

# بررسی آزمایشگاهی الگوی جریان و توپوگرافی بستر در حضور آبشکن‌های متخلخل جاذب، دافع و قائم در کانال با بستر فرسایش‌پذیر

زینب بادپا<sup>۱</sup>، مجید فضلی<sup>۲\*</sup>

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه بوعلی سینا

mfazli.mfazli@basu.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹۷/۱۲/۲۲]

تاریخ دریافت: [۹۷/۱/۲۰]

## چکیده

از جمله روش‌های حفاظت از سواحل که در دهه‌های اخیر در رودخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از آبشکن‌هاست. آبشکن‌ها روی خطوط جریان اثر گذاشته و با ایجاد تغییراتی در سرعت و جهت جریان موجبات تغییرات عمده در توپوگرافی بستر در اطراف آبشکن و همچنین سواحل را فراهم می‌آورند. شناخت و جهت‌دهی به این تغییرات منجر به ساماندهی به‌صرفه رودخانه در نواحی موردنظر خواهد شد. در این پژوهش تاثیر آبشکن‌های توری‌سنگی قائم، جاذب و دافع در مسیر جریان بر توپوگرافی بستر و الگوی جریان بررسی شده است. در این بررسی عملکرد آبشکن‌های مذکور با آبشکن بسته مقایسه خواهد شد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش درصد تخلخل آبشکن‌ها، انحراف جریان اصلی و شدت جریان‌های ثانویه حول آبشکن افزایش یافته که این امر موجب افزایش تغییرات توپوگرافی بستر و ایجاد حفره‌های بزرگ‌تر حول آبشکن می‌شود. با افزایش شدت فرسایش حول آبشکن، رسوبگذاری در کناره‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین آبستگي (نسبت آبستگي به عمق جریان) مربوط به آبشکن قائم بسته به میزان ۰/۹ و کمترین این پارامتر مربوط به آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد به میزان ۰/۲۳ می‌باشد. بیشینه مقادیر آبستگي برای همه آبشکن‌ها در دماغه آبشکن رخ داده است. همچنین در بررسی مقادیر بیشینه سرعت طولی، عرضی و قائم سرعت، به ترتیب برای آبشکن قائم بسته ۴۳، ۲۰ و ۱۴- سانتی‌متر بر ثانیه و برای آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد، ۴۳، ۱۵/۹ و ۱۱- سانتی‌متر بر ثانیه است.

**واژگان کلیدی:** آبشکن توری‌سنگی، الگوی جریان، درصد تخلخل، توپوگرافی بستر

## مقدمه

پایین‌دست خود موجبات ته‌نشینی رسوبات در مجاورت ساحل را نیز فراهم می‌کنند که به مرور زمان این عمل موجبات توسعه و تثبیت بیولوژیک دیواره‌های رودخانه را

آبشکن‌ها با انحراف دادن جریان اصلی از برخورد آن با دیواره جلوگیری نموده، با ایجاد جریان‌های چرخشی در

شده و حداکثر تنش در عمق میانی کانال و در امتداد لایه تنش‌برشی اتفاق می‌افتد [6].

جراح‌زاده و همکاران چاله آبستتگی در حضور سه نوع آبشکن نفوذپذیر، نفوذناپذیر و باندال لایک (ترکیبی از این آبشکن نفوذپذیر و نفوذناپذیر) را بررسی کردند. ایشان دریافتند که بیشینه عمق آبستتگی در آبشکن نفوذناپذیر با زاویه ۹۰ درجه اتفاق می‌افتد، در حالی که در آبشکن‌های دیگر در زاویه ۱۲۰ درجه اتفاق می‌افتد [7]. شهابی و کاشفی‌پور اثر نفوذپذیری آبشکن‌های سری روی چاله آبستتگی را بررسی کردند. آنها دریافتند که در اعداد فرود ثابت، با افزایش نفوذپذیری آبشکن، آبستتگی به میزان زیادی کاهش می‌یابد و برای نفوذپذیری ۳۳ درصد، عمق، طول و عرض آبستتگی در مقایسه با حالت نفوذناپذیر به ترتیب، ۶۳/۹، ۳۸/۱ و ۳۵/۵ درصد کاهش می‌یابد [8].

پژوهش‌های جامعی هم توسط چن و ایکدا در رابطه با الگوی جریان اطراف تک آبشکن در مسیر مستقیم انجام پذیرفت. آن‌ها در این پژوهش به مطالعه آزمایشگاهی تشکیل، توسعه و انتقال گردابه‌های افقی در اطراف دماغه آبشکن پرداختند و دریافتند که گردابه‌های گذرای از نوک آبشکن جدا شده و به صورت متناوب به سمت پایین‌دست منتقل می‌شوند [9]. کوهنل و همکاران با مطالعاتی که روی بیشینه عمق حفره آبستتگی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که در جریان‌های با عمق کم، بیشینه عمق آبستتگی در دماغه آبشکن شکل گرفته و با افزایش عمق جریان، این مکان به سمت وسط آبشکن حرکت می‌کند [10].

میدوفسکی و همکاران از مطالعات آزمایشگاهی خود روی الگوی جریان و آبستتگی آبشکن‌های باز و بسته چنین نتیجه‌گیری کردند که الگوی جریان بین این آبشکن‌ها با هم بسیار متفاوت است و انتظار می‌رود که جریان عبوری از منافذ آبشکن باز روی جریان و الگوی آبستتگی در پایین‌دست آبشکن تاثیر زیادی بگذارد [11]. راجاراتنام و نوچوکا به بررسی الگوی جریان اطراف آبشکن تیغه‌ای در مسیر مستقیم پرداختند و مشاهده کردند که بیشینه تنش برشی سه تا پنج برابر تنش‌برشی بالادست آبشکن و در نوک بالادست آبشکن رخ می‌دهد [12]. یجتوال با مشاهده اثر ژئومتری

فراهم می‌آورد. اما عملکرد مثبت این سازه‌ها از یک‌سو به ویژگی‌های طبیعی رودخانه و از سوی دیگر به رعایت نکات فنی در حین احداث سازه بستگی دارد. آبشکن‌ها در شرایط مختلف بازه‌های رودخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ آبشکن‌ها برای اصلاح مسیر رودخانه‌های شریانی و به‌ویژه با بار رسوبی کف زیاد و شرایط مختلف جریان مناسب و مؤثر هستند [1].

از طرفی با احداث آبشکن به دلیل تمرکز جریان و آشفستگی موضعی ایجاد شده در جریان، در مجاورت سازه، آبستتگی موضعی در اطراف سازه، به وقوع می‌پیوندد و موجب شسته-شدن موضعی اطراف این نوع سازه می‌شود [2]. در طراحی آبشکن‌ها، بیشینه عمق حفره آبستتگی مجاز در اطراف آبشکن باید به‌گونه‌ای محدود شود که پایداری پی سازه به مخاطره نیفتد.

ازلدین و همکاران با آزمایش که روی آبشکن تیغه‌ای با زوایای مختلف (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه) انجام دادند، آبشکن با زاویه ۳۰ درجه را از نظر عمق آبستتگی و حفاظت ساحل بهترین گزارش نمودند. [3].

ناگی با انجام آزمایش زمانی برای دو آبشکن قائم و جاذب (به ترتیب ۹۰ و ۶۰ درجه نسبت به ساحل) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که آبشکن زاویه‌دار، عمق آبستتگی و حجم آبستتگی کمتری به همراه دارد [4].

کوهنل و همکاران با آزمایش‌هایی که روی آبستتگی اطراف آبشکن دوزنقه‌ای در سه زاویه (۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه) نسبت به پایین‌دست کانال مجاور و در دو نسبت تنگ‌شدگی ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که آبشکن با زاویه ۴۵ درجه بیشترین آبستتگی را در مجاورت ساحل داشته، در حالی که برای آبشکن‌های ۹۰ و ۱۳۵ درجه آبستتگی کمتر مشاهده شده است [5].

پژوهش دیگری که می‌توان به آن اشاره نمود، پژوهش دوان است که به مطالعه ساختار جریان‌های متوسط و آشفته اطراف آبشکن مستقیم واقع در یک کانال آزمایشگاهی با بستر صلب و تخت پرداخت. بر اساس یافته‌های این پژوهش، هر سه مؤلفه تنش‌های قائم رینولدز با عبور از مقطع آبشکن تشدید

آن داشت تا تحقیقاتی در مورد آبشکن‌های متخلخل مایل انجام دهند. پس در این راستا آبشکن‌هایی با تخلخل‌های ۰، ۳۰ و ۵۰ درصد و زوایای ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲) مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی عمران دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. فلوم استفاده شده در این پژوهش به طول ۱۵ متر و عرض و ارتفاع ۰/۶ متر با دیواره‌ها و کف شفاف از جنس شیشه ۱ سانتی‌متر است. سرریز مستطیلی برای اندازه‌گیری دبی جریان و یک دریچه برای تنظیم عمق جریان در انتهای کانال در نظر گرفته شده است. کف فلوم به اندازه ۰/۳ متر بالا آورده شده و فضایی به طول دو متر به فاصله ۵/۵ متری از ابتدای کانال با استفاده از مصالح با قطر متوسط (d<sub>50</sub>) ۱/۵۵ میلی‌متر و انحراف معیار σ<sub>g</sub> به مقدار ۱/۲۶ پر شده است. با توجه به اینکه مقدار σ<sub>g</sub> از ۱/۵ کمتر است، می‌توان از اثر غیریکنواختی رسوبات چشم پوشی کرد [18].

