثیر ورتکس در حالت زیگزاگی موانع، ابعاد ناحیه جدانشدگی در مقایسه با حالت‌های با وجود ورتکس و آزمایش شاهد کاهش می‌یابد. در صورت چیدمان موازی و کاهش ورتکس، حداکثر تا ۴۸ درصد شاهد کاهش طول و تا ۲۹ درصد افزایش عرض ناحیه جدانشدگی نسبت به حالت‌های بدون موانع و با وجود ورتکس می‌باشیم.

کلید واژه‌ها: آبگیر ۹۰ درجه، رسوب، موانع مکعبی، نسبت دبی.

مقدمه

یکی از روش‌های بهره‌گیری از آب رودخانه‌ها، احداث آبگیر جانبی می‌باشد. ساخت این سازه‌ها، با هدف انحراف و توزیع آب در سدها و شبکه‌های آبیاری صورت می‌پذیرد. به دلیل فرسایشی بودن بستر رودخانه‌ها، جریان آب با انتقال رسوبات همراه خواهد بود و این فرآیند ممکن است سبب انسداد دهانه آبگیر و در نتیجه کاهش کارایی آن شود. در مسیر رودخانه‌ها، ممکن است مجموعه‌ای از موانع مانند پایه‌های پل، پایه‌های اسکله در دریا، رشد درختان و گیاهان در بستر رودخانه و یا هر سازه‌ی هیدرولیکی دیگر، وجود داشته باشند. با عبور سیال از اطراف موانع عمود بر مسیر جریان، در لبه‌ی ابتدایی موانع لایه مرزی تشکیل می‌شود. با رشد لایه مرزی و در اثر گرادیان فشار، جدانشدگی خطوط جریان رخ می‌دهد و سبب تشکیل الگوی منظمی از ورتکس (گردابه‌ها) در پایین دست موانع می‌شود. با حرکت کردن یک ذره سیال به سمت لبه‌ی ابتدایی یک مانع واقع در مسیر جریان، به دلیل برخورد جریان با سطح جسم، فشار آن از فشار سیال آزاد تا حد فشار دینامیک در نقطه‌ی سکون افزایش پیدا می‌کند. به دلیل فرسایشی بودن بستر رودخانه‌ها، در اطراف موانع پدیده‌ی آبشستگی رخ می‌دهد که سبب ایجاد حفره پیرامون موانع و در نتیجه انتقال رسوبات به پایین دست سازه

می‌شود. کشش ورتکس در پشت موانع یکی از عوامل مؤثر بر انتقال رسوبات به پایین دست سازه‌ها می‌باشد. جریان ورودی به آبگیر دارای مومنتم بسیار زیادی در جهت کانال اصلی می‌باشد و به همین دلیل درون آبگیر جدایی جریان اتفاق می‌افتد. این ناحیه سبب کاهش سطح مقطع مؤثر جریان در ابتدای آبگیر می‌شود. از طرفی افزایش فشار جریان دهانه پایین دست آبگیر الگوی جریان پیچیده در دهانه آبگیر، سبب ایجاد تغییرات در بستر آبرفتی مجاری روباز می‌شود. از این رو محققین زیادی با هدف بررسی تأثیر این الگوی جریان بر ریخت شناسی بستر، پژوهش‌هایی را ارائه دادند. Kasthuri و Pundarikanthan (1987) با انجام تحقیقاتی برای زاویه آبگیری ۹۰ درجه و با نسبت عرض کانال آبگیر به کانال اصلی برابر یک، نشان دادند که مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به طول و عرض ناحیه جدانشدگی جریان کمتر از مقادیر ارائه شده توسط محققین قبلی است. Neary و (1996) Sotiropoulos به بررسی مدل عددی سه بعدی جریان حالت لایه‌ای در کانال مستطیلی انشعابی ۹۰ درجه و صحت‌یابی نتایج آزمایشگاهی پرداختند. این محققین مشاهده نمودند که با انحراف جریان آب به سمت آبگیر، سطحی از جریان تقسیم شده در کانال اصلی ایجاد میشود. همچنین با افزایش نسبت انحراف جریان

شد. در هر آزمایش، رده‌ی گرداب با توجه به قدرت آن تعیین شد. سرعت ردیابی ذرات (PTV) برای اندازه‌گیری سرعت مماسی گردابه‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که سرعت انتقال رسوب به طور قابل توجهی تحت تأثیر قدرت گردابه‌های تشکیل شده قرار دارد. با افزایش قدرت گردابه‌ها، سرعت رسوب انتقالی افزایش یافت. همچنین میزان انتقال رسوب تحت تأثیر زاویه ورودی لوله قرار گرفت. می‌توان نتیجه گرفت که حداقل و حداکثر نرخ انتقال رسوب به ترتیب برای آبگیرهای شیبدار و افقی رخ می‌دهد. در تحقیقات گذشته شناخت الگوی رسوب گذاری در دهانه و درون آبگیر، در شرایط وجود موانع و تشکیل ورتکس کمتر مورد توجه بوده است. در این تحقیق، با به‌کارگیری موانع مکعبی در حالت برخورد جریان به رأس موانع که در مقایسه با حالت برخورد به ضلع، شدت ورتکس بیشتری پس از موانع را داراست، سعی بر بررسی میزان تأثیر ورتکس بر ابعاد ناحیه جداشدگی ابتدای آبگیر با توجه به الگوی رسوب‌گذاری، شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مربوط به این پژوهش، با به‌کارگیری یک فلوم آزمایشگاهی با مقطع مستطیلی به طول $6/5$ ، پهنای $1/45$ و ارتفاع یک متر در آزمایشگاه مرکز تحقیقات رسوب معاونت مطالعات پایه و منابع آب سازمان آب و برق استان خوزستان صورت پذیرفت، تدارک دیده شد. جداره‌های این کانال شفاف و از جنس شیشه به ضخامت یک سانتی‌متر ساخته شده است (شکل ۱). در فاصله $2/7$ متری از بالادست کانال اصلی، آبگیری با اتصال 90° درجه، به طول سه، پهنای $0/68$ و ارتفاع $0/6$ متر سیستم پمپاژ موجود در آزمایشگاه، آب مورد نیاز فلوم را به‌وسیله پمپاژ از مخزن اصلی به فلوم انتقال می‌دهد و سپس آب موجود در فلوم به مخزن بازگردانده می‌شود. دبی و عمق آب در فلوم به‌ترتیب توسط شیر فلکه و دریچه‌هایی که در انتهای هر کدام از کانال‌های اصلی و فرعی نصب شده است، تنظیم می‌شود. شکل (۲) تصویر شماتیکی از فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق را نمایش می‌دهد. موانع مکعبی در کف کانال اصلی و در دو حالت چیدمان موازی و زیگزاگی قرار داده شدند. این موانع در شش ردیف در طول و نه ردیف در عرض کانال قرار داده شدند. نحوه‌ی قرارگیری موانع به صورت برخورد جریان به رأس بوده است که بر اساس نتایج Pourmohammadi (2014) در این حالت ورتکس ناشی از موانع تشدید یافته و بیشترین دامنه موج عرضی ناشی از ورتکس شکل می‌گیرد. همچنین بر اساس پژوهش Neuman (2013) بیان شد که در حالت قرارگیری مانع مکعبی در حالت برخورد جریان به ضلع، فرسایشی بلافاصله پس از مانع رخ نمی‌دهد. اما در صورت قرارگیری موانع در حالت برخورد با رأس، فرسایش قابل توجهی پس از مانع در اثر کشش ورتکس شکل

(نسبت دبی در کانال آبگیر به دبی در کانال اصلی)، عرض ناحیه‌ی گردابی کم و به طول آن افزوده می‌شود.

Weber et al. (2001) با بررسی جریان سه بعدی در محل یک اتصال 90° درجه، نشان دادند که ابعاد ناحیه جداشدگی و همچنین چرخش جریان در سطح آب، نسبت به کف بزرگتر و بیشتر است. Ramamurthy et al. (2007) به مطالعه عددی و آزمایشگاهی جریان‌های سه بعدی در محل تقسیم مجاری روباز در فلومی با انشعاب 90° درجه و دارای عرض برابر با کانال اصلی در پنج نسبت دبی پرداختند. مشاهدات این محققین نشان‌گر کاهش ابعاد ناحیه جداشدگی جریان به ازای افزایش نسبت دبی بوده است. همچنین منطقه جداشدگی جریان در بستر کانال در مقایسه با منطقه جدایی در سطح آب کوچکتر بوده است. در پژوهشی دیگر Abbasi et al. (2004) ابعاد ناحیه گردابی در ابتدای کانال آبگیر را به کمک تحلیل داده‌های سرعت تعیین کردند. آن‌ها نشان دادند، مهمترین عامل در ابعاد این ناحیه نسبت آبگیری می‌باشد و با افزایش آن، ابعاد ناحیه جداشدگی کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج این پژوهشگران، نقش عدد فرود جریان در شکل‌گیری ناحیه گردابی ناچیز است. همچنین پژوهش‌های مختلفی با هدف شناخت پدیده ورتکس و موج‌های عرضی ناشی از موانع در جریان کانال‌های روباز، صورت پذیرفته است (Dey, 2006). در تحقیق Dey et al. (2006) موضوع کنترل فرسایش ناشی از امواج در اطراف موانع دایره‌ای عمودی، با ایده کنترل کشش ورتکس و جریان موضعی، برای مهارکردن فرسایش عمقی در پایه‌های تحت تأثیر امواج را تحقیق کردند. این آزمایش‌ها در دو حالت با نصب صفحات بین موانع و همچنین پایه بندکشی شده انجام پذیرفت. روش‌های پیشنهاد شده برای کنترل فرسایش مناسب بوده و دارای مزیت‌هایی چون نصب بسیار آسان و بهره اقتصادی نیز می‌باشند. Haghbin و Ghomeshi (2014) با بررسی تأثیر ورتکس ناشی از موانع استوانه‌ای واقع در آبگیر به قطرهای 24 و 34 میلی‌متر و با دو نسبت آبگیری (نسبت دبی در واحد عرض آبگیر به دبی در واحد عرض کانال اصلی) $0/63$ و $0/83$ برای دبی $21/17$ لیتر بر ثانیه و دو نسبت آبگیری $0/43$ و $1/07$ برای دبی $17/82$ لیتر بر ثانیه، به این نتایج دست یافتند که در حالت به‌کارگیری موانع با قطر بزرگتر، میزان ورود رسوبات بستر به آبگیر، در مقایسه با استفاده از موانع با قطر کوچکتر کمتر می‌باشد. همچنین میزان رسوب ورودی به آبگیر در حالت آبگیری کوچکتر، کمتر از حالت آبگیری بزرگتر می‌باشد. در مقاله‌ای دیگر Khanarmuei et al (2016) موضوع تأثیر تشکیل گرداب بر انتقال رسوب در آبگیرهای دو لوله‌ای را مورد بحث قرار دادند. تحقیق مورد نظر با استفاده از یک مدل فیزیکی مقیاس‌بندی شده مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها بر روی ورودی‌های دو لوله در سه جهت ورودی مشترک (عمودی، افقی و با زاویه 45° درجه) انجام