کف کانال مذکور به شکلی طراحی شد که شیب ۰/۰۰۱ در کانال ایجاد شود. شیب تعبیه شده و فاصله ۵/۵ متری از ابتدا برای اطمینان از توسعه یافتگی جریان در نظر گرفته شد. آبشکن‌ها در قسمت میانی این فضای ۲ متری پر شده از مصالح و در جداره سمت چپ نصب شد. برای اندازه‌گیری سرعت جریان در جهات مختلف از دستگاه ADV استفاده شد.

این سرعت‌سنج قابلیت اندازه‌گیری سرعت جریان در سه جهت را داراست. برای اندازه‌گیری مقدار آبشستگی نیز از دستگاه ADV استفاده شد. دستگاه قابلیت اندازه‌گیری فاصله از کف در داخل آب را داراست. از این رو با در نظر گرفتن سطح مبنای مشخص مقادیر فاصله برداشت شده در هر نقطه از مقدار مینا کسر شده و آبشستگی آن نقطه حاصل شد. در شکل (۱) تصاویری شماتیک از فلوم و ابزارهای جانبی آن نشان داده شده است.

روی میدان جریان در اطراف آبشکن نتیجه گرفت که نسبت طول به عرض ناحیه جداشدگی آبشکن می‌تواند بیانگر تعداد و شکل گردابه‌های نمایان شده در ناحیه جریان ایستا باشد [13].

پنگ و همکاران الگوی جریان اطراف آبشکن را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که با نزدیک شدن به بخش‌های بالایی آبشکن، ابعاد گردابه‌های ایجاد شده در پشت آبشکن به‌طور تدریجی کاهش می‌یابد [14]. تومیناگا و همکاران با مطالعه جریان در کانال‌های حاوی آبشکن مستغرق و غیرمستغرق به این نتیجه رسیدند که سرعت طولی جریان در تاج آبشکن در شرایط مستغرق بیشتر می‌شود [15].

مک‌کوی و همکاران به بررسی میدان‌های جریان در اطراف و بین دو آبشکن عمودی در یک کانال باز مستقیم پرداختند که از ویژگی‌های جریان، جدایی‌های بزرگ، اختلاف فشار آشکار بین بالادست و پایین‌دست آبشکن و ایجاد گردابه‌های ناماندگار است. آن‌ها از روش عددی شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ استفاده نموده و گزارش کردند که در جریان اصلی، گردابه‌های نعل‌اسبی ناماندگار در پایه‌ی آبشکن‌ها و در بالادست جریان ایجاد می‌شود [16].

کرمان‌نژاد و همکاران به بررسی رابطه تخلخل با بیشینه عمق آبشستگی آبشکن‌های L شکل با زبانه به سمت بالادست و پایین‌دست در شرایط آب زلال پرداختند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که حداکثر عمق آبشستگی ایجاد شده در آبشکن L شکل با زبانه به سمت پایین‌دست، در محل تلاقی زبانه با محور آبشکن رخ داده است در حالی‌که برای آبشکن با زبانه به سمت بالادست این مقدار در فاصله بین زبانه و دیواره فلوم اتفاق افتاده است [17].

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود پژوهش‌های قابل توجهی روی آبشکن بسته زاویه‌دار و قائم صورت پذیرفته است در حالی‌که در مورد آبشکن‌های توری‌سنگی مطالعات کافی صورت نگرفته، به ویژه اگر این آبشکن‌ها زاویه‌دار باشند. کمبود پژوهش‌های انجام شده در این زمینه پژوهش‌گران را بر

شکل ۱. نمای شماتیک از کانال استفاده شده برای انجام آزمایش‌ها: الف) پلان ب) برش A-A

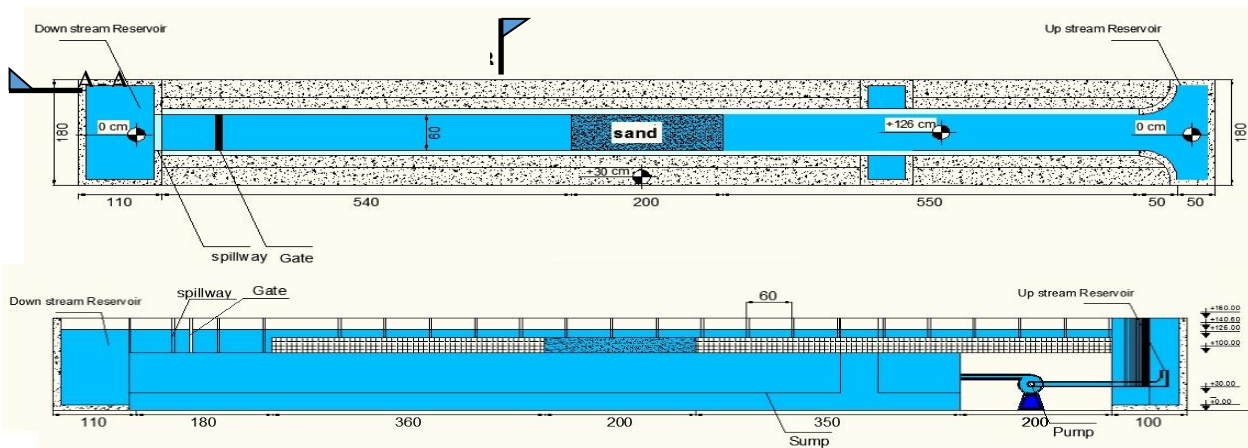


Fig.1. Schematic view of the channel used to conduct experiments A) plan B) section A-A

### چگونگی انجام آزمایش‌ها

برای انجام آزمایش‌ها ابتدا آبشکن در محل تعیین شده نصب شد. سپس سطح بستر صاف شده و دریچه در محل مشخص قرار داده شده تا ارتفاع آب بعد از برقراری جریان به مقدار تعیین شده توسط فرمول آستانه حرکت برسد. انتهای کانال بسته شده و آب به تدریج از ابتدای کانال وارد شده تا ارتفاع آب روی رسوبات افزایش یابد. دبی پمپ در مقدار تعیین شده تنظیم شد و سپس انتهای کانال آزاد شده و جریان برقرار شد. مقادیر آبشستگی بعد از زمان تعادل مذکور برای آزمایش‌ها، با استفاده از دستگاه ADV اندازه‌گیری شد. در این آزمایش‌ها عدد فرود جریان ثابت و برابر  $0.26$  بود. هم-چنین عمق جریان در آزمایش‌ها مقدار  $14/6$  سانتی‌متر که با توجه به دبی و از فرمول آستانه حرکت چنگ و دیویس استخراج شده است [19].

پس از به تعادل رسیدن بستر و برداشت آبشستگی، برداشت الگوی جریان با استفاده از دستگاه ADV آغاز می‌شد. در جدول (۱) شرایط هندسی و هیدرولیکی جریان عنوان شده است.

آبشکن‌های استفاده شده در این پژوهش، از جنس مصالح سنگی با وزن مخصوص مشخص (وزن مخصوص آبشکن با تخلخل  $30\%$  درصد،  $2/5$  و برای آبشکن با تخلخل  $50\%$  درصد،  $2/75$  گرم بر سانتی‌متر مکعب) بوده که با توری‌های فلزی (با درصد بازشدگی و سوراخ‌های متناسب با درصد تخلخل) پوشیده شده‌اند. برای انجام آزمایش‌ها آبشکن‌هایی به طول  $12$  سانتی‌متر و تخلخل  $30\%$  و  $50\%$  درصد استفاده شده است. برای ساخت آبشکن‌ها توری‌هایی به طول  $12$  سانتی‌متر و ارتفاع  $60$  و ضخامت  $2$  سانتی-متر تعبیه شده و با مصالحی به وزن مخصوص مشخص پر شد.