همچنین با توجه به نقش تأثیرگذار نسبت آبیگری بر ابعاد ناحیه جدادگی در ابتدای آبیگر، چهار نسبت آبیگری متفاوت $0/3$ ، $0/4$ ، $0/45$ و $0/45$ در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه نسبت آبیگری در آزمایش‌ها مقدار دبی در کانال آبیگر محاسبه می‌شد و میزان انحراف جریان به کانال فرعی (Q_f) از نسبت دبی در کانال آبیگر (Q_i) به دبی کانال اصلی (Q_m) به دست آمد. در هر مرحله موانع به دو صورت موازی و زیگزگی در کف کانال اصلی به صورت عمود بر جهت جریان قرار گرفتند. همچنین برای کاهش تأثیر ورتکس ناشی از موانع، صفحاتی از جنس تلق به ضخامت یک میلی‌متر بین هر دو مانع متوالی قرار داده شد. شکل (۴) نمونه‌ای از قرارگیری صفحات بین موانع را نشان می‌دهد. در هر آزمایش، پس از قرارگیری موانع در بستر رسوبی، جریان آب در فلوم برقرار می‌شد و با برخورد جریان آب به موانع واقع در مسیر جریان، ورتکس تشکیل شده و تأثیر آن بر انباشت رسوبات در کانال آبیگر مورد بررسی قرار می‌گرفت. برداشت بستر ماسه‌ای بلافاصله پس از اتمام زمان تعادل در نظر گرفته شده، صورت پذیرفت. همچنین آزمایش‌های شاهد در این تحقیق با حفظ شرایط اشاره شده و بدون وجود موانع صورت پذیرفت و با دیگر حالت‌های این تحقیق مقایسه گردید.

می‌گیرد. بعد هر کدام از این موانع مکعبی $2/5$ و ارتفاع آن‌ها 30 سانتی‌متر می‌باشد. در شرایط قرارگیری موانع به صورت موازی فاصله طولی (T) و عرضی (P) هر دو مانع متوالی در یک راستا 12 سانتی‌متر و در حالت زیگزگی این فواصل به ترتیب 24 و 12 سانتی‌متر می‌باشد. در شکل (۳) می‌توان نمایی از قرارگیری موانع در کانال اصلی را مشاهده کرد. کف کانال اصلی دارای 20 سانتی‌متر اختلاف ارتفاع نسبت به کف آبیگر است که با قرارگیری رسوبات ماسه‌ای، دو کانال هم سطح شدند. رسوبات به کار رفته در این تحقیق از نوع ماسه‌ای یکنواخت و با قطر متوسط (d_{50}) برابر $0/65$ میلی‌متر می‌باشند. قبل از شروع هر آزمایش، بستر رسوبات به وسیله تسطیح کننده صاف می‌گردید. زمان تعادل کلیه آزمایش‌ها در این تحقیق سه ساعت در نظر گرفته شد. این زمان با انجام آزمایش‌های زمان تعادل که در بازه زمانی 30 الی 420 دقیقه و برداشت سطوح رسوبی در کانال اصلی و آبیگر صورت گرفت، به دست آمد. دبی در نظر گرفته شده در تمامی آزمایش‌های تحقیق ثابت و برابر با 25 لیتر بر ثانیه می‌باشد. دبی در کانال‌های اصلی و آبیگر با برداشت داده‌های سرعت در هر دو کانال بوسیله‌ی سرعت سنج و کالیبره کردن دبی با استفاده از روش حجمی، محاسبه شد.

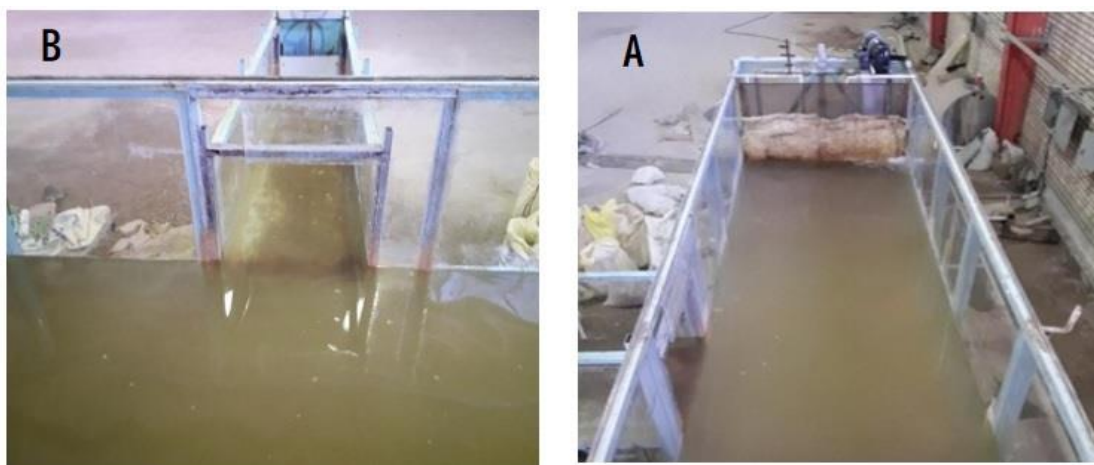


Fig. 1- A picture of: (a) the laboratory flume used in the research and (B) the connection point of the main channel to the intake

شکل ۱ - تصویری از: (A) فلوم آزمایشگاهی مورد استفاده در تحقیق و (B) محل اتصال کانال اصلی به آبیگر

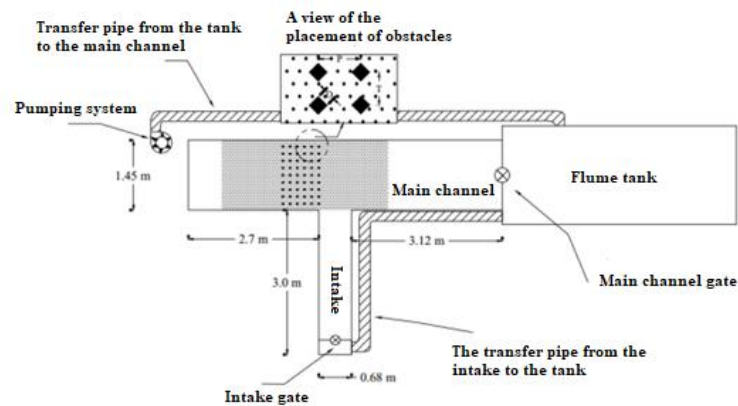
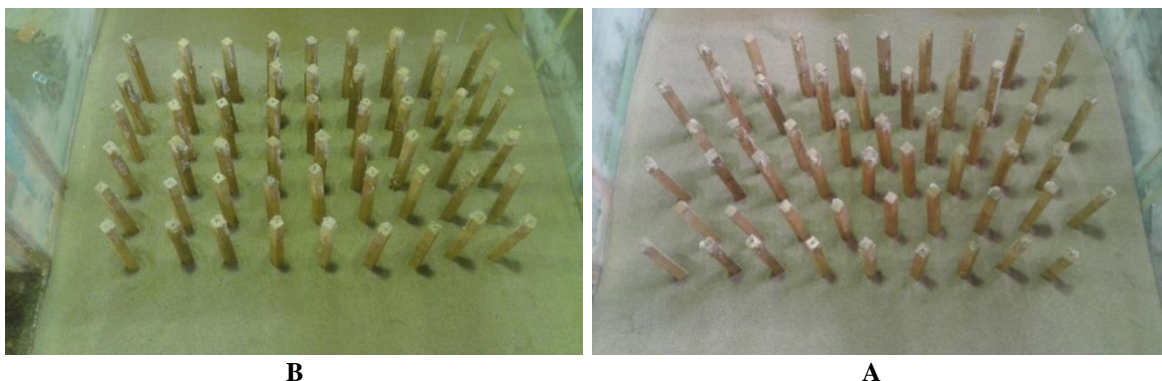


Fig. 2- Schematic view of the flume used in this research

شکل ۲ - نمای شماتیکی از فلوم استفاده شده در این تحقیق

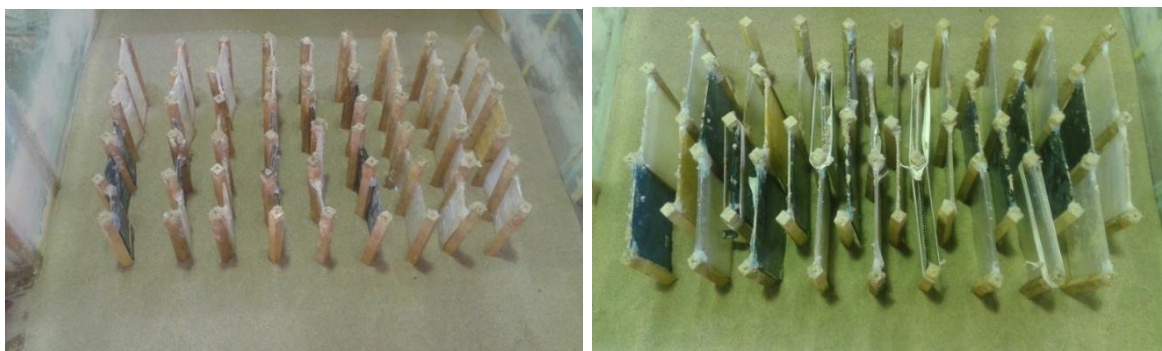


B

A

Fig. 3- A view of the arrangement of obstacles on the bottom of the channel, in two states: (A) zigzag and (B) parallel

شکل ۳ - نمایی از چیدمان موانع در کف کانال، در دو حالت: (A) زیگزاگی و (B) موازی



B

A

Fig. 4- A view of the arrangement of obstacles with the presence of plates between the obstacles on the bottom of the channel in two cases: (A) zigzag and (B) parallel

شکل ۴ - نمایی از چیدمان موانع با وجود صفحات بین موانع در کف کانال در دو حالت: (A) زیگزاگی و (B) موازی