شکل ۲. توری‌های استفاده شده در ساخت آبشکن توری‌سنگی



Fig.2. Grids used to make gabion spur dike

جدول ۱. مشخصات هندسی و هیدرولیکی آزمایش‌ها

Q (lit/s)	Froude number	Angle of spur dike	Porosity of spur dike	Depth of flow in up stream	length of spur dike	Sediment size
28	0.26	45, 90, 135	0, 30 & 50 %	14.6	12 cm	1.55 mm

Table.1. Geometric and Hydraulic Specifications of Experiments

سرعت متوسط جریان در مقطع قبل از آبشکن (U)، عمق جریان در مسیر مستقیم بالادست (H)، قطر متوسط مصالح بستر (d50)، جرم مخصوص مصالح (ps)، انحراف استاندارد توزیع اندازه ذره ( $\sigma_g$ )، تخلخل مصالح بستر (P)، شکل دانه-ها ( $S_{sf}$ ) و زاویه اصطکاک داخلی مصالح بستر ( $\phi$ )، جرم مخصوص آب ( $\rho$ )، شتاب ثقل (g) و لزجت سینماتیکی (v). با انتخاب بیشینه عمق آبشستگی (dse) به عنوان متغیر وابسته، رابطه (۱) به دست می آید:

$$d_{se} = f(B, S_0, L, \theta, h, T_i, O_p, U, H, d_{50}, \rho_s, \sigma_g, P, S_{sf}, \phi, \rho, g, v) \quad (1)$$

با استفاده از روش  $\Pi$  باکینگهام، رابطه زیر حاصل می شود.

$$\frac{d_{se}}{H} = f\left(\frac{L}{B}, S_0, \frac{h}{H}, \theta, \frac{T_i}{d_{50}}, O_p, \frac{UH}{v}, \frac{\rho_s}{\rho}, \sigma_g, P, S_{sf}, \phi, \frac{U^2}{gH}\right) \quad (2)$$

با توجه به این که شیب کانال، ارتفاع آبشکن و ضخامت و طول آن ثابت بوده، پارامترهای بدون بعد  $L/B$ ,  $S_0$  و  $T_i/d_{50}$  حذف می شوند. به علت ثابت بودن سیال و جنس مصالح بستر (غیرچسبنده بودن، یکنواخت، ...) و تمیز بودن آب و آشفته بودن جریان پارامترهای بدون بعد  $P$ ,  $S_{sf}$ ,  $\rho_s/\rho$  و  $\sigma_g$  نیز حذف می شوند. هم چنین پارامتر بدون بعد  $U^2/gH$  به عنوان شکلی از عدد فرود اتخاذ شد که با توجه به ثابت بودن عدد فرود در این آزمایش ها، حذف می شود. سرانجام متغیرهای باقی مانده در این تحلیل به شرح زیر است:

$$\frac{d_{se}}{H} = f(\theta, O_p) \quad (3)$$

## زمان تعادل

زمان تعادل نسبی توسط آزمایشات جداگانه ای انجام گرفت. چگونگی انجام آزمایش ها زمان تعادل به این صورت بود که عمق آبشستگی در زمان های مختلف ثبت شده و سپس از روی منحنی ترسیمی، زمان تعادل نسبی تعیین شد. عمق آبشستگی در این آزمایش ها در نیم ساعت اول هر دو دقیقه یک بار، در نیم ساعت دوم هر ۵ دقیقه یک بار، در یک ساعت بعدی هر ۱۰ دقیقه و در یک ساعت بعد از آن هر ۲۰

برای اندازه گیری آبشستگی بستر به صورت شکل (۳) شبکه بندی نموده و تراز نقاط شبکه با استفاده از دستگاه ADV برداشت شد شبکه بندی به این صورت طراحی شده است که در محدوده نزدیک آبشکن که تغییرات الگوی جریان قابل توجه است، مقاطع برداشت نزدیک به هم و در فواصل کوتاه تری تعریف شده است. به طور کلی تعداد ۱۸ مقطع طولی و ۱۱ مقطع عرضی تعریف شد. برداشت ها در ۴ سطح ارتفاعی در عمق های ۰/۵ سانتی متر از کف، ۰/۵ سانتی متر از سطح آب و عمق های ۵ و ۱۰ سانتی متر صورت گرفته است. شکل (۴) مش بندی مربوط به برداشت سرعت را نشان می دهد.

شکل ۳. پلان مش بندی کانال برای برداشت آبشستگی

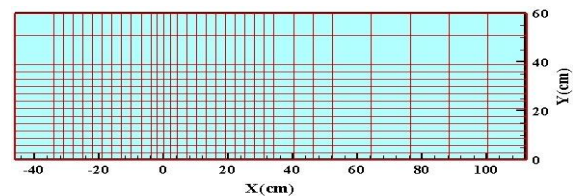


Fig. 3. Channel meshing plan for scouring

شکل ۴. مش بندی کانال برای برداشت الگوی جریان الف) پلان ب) برش

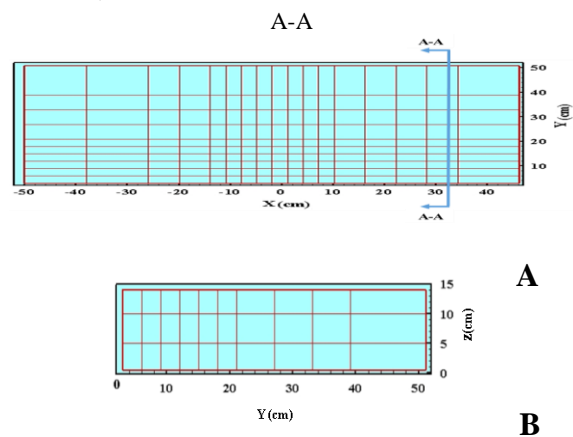


Fig.4. Channel mesh for flow pattern, A:plan B:section A-A

## تحلیل ابعادی

به منظور یافتن رابطه بین عوامل مؤثر بر آبشستگی در اطراف آبشکن ها، تحلیل ابعادی روی پارامترهای مؤثر انجام شد. متغیرهای مستقل و مؤثر در این زمینه عبارتند از: عرض کانال (B)، شیب طولی مجرا (S0)، طول آبشکن (L)، زاویه اتصال آبشکن به ساحل ( $\theta$ )، ارتفاع آبشکن (h)، ضخامت آبشکن (Ti) و درصد بازشدگی یا تخلخل آبشکن (Op)،

بیشتر شده و این جریان با عبور از آبشکن، مستهلک شده و قدرت خود را از دست می‌دهد. گردابه‌های تشکیل شده در حضور آبشکن با درصد تخلخل بیشتر، از قدرت کمتری برخوردارند و تأثیر کمتری روی بستر کانال می‌گذارند. هم-چنین به دلیل عبور جریان بیشتری از آبشکن در تخلخل بالا، جریان منحرف شده به سمت میانه کانال کمتر بوده و برای میزان بیشینه عمق آبشستگی با افزایش درصد تخلخل آبشکن، کمتر می‌شود.

با توجه به این که آبشکن‌های با تخلخل بالاتر از سنگدانه‌های بزرگ‌تر ساخته شده‌اند و به تبع آن خلل و فرج بین سنگدانه‌های با قطر بیشتر، بزرگ‌تر است پس سرعت آب‌گذری جریان از میان این خلل و فرج بیشتر است. در نتیجه زیاد شدن سرعت آب‌گذری جریان از بین آبشکن، سرعت جریان در عبور از دماغه‌ی آبشکن و قدرت گردابه‌های نعل‌اسبی و گردابه‌های اولیه کم شده و مقادیر عمق آبشستگی کاهش می‌یابد.

شکل ۴ نمودار تغییرات ماکزیمم آبشستگی

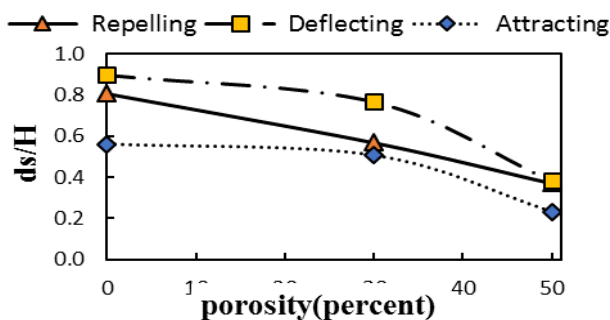


Fig. 4. Maximum scour diagram

هم‌چنین شکل (۴) دلالت بر کمتر بودن بیشینه عمق آبشستگی در آبشکن جاذب، نسبت به آبشکن‌های دافع و قائم دارد و این موضوع به دلیل چگونگی قرارگیری آبشکن در مسیر جریان است. بیشینه مقدار آبشستگی مربوط به آبشکن قائم با تخلخل صفر است که حدود ۱۳ سانتی‌متر بوده و کمترین آن مربوط به آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد، که حدود ۳/۳ سانتی‌متر است.

دقیقه یک بار اندازه‌گیری شد و از آن به بعد به مدت ۲۴ ساعت هر ۳۰ دقیقه یک بار اندازه‌گیری شد. نهایتاً نمودار ترسیم شده نشان می‌دهد که پس از مدت زمانی، گسترش آبشستگی کند شده و این زمانی است که به عنوان زمان تعادل نسبی برای تمام آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. در شکل (۵) نمودار زمان تعادل نشان داده شده است. طبق این نمودار از ساعت نهم به بعد با کاهش قابل توجه سرعت آبشستگی مواجه هستیم، به طوری که در ۵۴۰ دقیقه ابتدایی، حدود ۹۵ درصد میزان آبشستگی اتفاق افتاده است. به همین دلیل زمان تعادل آزمایش‌ها ۵۴۰ دقیقه در نظر گرفته شده است.