نتایج و بحث

در این بخش به بررسی نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته در حالت‌های مختلف پرداخته خواهد شد. با توجه به اینکه آزمایش‌های این پژوهش در شرایط آب زلال انجام شد، سرعت آستانه حرکت رسوبات واقع در بستر کانال اصلی مورد تحقیق قرار گرفت. طبق محاسبات انجام شده بر اساس ویژگی‌های جریان و رسوبات موجود و با استفاده از نمودار شیلدز، رسوبات در جریان با عمق ۱۲ سانتی‌متر در آستانه حرکت قرار می‌گیرند. برای کسب اطمینان، این حالت در آزمایشگاه نیز مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش این حالت بدین گونه صورت پذیرفت که قبل از جانمایی موانع و پس از صاف نمودن بستر رسوبات به‌وسیله تسطیح‌کننده، جریان آب در فلوم آزمایشگاهی برقرار شد. پس از آن دریچه‌ی انتهایی کانال اصلی را با گام‌های یکسان بالا برده و به محض مشاهده فرسایش آبی در بستر رسوبات، بالا بردن دریچه متوقف و سرعت جریان محاسبه گردید. سرعت در این حالت برابر با 0.14 m/s مشاهده شد، که برابر با مقدار محاسبه شده به‌صورت تئوری می‌باشد. با توجه به اینکه آزمایش‌های این تحقیق در شرایط آب زلال انجام گرفت، نسبت سرعت جریان (V_0) به سرعت آستانه حرکت رسوبات (V_c) باید کمتر از یک باشد، که در آزمایش‌های انجام شده این شرایط محقق گردید (جدول ۱).

طبق موارد ذکر شده، آزمایش‌های این تحقیق در چهار نسبت دبی آبیگری 0.3 ، 0.35 ، 0.4 و 0.45 انجام گرفت. با برخورد جریان آب به موانع، سرعت آب کاهش و عمق آن افزایش می‌یابد که به دلیل گرادیان فشار در عمق، جریان رو به پایینی در جلوی مانع شکل می‌گیرد که به سبب قرارگیری در مسیر جریان آب، باعث ایجاد گرداب نعل اسبی می‌شود. همچنین در اثر عبور جریان سیال از پیرامون موانع که در مسیر جریان قرار گرفته است، الگوی منظمی از ورتکس‌ها در ناحیه‌ی دنباله و در پایین دست آن ایجاد شده و کشش ورتکس به‌وجود می‌آید. در صورت قرارگیری موانع در حالت برخورد جریان به ضلع، در محل برخورد جریان با مانع مقدار زیادی از انرژی جنبشی جریان تبدیل به انرژی پتانسیل می‌گردد. بدین ترتیب قرارگیری موانع در حالت برخورد جریان به رأس، سبب کاهش تأثیر توقف جریان در محل برخورد با مانع در

مقایسه با حالت برخورد با ضلع و در نتیجه افزایش مومنتم جریان می‌شود.

وجود گرادیان فشار جانبی، تنش برشی بستر و نیروی جانبی مرکز ناشی از انحنای خطوط جریان منجر به ایجاد جریان ثانویه ساعتگرد در طول کانال آبیگر می‌شود. در نزدیکی سطح بستر گرادیان فشار جانبی بر نیروی گریز از مرکز غلبه نموده و سبب تمایل جریان به سمت قوس داخلی و در سطح آب به‌علت غلبه نیروی گریز از مرکز بر گرادیان فشار به سمت قوس خارجی می‌شود. جریان ثانویه ناشی از انحنای خطوط جریان در نزدیکی بستر دارای قدرت بسیار زیادی می‌باشد. ناحیه جداشدگی بصورت قوسی که یک طرف آن انباشت رسوبات صورت پذیرفته است، مشخص می‌شود. شکل (۵) نمونه‌ای از ایجاد ناحیه جداشدگی جریان پس از اتمام زمان تعادل آزمایش را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی تأثیر شرایط جریان در حالات متفاوت بر ابعاد ناحیه جداشدگی در ابتدای آبیگر، پارامترهای بدون بُعد W_p و L_p در نظر گرفته شدند. بر این اساس پارامتر بدون بُعد W_p نشان دهنده نسبت حداکثر عرض ناحیه جداشدگی به عرض آبیگر و پارامتر L_p بیانگر نسبت حداکثر طول ناحیه جداشدگی به عرض آبیگر می‌باشد. در شکل (۶) تصویر شماتیکی از ابعاد ناحیه جداشدگی در ابتدای آبیگر مشاهده می‌شود که در آن W عرض ناحیه گردابی و L طول این ناحیه می‌باشد.

در آزمایش‌های این تحقیق با توجه به الگوی رسوب‌گذاری در آبیگر، پس از اتمام هر آزمایش مقادیر طول و عرض ناحیه جداشدگی آبیگر برداشت می‌شد. سپس نتایج برداشت‌های مربوطه برای حالت‌های مختلف آزمایش و در آبیگری‌های متفاوت رسم شد. جدول (۲) نشان‌دهنده‌ی طول و عرض ناحیه جداشدگی در ابتدای آبیگر، در حالت شاهد (بدون قرارگیری موانع) می‌باشد. با توجه به این جدول عدد بدون بُعد فرود (Fr) ، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

که در آن U سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه در بالادست آبیگر، g شتاب ثقل بر اساس متر بر مجذور ثانیه و h عمق آب موجود در بالادست آبیگر می‌باشد.