شکل ۳. منحنی درصد آبشستگی در زمان‌های مختلف آزمایش زمان تعادل

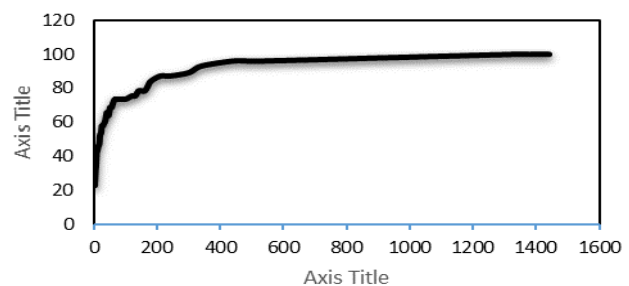


Fig. 3. Scour percentage curve at different times related to the time equilibrium test

## نتایج و بحث

### توپوگرافی بستر

در شکل (۴) نمودار تغییرات بیشینه عمق آبشستگی برای آبشکن‌های قائم، دافع و جاذب در درصد تخلخل‌های مختلف نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در نمودار حاضر محور عمودی نسبت آبشستگی به عمق جریان در کانال و محور افقی درصد تخلخل آبشکن‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای هر سه نوع آبشکن قائم، دافع و جاذب با افزایش درصد تخلخل آبشکن، بیشینه عمق آبشستگی کاهش پیدا می‌کند. برای آبشکن قائم در تخلخل‌های کمتر شیب نمودار کم بوده و روند کاهش بیشینه عمق آبشستگی کند است و با افزایش درصد تخلخل، شیب نمودار تندتر می‌شود. با افزایش درصد تخلخل آبشکن، جریان عبوری از لابه‌لای سنگدانه‌های آن

شکل ۵. پروفیل عرضی بستر در حضور آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب در دماغه آبشکن

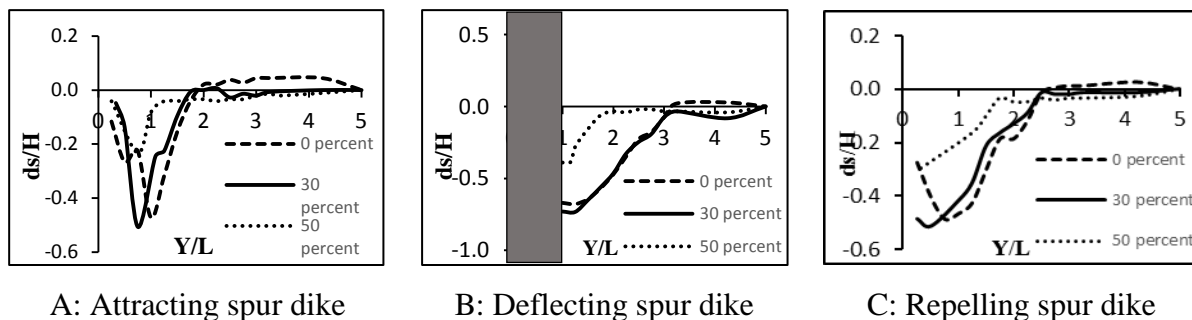
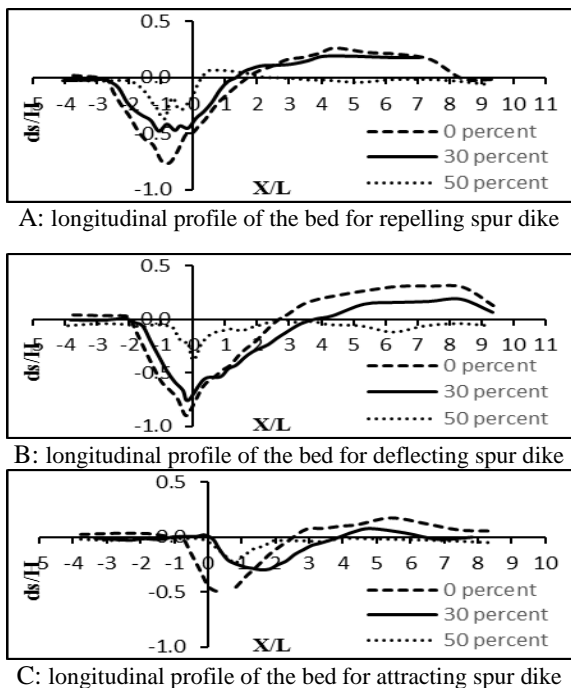


Fig. 5. Transverse profile of the bed at the spur dike headland

دماغه آبشکن ایجاد شده است و با کاهش درصد تخلخل، همواره شاهد افزایش ابعاد حفره آبستگي هستیم. پشته رسوبي ایجاد شده برای درصد تخلخل صفر، بیشتر از سایر موارد بوده و با افزایش تخلخل، شاهد کاهش ابعاد پشته رسوبي هستیم به طوری که در آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد می‌توان گفت که پشته‌ی رسوبي در طول کانال ایجاد نشده است.

در شکل (۵) نیز پروفیل عرضی بستر برای هر سه نوع آبشکن دافع، قائم و جاذب نشان داده شده است. چگونگی توسعه حفره آبستگي در اطراف آبشکن‌ها به خوبی از این شکل قابل رؤیت است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود در هر سه نوع آبشکن، در تخلخل ۵۰ درصد، حفره آبستگي کوچک‌تری نسبت به آبشکن‌های با تخلخل ۳۰ و ۰ درصد ایجاد شده است. با کاهش درصد تخلخل اختلاف اندازه ابعاد حفره آبستگي بسیار کمتر شده است، به طوری که در آبشکن قائم مشاهده می‌شود که اختلاف ابعاد دو حفره تنها در ناحیه بیشینه عمق آبستگي بوده و در بقیه نواحی تقریباً مشخصات حفره‌ها منطبق بر هم است. در آبشکن‌های زاویه‌دار با کاهش درصد تخلخل حفره آبستگي به سمت دیواره مقابل منتقل می‌شود، در حالی که آبشکن قائم برای تمام تخلخل‌ها حفره‌ای در نزدیکی دماغه آبشکن ایجاد نموده است. با توجه به این که آبشکن‌های زاویه‌دار جریان اصلی کانال را (منطبق با زاویه‌ی خود) منحرف می‌کنند. در نتیجه با کاهش درصد تخلخل شدت و سرعت این جریان منحرف شده، بیشتر شده و باعث انتقال حفره به نواحی دورتر از آبشکن می‌شود. در آبشکن قائم جریان تنها در برخورد با دماغه آبشکن اندکی منحرف می‌شود، از این‌رو تمرکز حفره آبستگي در نزدیکی دماغه است.

شکل ۶. پروفیل طولی بستر در دماغه آبشکن



C: longitudinal profile of the bed for attracting spur dike

Fig. 6. Longitudinal profile of the bed at the spur dike headland

با توجه به این که طول موثر آبشکن قائم از دو آبشکن دیگر بیشتر بوده (طول موثر آبشکن قائم ۱۲ سانتی‌متر و

شکل (۶) پروفیل طولی بستر در حضور آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب برای درصد تخلخل‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود برای هر سه نوع آبشکن در همه تخلخل‌ها، حفره آبستگي در نزدیکی

مکانی بسیار نزدیک به دیواره‌ی کانال و همین‌طور خود آبشکن است. پشته رسوبی برای آبشکن قائم به مراتب در همه‌ی ابعاد بزرگ‌تر بوده و محدوده وسیع‌تری را تحت‌الشعاع قرار داده است.

قبل از آبشکن قائم، حفره‌ی آبشستگی عمیق‌تر و دارای نوسانات عمق بیشتری است در حالی‌که در آبشکن دافع و جاذب این ناحیه بسیار کم‌عمق‌تر است. دلیل این امر را در تفاوت گردابه‌های تشکیل‌شده در ناحیه مذکور می‌توان جستجو کرد. در آبشکن قائم جریان پایین‌رونده با قدرت عمل کرده و پس از برگشت جریان به شکل گردابه نعل اسبی آزادانه به سمت بالادست تغییر جهت داده و وارد چرخه‌ی جریان می‌شود. در حالی‌که در آبشکن دافع این جریان‌های پایین‌رونده پس از بازگشت به دلیل زاویه‌ی آبشکن برخورد کرده و این محصور شدن جریان موجب اختلال در ایجاد جریان نعل‌اسبی شده و آبشستگی کمتری در آن ناحیه ایجاد می‌کند. برای آبشکن جاذب نیز در بالادست آبشکن گردابه‌ای تشکیل نمی‌شود چرا که جریان ورودی در رسیدن به آبشکن اندکی منحرف شده و به مسیر خود ادامه می‌دهند.

آبشکن‌های زاویه‌دار (با توجه به زاویه ۴۵ درجه) حدود ۸/۵ سانتی‌متر) و این اضافه طول باعث تنگ‌شدگی بیشتر مقطع آبشکن و تغییرات گسترده‌تری در جریان اصلی می‌شود پس این افزایش ابعاد حفره آبشستگی منطقی به نظر می‌رسد. آبشکن دافع دارای زاویه در خلاف جهت جریان اصلی کانال است و به این دلیل با مخالفت با روند اصلی جریان در کانال موجبات اغتشاش بیشتر در محل دماغه آبشکن و دفع شدید جریان به سمت دیواره‌ها را فراهم می‌کند. از این‌رو جریان‌های عرضی ایجاد شده شدیدتر بوده و حفره آبشستگی را وسعت می‌بخشد. در آبشکن جاذب با توجه به سازگاری زاویه آبشکن و جریان اصلی، اختلال در دماغه آبشکن کمتر بوده و این باعث کوچک بودن ابعاد حفره آبشستگی در این نوع آبشکن شده است.