جدول ۱- نسبت سرعت جریان در کانال اصلی به سرعت بحرانی (V_0 / V_c)

Table 1- The ratio of the flow speed in the main channel to the critical speed (V_0 / V_c)

| Ratio of the velocity in the main channel to the critical velocity (V_0 / V_c) | Velocity in the main channel (V_0) ($m s^{-1}$) | water depth (cm) | Discharge ratio |
|--|---|------------------|-----------------|
| 0.43 | 0.061 | 28 | 0.3 |
| 0.58 | 0.082 | 21 | 0.35 |
| 0.64 | 0.09 | 19 | 0.4 |
| 0.85 | 0.12 | 14 | |

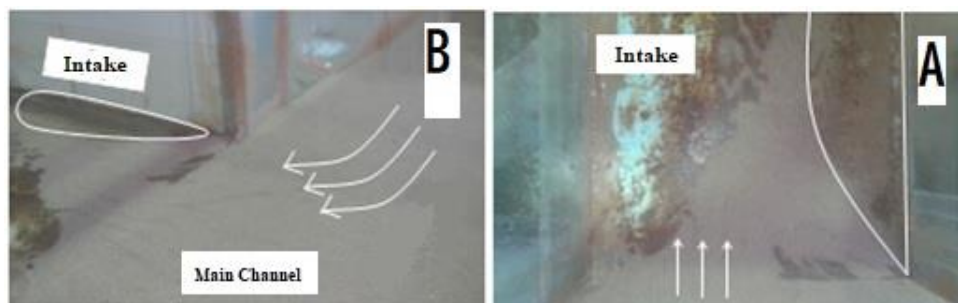


Fig. 5- A view of the formation of the flow separation zone from: A) above the intake B) in front of the intake

شکل ۵- نمایی از تشکیل ناحیه جدا شدگی جریان از: A) بالای آبگیر B) روبروی آبگیر

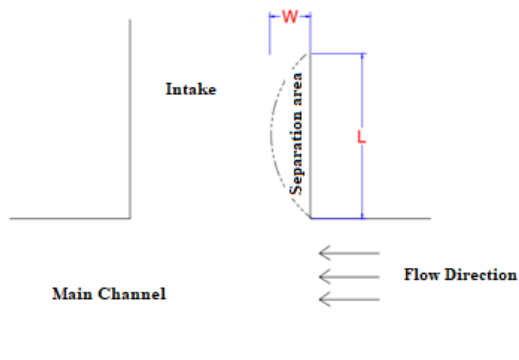


Fig. 6 - Schematic view of the separation zone created at the beginning of the intake

شکل ۶- نمای شماتیکی از ناحیه جدا شدگی ایجاد شده در ابتدای آبگیر

جدول ۲- مشخصات آزمایش های صورت پذیرفته و نتایج حاصله در حالت آزمایش های شاهد

Table 2- The specifications of the conducted tests and the results obtained in the case of control tests

| Test number | Obstacle arrangement | Discharge ratio (Qr) | Froude number (Fr) | The longitudinal ratio of the separation area(Lr) | The transverse ratio of the separation area (Wr) |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| 17 | Without obstacles | 0.3 | 0.036 | 1.2 | 0.29 |
| 18 | Without obstacles | 0.35 | 0.057 | 1.08 | 0.28 |
| 19 | Without obstacles | 0.4 | 0.065 | 0.8 | 0.26 |
| 20 | Without obstacles | 0.45 | 0.102 | 0.75 | 0.25 |

جدول ۳- مشخصات آزمایش های صورت پذیرفته و نتایج حاصله در حالت وجود ورتکس

Table 3- The specifications of the conducted experiments and the results obtained in the presence of vortex

| Test number | Obstacle arrangement | Discharge ratio (Qr) | Froude number (Fr) | The longitudinal ratio of the separation area(Lr) | The transverse ratio of the separation area (Wr) |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| 1 | Parallel | 0.3 | 0.036 | 1.08 | 0.3 |
| 3 | Parallel | 0.35 | 0.057 | 0.92 | 0.29 |
| 5 | Parallel | 0.4 | 0.065 | 0.92 | 0.235 |
| 7 | Parallel | 0.45 | 0.102 | 0.88 | 0.2 |
| 9 | Zigzag | 0.3 | 0.036 | 0.88 | 0.22 |
| 11 | Zigzag | 0.35 | 0.057 | 0.63 | 0.16 |
| 13 | Zigzag | 0.4 | 0.065 | 0.45 | 0.132 |
| 15 | Zigzag | 0.45 | 0.102 | 0.38 | 0.088 |

در ابتدای آبیگر صورت پذیرفت که نتایج مربوط به آن در جدول (۴)

بیان شده است.

با توجه به نسبت های بدون بعد تعریف شده، نمودار شکل (۷) که بیانگر تغییرات طول و عرض ناحیه جداسازی جریان در حالت آرایش زیگزاگی و با نسبت های آبیگری مختلف است، ترسیم شد. بر اساس این نتایج مشاهده می شود که با قرار گرفتن موانع زیگزاگی در کانال اصلی، طول و عرض ناحیه جداسازی جریان در مقایسه با حالت شاهد (بدون موانع)، کاهش می یابد.

همچنین با قرار دادن صفحات بین موانع و کاهش اثر ورتکس، طول و عرض ناحیه جداسازی در این حالت نسبت به حالت های با وجود ورتکس (بدون صفحات) و شاهد کاهش می یابد. در تحلیل نتایج پژوهش حاضر مشاهده می شود که با افزایش نسبت آبیگری در تمامی حالت ها طول و عرض ناحیه جداسازی کاهش می یابد.