شکل (۷) توپوگرافی بستر برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب با تخلخل ۳۰ درصد را نشان می‌دهد. در آبشکن دافع پشته رسوبی تشکیل‌شده عریض‌تر و متمایل به میانه کانال است و برای آبشکن قائم و جاذب به ترتیب پشته رسوبی کوچک‌تر و به سمت دیواره‌ی کانال تغییر مکان داده است تا جایی‌که در آبشکن جاذب رسوب‌گذاری بسیار اندک و در

شکل ۷. توپوگرافی بستر برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب با تخلخل ۳۰ درصد

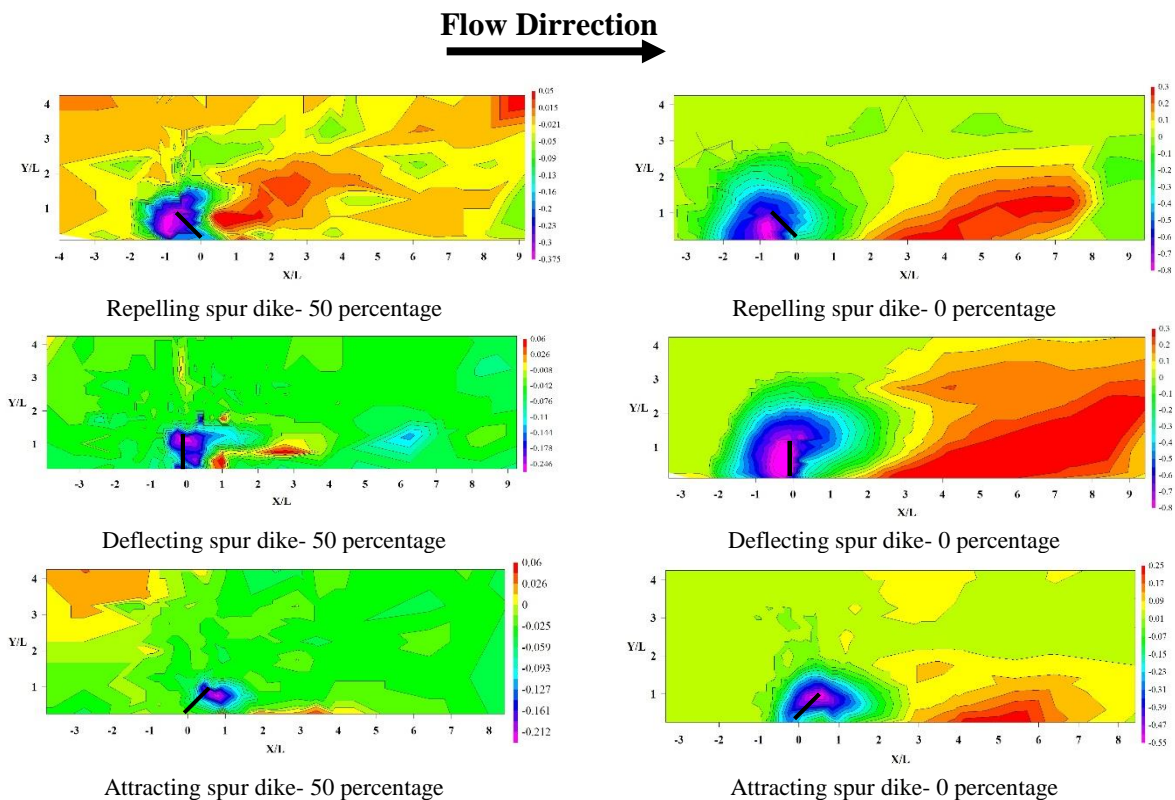


Fig. 7. Bed topography for repelling, deflecting and attracting spur dikes with porosity of 0 & 50%



## الگوی جریان در حضور آبشکن

در این پژوهش الگوی جریان اطراف آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب متخلخل با درصد تخلخل‌های ۰، ۳۰ و ۵۰ درصد مورد بررسی قرار گرفته است. در رابطه با شکل‌های مربوط به الگوی جریان لازم به ذکر است که مبدأ مختصات محل اتصال آبشکن به دیواره در نقطه اتصال با کف بستر قبل از وقوع آبشستگی است. برای مثبت سرعت جریان.

شکل (۸) کانتورهای سرعت طولی و خطوط جریان در کانال را برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب در تخلخل ۰ و ۵۰ درصد را نمایش می‌دهد. در آبشکن قائم برای تخلخل صفر درصد شاهد تغییرات عمده جریان در اطراف آبشکن هستیم. خطوط جریان در پشت آبشکن در ناحیه‌ای حدود یک برابر طول آبشکن گویای ایجاد گردابه‌های افقی در این ناحیه است. بعد از آبشکن نیز تا طولی حدود سه برابر طول آبشکن شاهد تغییرات اصلی در جهت جریان هستیم و جریان

کاملاً به سمت دیواره مقابل منحرف شده است. کانتور سرعت نیز نشان‌دهنده کاهش قابل توجه سرعت طولی و حتی تغییر جهت جریان در ناحیه مذکور است. این تغییرات در عرض کانال تا ناحیه‌ای حدود دو برابر طول آبشکن قابل مشاهده است. با افزایش درصد تخلخل آبشکن این تغییرات بسیار کمتر شده و برای تخلخل ۵۰ درصد شاهد انحراف جزئی در مسیر جریان هستیم هم‌چنین سرعت طولی جریان در ناحیه‌ای کوچک‌تر کاهش پیدا کرده است و به طور کلی مقادیر سرعت طولی در ناحیه مذکور نسبت به حالت قبل بیشتر است. با افزایش درصد تخلخل آبشکن، مقدار و سرعت جریان عبوری از خلل و فرج آبشکن افزایش پیدا می‌کند. این امر از شدت جریان عبوری از دماغه آبشکن می‌کاهد و جریان برگشتی در پشت آبشکن هم بسیار کمتر می‌شود. از این رو در پشت آبشکن گردابه‌ها ضعیف‌تر شده یا تشکیل نمی‌شوند.

شکل ۸ کانتور مولفه طولی سرعت در لایه عمقی ۰/۵ سانتی‌متری از کف برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب با درصد تخلخل ۰ و ۵۰ درصد

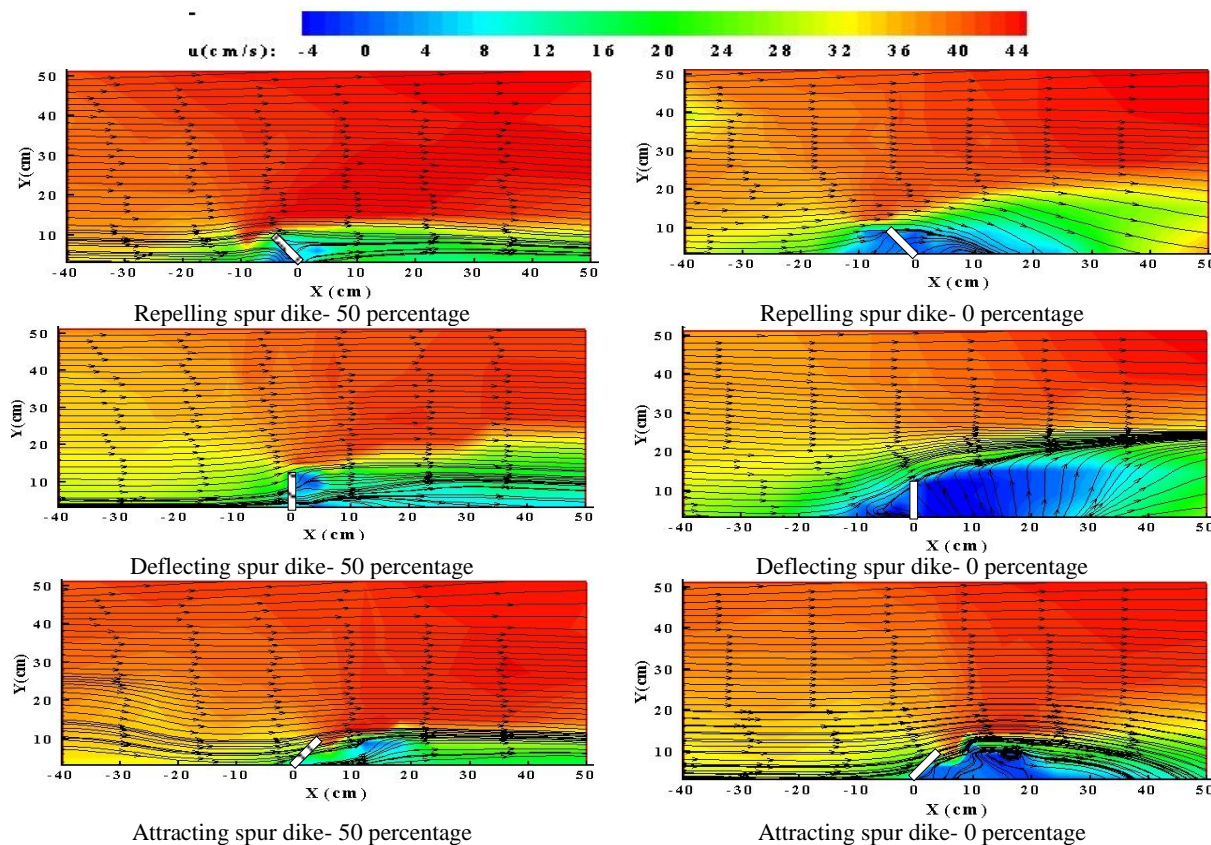


Fig. 8. Longitudinal velocity contour in a depth of 10 cm from the floor for repelling, deflecting and attracting spur dikes with a porosity of 0% and 50%