بر اساس نتایج جدول (۲) می توان بیان نمود که در حالت شاهد، با افزایش نسبت آبیگری، ابعاد ناحیه جداسازی در ابتدای آبیگر کاهش می یابد. همچنین در جدول (۳) نتایج مربوط به اندازه طول و عرض ناحیه جداسازی در ابتدای آبیگر، در حالت قرارگیری موانع و وجود ورتکس ناشی از آنها می باشد. با قرار گرفتن موانع در مسیر جریان و ایجاد ورتکس ناشی از موانع، مشاهده می شود که در هر دو حالت چیدمان موازی و زیگزاگی موانع، مقادیر طول و عرض ناحیه جداسازی کاهش می یابد. همچنین در این حالت ها می توان بیان نمود که با افزایش نسبت آبیگری، ابعاد ناحیه جداسازی در ابتدای آبیگر کاهش می یابد. در ادامه با قراردادن صفحات بین موانع و در نتیجه کاهش اثر ورتکس، برداشت ابعاد ناحیه جداسازی جریان

جدول ۴- مشخصات آزمایش های صورت پذیرفته و نتایج حاصله در حالت کاهش اثر ورتکس

Table 4- Specifications of the conducted experiments and the results obtained in the mode of reducing the vortex effect

| Test number | Obstacle arrangement | Discharge ratio (Qr) | Froude number (Fr) | The longitudinal ratio of the separation area(Lr) | The transverse ratio of the separation area (Wr) |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| 2 | Parallel | 0.3 | 0.036 | 0.7 | 0.33 |
| 4 | Parallel | 0.35 | 0.057 | 0.67 | 0.32 |
| 6 | Parallel | 0.4 | 0.065 | 0.48 | 0.29 |
| 8 | Parallel | 0.45 | 0.102 | 0.41 | 0.26 |
| 10 | Zigzag | 0.3 | 0.036 | 0.735 | 0.19 |
| 12 | Zigzag | 0.35 | 0.057 | 0.6 | 0.161 |
| 14 | Zigzag | 0.4 | 0.065 | 0.176 | 0.044 |
| 16 | Zigzag | 0.45 | 0.102 | 0.161 | 0.014 |

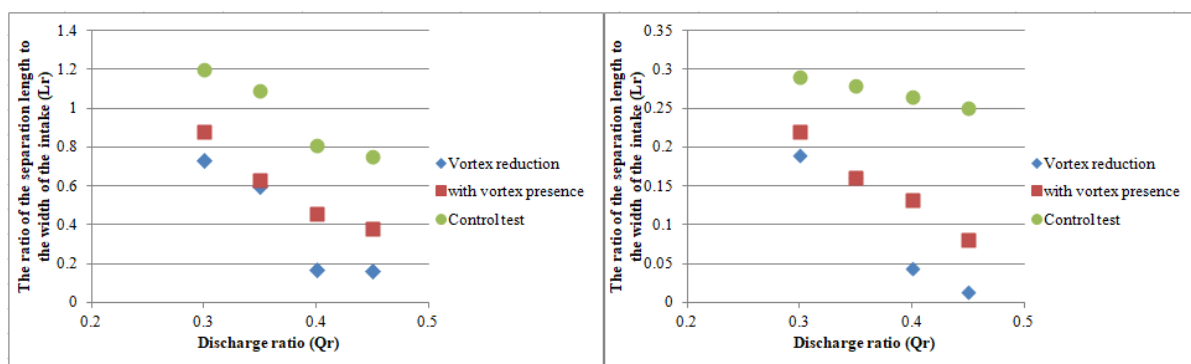


Fig. 7- Diagrams comparing the values, A) width and B) length of the flow separation zone at the beginning of the intake in the zigzag arrangement of obstacles

شکل ۷- نمودارهای مقایسه مقادیر، (A) عرض و (B) طول ناحیه جدشدگی جریان در ابتدای آبگیر در حالت چیدمان زیگزاگی موانع

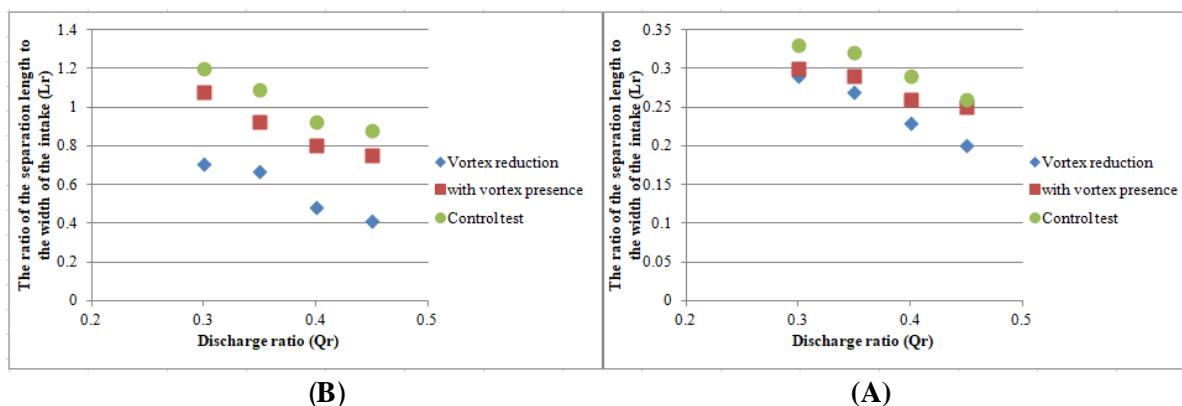


Fig. 8- Diagrams comparing the values, A) width and B) length of the flow separation zone at the beginning of the intake in the parallel arrangement of obstacles

شکل ۸- نمودار مقایسه مقادیر (A عرض و B طول ناحیه جدشدگی جریان در ابتدای آبیگر در حالت چیدمان موازی موانع

قرارگرفتن موانع به صورت زیگزآگی در مسیر جریان، سبب کاهش عرض و طول ناحیه جدشدگی نسبت به حالت بدون موانع می شود. در حالت چیدمان موازی موانع، در نسبت های آبیگری ۰/۳ و ۰/۳۵ مقدار عرض ناحیه جدشدگی افزایش و طول این ناحیه کاهش می یابد. با قرارگیری صفحات بین موانع و کاهش تأثیر ورتکس، ابعاد ناحیه جدشدگی در حالت چیدمان زیگزآگی موانع در مقایسه با حالت های بدون موانع و با وجود ورتکس کاهش می یابد. در صورت قرارگیری موانع بصورت موازی و به کارگیری صفحات بین موانع، شاهد کاهش طول ناحیه جدشدگی و افزایش عرض آن در مقایسه با حالت های بدون موانع و با وجود ورتکس می باشیم.