شکل (۹) کانتور مولفه قائم سرعت در مقطع دماغه آبشکن برای هر سه نوع آبشکن در تخلخل صفر و ۵۰ درصد را نمایش می‌دهد. در آبشکن قائم برای تخلخل صفر درصد یک گردابه قائم در ناحیه‌ای حدود دو برابر طول آبشکن ایجاد شده است. این گردابه در تلاقی با تغییرات طولی و عرضی جریان که در اشکال قبل نشان داده شد باعث ایجاد گردابه نعل اسبی در این ناحیه می‌شود. این گردابه‌ها و گردابه‌های افقی قبل از آبشکن منجر به ایجاد حفره‌های آبشستگی بزرگی در حضور آبشکن قائم می‌شود. با توجه به این‌که عامل اصلی حرکت دانه‌های بستر و ایجاد حفره آبشستگی همین گردابه‌ها هستند بزرگتر بودن ابعاد حفره آبشستگی در آبشکن قائم توجیه‌پذیر است. با افزایش درصد تخلخل آبشکن مشاهده می‌شود که اغتشاش جریان کمتر شده و از شدت جریان‌های پایین‌رونده قبل آبشکن و بالارونده بعد از آن کاسته شده و گردابه‌های قائم ضعیف شده یا تشکیل نمی‌شوند. در آبشکن دافع در تخلخل‌های کمتر شیب جریان پایین‌رونده قبل از آبشکن بیشتر است و در برخورد با آبشکن دچار تغییرات زیادی می‌شود. این جریان پس از عبور از آبشکن به جریان‌های بالارونده تبدیل شده است. در آبشکن جاذب به‌طور کلی تغییرات خطوط جریان در تخلخل مشابه کمتر از دو آبشکن دیگر بوده و از این رو جریان‌های قائم تاثیر زیادی در تغییرات توپوگرافی بستر ندارند. به همین دلیل است که بیشتر ابعاد حفره آبشستگی در حضور آبشکن جاذب به مراتب کوچکتر از آبشکن‌های دیگر است.

شکل‌های (۱۰ و ۱۱) کانتورهای مولفه عرضی و قائم سرعت برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب برای همه تخلخل‌ها را نمایش می‌دهد. تغییرات سرعت عرضی جریان برای همه آبشکن‌ها در ناحیه دماغه آبشکن اتفاق افتاده است. مشاهده می‌شود که در هر سه نوع آبشکن با افزایش درصد تخلخل شاهد کاهش تغییرات سرعت عرضی جریان حول آبشکن هستیم به طوری که در آبشکن دافع و قائم با تخلخل صفر درصد بیشترین مقدار سرعت عرضی و در آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد کمترین مقدار سرعت عرضی مشاهده می‌شود، به طوری که برای آبشکن مذکور تغییرات سرعت عرضی بسیار ناچیز است. مقدار تغییرات سرعت

آبشکن قائم با تخلخل صفر درصد خطوط جریان را با زاویه قابل توجهی از دماغه دور کرده و آثار آن تا طول بسیار زیادی در پایین دست ادامه داشته است. در شکل مربوطه مشاهده می‌شود که خطوط جریان در طولی معادل چند برابر طول آبشکن در پایین دست پیشروی داشته و متمرکز شده‌اند. این تمرکز خطوط جریان حجم بالایی از رسوبات را با خود همراه کرده و در ناحیه تمرکز بر جای می‌گذارد. دلیل شکل-گیری پشته رسوبی در نواحی میانی کانال برای آبشکن مذکور، همین امر است. این در حالی است که آبشکن با تخلخل زیاد انحنا و تغییر زیادی در خطوط جریان ایجاد نکرده، خطوط جریان عبوری از آبشکن و دماغه آن در ناحیه‌ای نزدیک به کناره کانال به هم رسیده و منجر به تشکیل پشته رسوبی در نزدیکی ساحل شده است.

در آبشکن دافع تغییرات خطوط جریان قبل از دماغه آبشکن آغاز شده و انحنای خطوط جریان تا طول زیادی در امتداد دیواره مجاور ادامه دارد. با افزایش درصد تخلخل آبشکن این تغییرات کاهش پیدا کرده و حضور آبشکن انحراف و اغتشاش کمتری در مسیر جریان ایجاد نموده است. در آبشکن جاذب برای آبشکن با تخلخل صفر درصد شاهد یک گردابه افقی بعد از دماغه آبشکن و در نزدیکی دیواره مجاور هستیم. این گردابه در اثر برخورد جریان پرسرعت دماغه آبشکن و جریان‌های کم‌سرعت بعد از آبشکن در امتداد طول آن است. با افزایش درصد تخلخل آبشکن در خطوط جریان، دیگر شاهد این گردابه‌ها نیستیم. این امر به دلیل افزایش سرعت آبگذری جریان از آبشکن و کاهش اختلاف شدت جریان عبوری از دماغه و جریان عبوری از داخل آبشکن است. کانتور سرعت به خوبی گویای مطلب ذکر شده است. در آبشکن دافع محدوده تغییرات سرعت طولی بیشتر است اما اختلاف سرعت جریان در دماغه و جریان عبوری از آبشکن در ناحیه گسترده‌تری به وقوع می‌پیوندد، از این رو توان تشکیل گردابه افقی را ندارد اما این تغییرات در ترکیب با تغییرات سرعت قائم (که در شکل‌های بعدی تشریح خواهد شد) بیشترین تاثیر بر حفره آبشستگی را خواهد داشت.

جریان در برخورد با دماغه آبشکن دافع به شدت آشفته شده و از این رو شدت تلاطم ها بالاست. اما از آنجا که طول موثر آبشکن دافع نسبت به قائم کمتر است محدوده تغییرات مولفه عرضی سرعت برای آبشکن قائم در همه ابعاد بیشتر است. کانتور مولفه قائم سرعت برای آبشکن های دافع، قائم و جاذب در مقطع دماغه آبشکن وجود جریان های پایین رونده در این مقطع را نشان می دهد. در آبشکن دافع با افزایش درصد تخلخل آبشکن از شدت این جریان های کاسته شده و تمرکز اصلی این تغییرات به ناحیه امتداد طول آبشکن محدود می شود. شدت جریان های قائم برای آبشکن قائم کمتر بوده اما محدوده تغییرات گسترده تر است. با افزایش درصد تخلخل تغییرات خیلی کمتر شده به طوری که در تخلخل ۵۰ درصد تغییرات جزئی به صورت پراکنده مشاهده می شود. در آبشکن جاذب هم میزان تغییرات مولفه قائم جریان بسیار کم بوده و با افزایش درصد تخلخل، میزان و محدوده تغییرات کاهش می یابد به طوری که در آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد تغییرات زیادی مشهود نیست.

جریان عرضی برای آبشکن قائم و دافع بیشتر بوده و برای آبشکن جاذب مقدار کمتری است اما محدوده تغییرات سرعت عرضی برای آبشکن جاذب گسترده تر است. بدین معنا که جریان در ناحیه بزرگتری دارای تغییرات جزئی می باشد که با توجه به ماهیت آبشکن جاذب (با توجه به زاویه آن) توجیه پذیر است.

در شکل (۱۰) مشاهده می شود که محدوده تغییرات عمده مولفه عرضی سرعت مربوط به آبشکن قائم با تخلخل صفر درصد در جهت ارتفاع قابل توجه بوده و این ناحیه گسترده تر است. در واقع هم شدت و هم محدوده تغییرات بیشتر و بزرگ تر بوده در حالی که برای آبشکن با تخلخل صفر درصد جاذب محدوده بزرگ اما شدت کم بوده و در حالت دافع محدوده تغییرات عمده کوچک بوده اما شدت تغییرات آن قابل ملاحظه است. از آنجا که آبشکن جاذب هم سو با جهت جریان تغییر ایجاد می کند از این رو تغییرات به میزان کم ولی ناحیه زیادی را تحت الشعاع قرار می دهد. در حالی که آبشکن دافع اختلال زیادی در دماغه ایجاد می کند،

شکل ۹. کانتور مولفه قائم سرعت برای آبشکن های دافع، قائم و جاذب برای آبشکن با درصد تخلخل ۰ و ۵۰ درصد

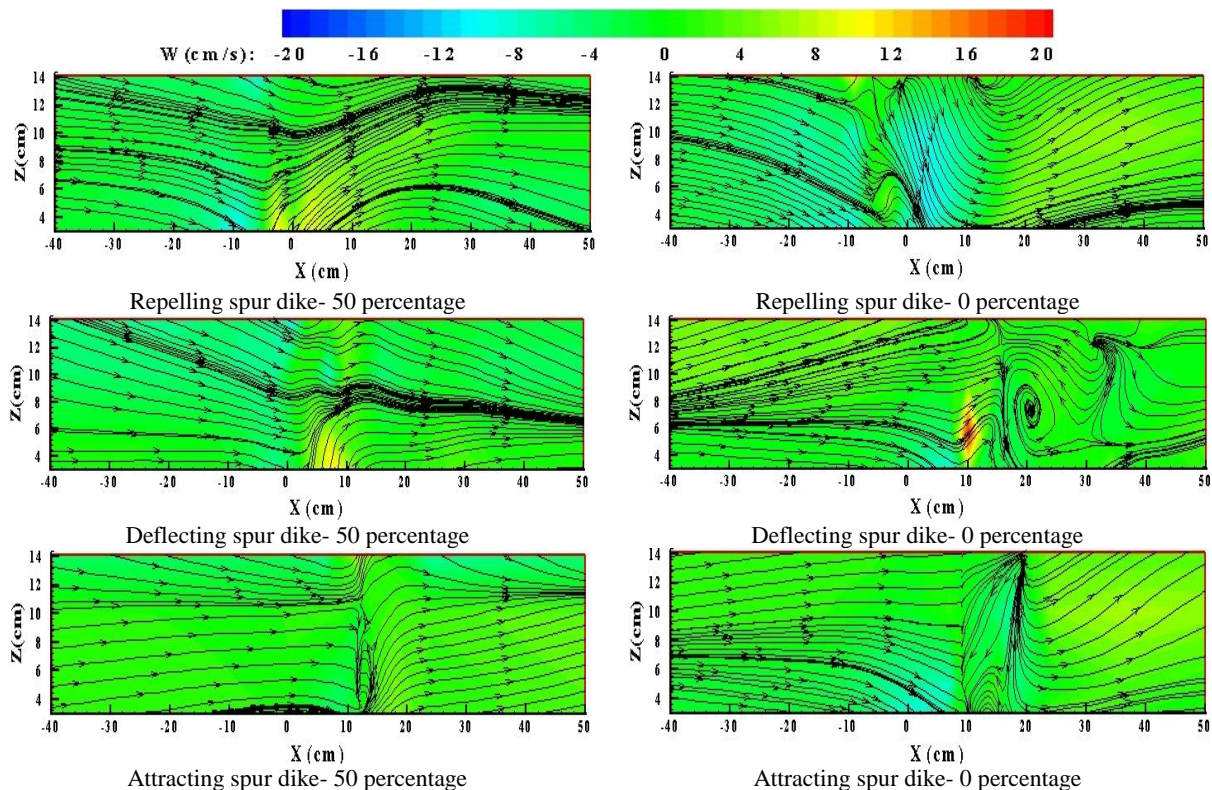


Fig. 9. vertical velocity contour and streamlines along the length of the canal for repelling, deflecting and attracting spur dikes with a porosity of 0% and 50%

شکل ۱۰. کانتور مولفه عرضی سرعت برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب برای آبشکن با درصد تخلخل ۰، ۳۰، ۵۰ درصد

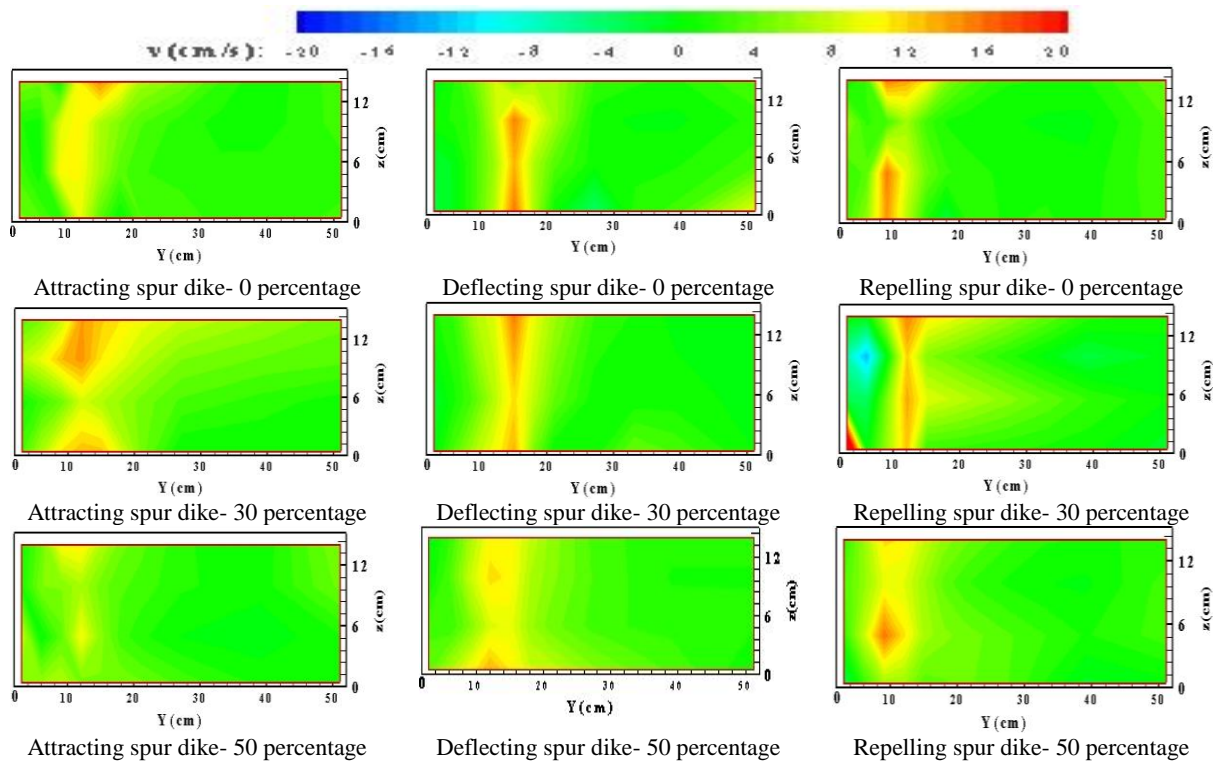


Fig. 10. Transverse velocity contour repelling, deflecting and attracting spur dikes with a porosity of 0% and 50%

شکل ۱۱. کانتور مولفه قائم سرعت برای آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب برای آبشکن با درصد تخلخل ۰، ۳۰، ۵۰ درصد

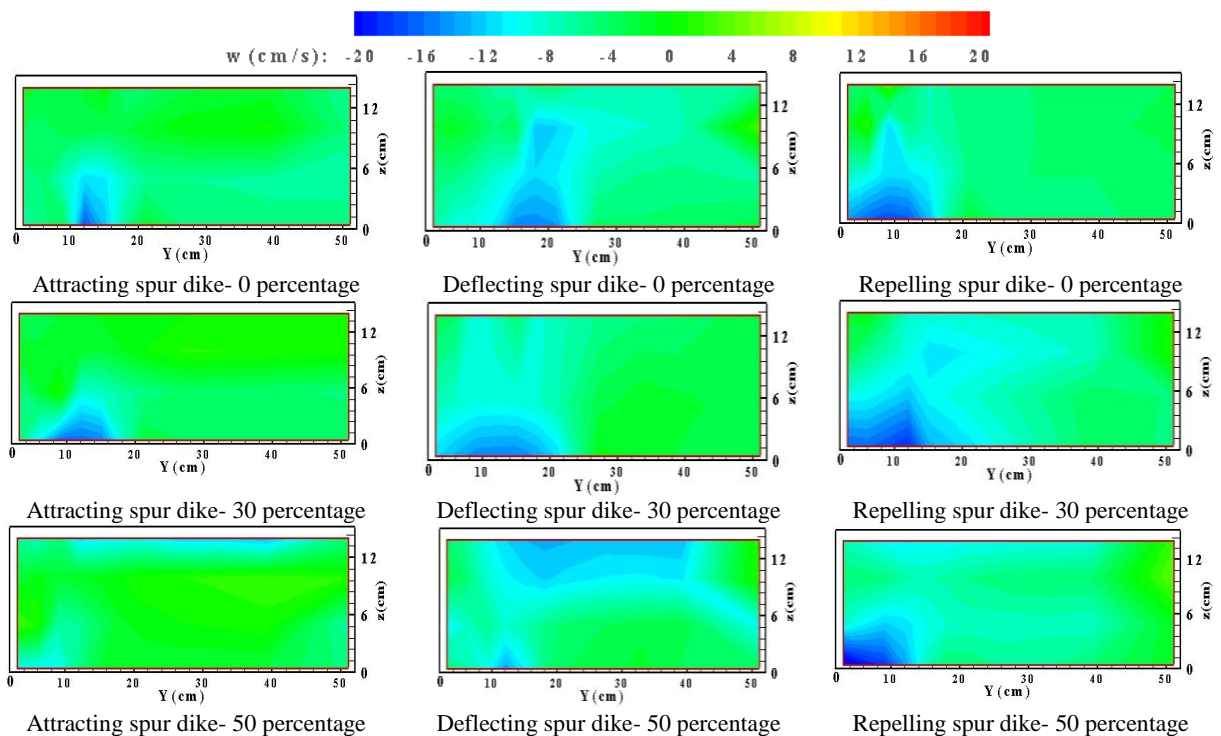


Fig. 11. Vertical velocity contour repelling, deflecting and attracting spur dikes with a porosity of 0% and 50%