تقدیر و تشکر

این مقاله از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول و با حمایت واحد پژوهشی دانشگاه از طریق پژوهانه نویسنده دوم (98.86 WH.SCU) تهیه شده که بدینوسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز و سازمان آب و برق استان خوزستان که فرصت استفاده از امکانات آزمایشگاهی را در اختیار قرار دادند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

بر اساس مشاهدات آزمایشگاهی می توان بیان نمود که قرارگیری موانع به صورت موازی، در نسبت های آبیگری ۰/۳ و ۰/۳۵ افزایش عرض و در نسبت های ۰/۴ و ۰/۴۵ کاهش عرض ناحیه جدشدگی را در مقایسه با حالت شاهد، سبب می شود. طول ناحیه جدشدگی در نسبت های آبیگری ۰/۳ و ۰/۳۵ کاهش و در نسبت های آبیگری ۰/۴ و ۰/۴۵ افزایش می یابد. قراردادن صفحات بین موانع موازی در مسیر جریان و کاهش تأثیر ورتکس، باعث کاهش طول ناحیه جدشدگی و افزایش عرض این ناحیه می شود. شکل (۸) نمودار تغییرات ابعاد ناحیه جدشدگی را در حالت آرایش موازی موانع، با وجود و کاهش اثر ورتکس نشان می دهد. همچنین در این نوع چیدمان نیز مشاهده می شود که با افزایش نسبت آبیگری، مقادیر طول و عرض ناحیه جدشدگی جریان در ابتدای آبیگر کاهش می یابد.

نتیجه گیری

نسبت آبیگری از مهمترین عوامل مؤثر بر ابعاد ناحیه جدشدگی در ابتدای کانال فرعی می باشد که در حالت های مختلف تأثیر آن بر ابعاد ناحیه جدشدگی جریان مشاهده شد. همچنین با توجه به چیدمان های متفاوت موانع مشاهده شده که در حالت

References

- 1- Abbasi, A. A., Ghodsian, M., Habibi, M. & Salehi Neyshabouri, A. A., 2004. Experimental investigation of the dimensions of the vortex area at the beginning of the lateral intakes. *Research and construction in Natural Resources*, Issue 62, pp. 38-44.
- 2- Cheryl, M. N., Sanderson, R. S. & Sutton, S., 2013. Vortex shedding and morphodynamic response of bed surfaces containing non-erodible roughness elements. *Journal of Geomorphology*, Volume 198, pp. 45-56. doi: 10.1016/j.geomorph.2013.05.011.

- 3- Dey, S., Sumer, B.M. and Fredsøe, J., 2006. Control of scour at vertical circular piles under waves and current. *Journal of Hydraulic Engineering*, 132(3), pp.270-279. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2006)132:3(270)
- 4- Haghbin, A. & Ghomeshi, M., 2014. *Experimental investigation of the effect of vortex barriers on sedimentation in the inlet of water intakes*. Karaj, National Conference of Applied Civil Engineering and New Achievements, Karaj Desert Construction Company.
- 5- Kasthuri, B. & Pundarikanthan, N., 1987. Discussion on separation zone at open- channel junction. *Journal of Hydraulic Engineering*, 113(4), pp. 543-548. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1987)113:4(543)
- 6- Khanarmuei, M.R., Rahimzadeh, H., Kakuei, A.R. and Sarkardeh, H., 2016. Effect of vortex formation on sediment transport at dual pipe intakes. *Sādhanā*, 41, pp.1055-1061.
- 7- Neary, V.S. and Sotiropoulos, F., 1996. Numerical investigation of laminar flows through 90-degree diversions of rectangular cross-section. *Computers & fluids*, 25(2), pp.95-118. doi: 10.1016/0045-7930(95)00030-5
- 8- Pourmohammadi, M., 2014. *Experimental study of waves perpendicular to the flow caused by vortex stretching behind prismatic barriers in open channels*, Ahvaz: Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University.
- 9- Ramamurthy, A.S., Qu, J. and Vo, D., 2007. Numerical and experimental study of dividing open-channel flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(10), pp.1135-1144. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2007)133:10(1135).
- 10- Shafaei Bajestan, M. & Nazari, S., 2010. The influence of the angle of deviation of the intake on the ratio of discharge and sediment entering the intake in the 90 degree convergent bend. *Watershed Research (Research and Construction)*, 23(2), pp. 72-81.
- 11- Dey, S., Sumer, B.M. and Fredsøe, J., 2006. Control of scour at vertical circular piles under waves and current. *Journal of Hydraulic Engineering*, 132(3), pp.270-279. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2006)132:3(270)
- 12- Sumner, D., 2010. Two circular cylinders in cross-flow: A review. *Journal of fluids and structures*, 26(6), pp.849-899. doi: 10.1016/j.jfluidstructs.2010.07.001.
- 13- Weber, L.J., Schumate, E.D. and Mawer, N., 2001. Experiments on flow at a 90 open-channel junction. *Journal of Hydraulic Engineering*, 127(5), pp.340-350. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2001)127:5(340)