## References

## منابع

## نتیجه گیری

- [1] Hoseinzade Tabrizi. H., Vaghefi. M. & Ghodsian, M., 2014. Effect of Froude Number on flow pattern and scour around T-shaped spur dikes under submerged and unsubmerged, *Journal of Modares Civil Engineering*, Vol. 14. Nom 2. (In Persian)
- [2] Vaghefi. M, Ghodsian. M. & Salehi neishabori.A., 2010, Experimental study of scouring around a series of L-head groynes. *Journal of Water and Soil conservation*. Vol. 16. Nom 3: 141-162. (In Persian)
- [3] Ezzeldin. M., Saafan, T.A., Rageh, O. & Nejm, L., 2007, Local scour around spur dikes. In *Eleventh International Water Technology Conference, IWTC11. Sharm El-Sheikh* (pp. 779-795).
- [4] Nagy, H.M., 2005, Hydraulic evaluation of emerged and submerged spur-dikes: temporal bed evolution and equilibrium state characteristics. *Alexandria Eng. J*, 44(2), pp.279-290.
- [5] Kuhnle. R.A., Alonso. C.V. & Shields. F.D., 1999, Geometry of scour holes associated with 90 spur dikes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(9), pp.972-978.
- [6] Duan, J.G., 2009, Mean flow and turbulence around a laboratory spur dike. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135(10), pp.803-811.
- [7] Jarrahzade, F., Kashefipour, S.M, Shafai Bajestan. M., 2017, The Effects of Permeable, Impermeable and Bandal-like Spur-dike Angel On Geometric Dimensions of Scouring In Submerged Conditions. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. Vol. 40. Nom 2: 1-14. (In Persian)
- [8] Shahabi. Z., Kashefipour. S.M., 2017, Experimental Investigation of The Effect of The Permeable Spur Dikes on Scour Hole Dimensions in a Mild 90 Degree Bend. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. Vol. 39. Nom 4: 13-21. (In Persian)
- [9] Fei-Yong. C. & Ikeda. S., 1997, Horizontal separation flows in shallow open channels with spur dikes. *Journal of Hydrosience and hydraulic Engineering*, 15(2), pp.15-30.
- [10] Kuhnle. R.A., Alonso. C.V. & Shields Jr, F.D., 2002, Local scour associated with angled spur dikes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128(12), pp.1087-1093.
- [11] Mioduszewski, T., Maeno, S. & Uema, Y., 2003, November. Influence of the spur dike permeability on flow and scouring during a surge pass. In *International Conference on Estuaries and Coasts* (pp. 380-388).
- [12] Rajaratnam. N. & Nwachukwu. B.A., 1983, Flow near groin-like structures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(3), pp.463-480.
- [13] Uijtewaal. W.S., 2005, Effects of groyne layout on the flow in groyne fields: Laboratory experiments. *Journal of Hydraulic Engineering*, 131(9), pp.782-791.
- [14] Peng. J., Kawahara, Y. & Tamai, N., 1996, Numerical analysis of three-dimensional turbulent flows

در این پژوهش، تغییرات الگوی جریان و توپوگرافی بستر در حضور آبشکن‌های دافع، قائم و جاذب توری سنگی با درصد تخلخل‌های ۰، ۳۰ و ۵۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که:

- آبشکن قائم بیشترین تغییرات در الگوی جریان را ایجاد نموده و هم‌چنین حفره آبستگي و پشته‌ی رسوبي بزرگ‌تری ایجاد نموده است. پس از آن آبشکن دافع با ایجاد جریان عرضی قوی‌تر و جریان‌های پایین‌رونده و بالارونده قابل توجه و اغتشاش بیشتر در مسیر جریان منجر به وقوع حفره‌های آبستگي بزرگ‌تری شده است. آبشکن جاذب با توجه به چگونگی قرارگیری در مسیر جریان تغییرات به مراتب کمتری در الگوی جریان ایجاد نموده و به همین دلیل توپوگرافی بستر کمتر تحت تاثیر حضور آبشکن واقع شده است.

- بیشترین آبستگي (نسبت آبستگي به عمق جریان) مربوط به آبشکن قائم بسته به میزان ۰/۹ و کمترین مقدار این پارامتر مربوط به آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد به میزان ۰/۲۳ است.

- در بررسی مقادیر سرعت طولی، عرضی و قائم سرعت، بیشینه مقادیر به ترتیب برای آبشکن قائم بسته ۴۳، ۲۰ و ۱۴- سانتی‌متر بر ثانیه و برای آبشکن جاذب با تخلخل ۵۰ درصد، ۴۳، ۱۵/۹ و ۱۱- سانتی‌متر بر ثانیه است.

- در هر سه نوع آبشکن با افزایش درصد تخلخل، کاهش ابعاد حفره آبستگي را شاهد هستیم. در آبشکن با تخلخل ۵۰ درصد، تغییرات توپوگرافی بستر در محدوده بسیار کوچکی اطراف آبشکن و با تمرکز در دماغه آن رخ داده در حالی که برای آبشکن با تخلخل صفر درصد تغییرات توپوگرافی بستر بسته به نوع آبشکن تا چند برابر طول آبشکن در طول و عرض کانال به وقوع پیوسته است.

- با توجه به این‌که ارتفاع موثر آبشکن قائم بیش از آبشکن‌های زاویه دار است، ابعاد حفره آبستگي برای آبشکن قائم بسیار گسترده‌تر از آبشکن‌های زاویه دار است.

## Archive of SID

Clapper toward Downstream and Upstream under Clear Water Condition. *Journal of Water and Soil*, Vol. 25. Nom 2: 305-314. (In Persian)

[18] Chang. F. & Davis. S., 1998, Maryland SHA Procedure for Estimating Scour at Bridge Abutments Part 2-Clear Water Scour. In *Stream Stability and Scour at Highway Bridges: Compendium of Stream Stability and Scour Papers Presented at Conferences Sponsored by the Water Resources Engineering (Hydraulics) Division of the American Society of Civil Engineers* (pp. 398-398). ASCE.

[19] Yang. C.T., 1996, Sediment transport: theory and practice. *MCGRAW-HILL BOOK CO,(USA)*. 1996

around submerged groins. In *Managing Water: Coping with Scarcity and Abundance* (pp. 244-249). ASCE.

[15] Tominaga. A., Ijima. K. & Nakano. Y., 2001, Flow structures around submerged spur dikes with various relative height. In *proceedings of the congress-international association for hydraulic research* (pp. 421-427).

[16] McCoy. A., Constantinescu. G. & Weber. L., 2006, Exchange processes in a channel with two vertical emerged obstructions. *Flow, turbulence and combustion*, 77(1-4), pp.97-126.

[17] kermannejad. J., Dehghani. A., Fathi moghadam. M. & Mahmodian, M., 2011, Investigation of Effect Porosity on Scour Depth Around L-head Groins with

# Laboratory investigation of flow pattern and bed topography in the presence of attracting, repelling and deflecting porous spur dikes in the straight channel with erodible bed

Zainab badpa<sup>1</sup>, majid fazli<sup>\*2</sup>

1. M.Sc. Graduated of Water Engineering and Hydraulic Structures, Faculty of Engineering, Bu ali sina University
2. Assistant Professor of civil Engineering, Faculty of Engineering, Bu ali sina University

mfazli.mfazli@basu.ac.ir

## Abstract:

One of the usual methods for river banks protection is using spur dike structures that if properly designed and executed, in addition to controlling erosion, It leads to the rehabilitation of rivers margin valuable lands. Spur dikes affect the streamlines and it make changes in the velocity and direction of the flow, leading to major changes in the bed topography around the spur dike as well as the beaches. Recognizing and directing these changes will lead to the River Affordable Planning in the desired areas. In the present study, the effect of the Deflecting open gabion spur dike, attracting and repelling on the bed topography of the flow path and flow pattern has been investigated. ADV was used to measure flow velocity in different directions. This velocity meter is submitted by transmitting waves of 10 or 16 MHz frequency from a transmitter to a sample size of 6 mm in diameter and 3 mm in diameter at a distance of 5 cm from the transmitter and receiving waves by receiver antennas measures the velocity of particles within the sampling volume. The device has the ability to measure the distance from the floor inside the water. Therefore, taking into account the baseline level, the measured distance at each point was deducted from the base value and the scouring of that point was obtained. In these experiments, the Froude number was fixed at 0.26. Also, the depth of flow in the set of experiments is 14.6 cm, which is extracted according to the discharge rate and the displacement threshold formula. The experiments were carried out in such a way that after the equilibrium of the bedding and scouring harvest, the flow pattern was started using the ADV device.

In this review, the performance of the spur dikes will be compared with the impervious spur dike. The results show that by decreasing the porosity of the spur dikes, the mainstream deviation and the intensity of the secondary flows around the spur dike have increased, which increases the topographic changes of the bed and creates larger cavities around the spur dike. As the erosion rate increases around the spur dike, sedimentation on the edges increases. in all three types of spur dikes, with increasing porosity, the dimensions of the scour hole are reduced. By increasing the porosity of the spur dike, the flow velocity from the pores of the spur dike increases, which reduces the difference in the flow rate from the headland and the flow through the pores of the spur dike and reduces the ability to carry flow sedimentation. In a spur dike with 50% porosity, bed topography changes occurred in a very small area around the spur dike and focused on the nose, while for a spur dike with zero porosity, the topography of the bed, depending on the type of spur dike, is several times the length of the spur dike, in Channel length and width occurred. The attracting spur dike has created much less variation in the flow pattern due to the way it is placed in the path of flow, and therefore the bed topography is less influenced by the presence of the spur dike.

**Keywords:** gabion spur dike, flow pattern, Porosity percentage, bed topography.