

## مقاله علمی-پژوهشی

# بررسی آزمایشگاهی تأثیر هندسه آشغالگیر بر راندمان نگهداشت واریزه و پس‌زدگی آب

الهام رستم زاده<sup>۱\*</sup>، محمد مهدی احمدی<sup>۲</sup>، مجید رحیم پور<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۶

## چکیده

تجمع واریزه‌های همراه جریان در آبراهه‌ها در پشت سازه‌ها و پایه پل‌ها منجر به کاهش ظرفیت عبور جریان، برهم خوردن رابطه دبی-اشل نقاط کنترل و تأثیر منفی بر عملکرد و بهره برداری سازه‌های آبی می‌شود. استفاده از سازه آشغالگیر یک روش معمول در کنترل واریزه‌ها است. در این تحقیق افزایش کارایی سازه آشغالگیر با بازطراحی این سازه و همچنین میزان پس‌زدگی آب در پشت این سازه به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. در این آزمایشات از چهار نوع هندسه آشغالگیر، سه دسته واریزه‌ی چوبی در شرایط جریان فوق بحرانی، بحرانی و زیر بحرانی بررسی شد. براساس نتایج به دست آمده، نوع واریزه و شرایط جریان در راندمان آشغالگیر بی‌تأثیر بوده و بهترین عملکرد آشغالگیر را آشغالگیر W شکل با راندمان ۹۵٪ داشته است. هندسه آشغالگیر و شرایط جریان در پس‌زدگی آب در بالادست تأثیر داشته، به طوری که آشغالگیر V شکل کمترین میزان پس‌زدگی با مقدار ۰/۱۴ درصد را ایجاد کرده است. بجز هندسه سازه عدد فرود جریان بر روی پس‌زدگی آب تأثیر داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** جریان واریزه‌ای، سازه‌های آبی، سیلاب، مهندسی رودخانه

## مقدمه

را ایجاد می‌کنند و در پشت یا کنار سازه‌های آبی رودخانه مانند پل‌ها یا بندها جمع می‌شوند و مشکلات متعددی را ایجاد می‌کنند (Mizuyama, 2008; Liu and Lei, 2003) ممکن است واریزه‌ها در مخازن سدها، راه ورودی سرریزها را مسدود کنند و مانع خروج آب از سرریزها شوند که در این زمان این خطر وجود دارد که آب از روی بدنه سد، سرریز کند. همچنین به دریچه‌های خروجی سد آسیب زده در نتیجه مانع از عملکرد مناسب آن شوند (نوری، ۱۳۹۱). علاوه بر آن تجمع واریزه منجر به انسداد پل‌های رودخانه یا سرریز می‌شود (شکل ۱) (Mizuyama, 2008).

یک تأثیر غیر مستقیم تجمع واریزه‌ها بالا آمدن سطح آب در بالادست و به تبع آن افزایش ریسک آب‌گرفتگی در مناطق اطراف می‌باشد. (Steeb et al., 2017; Schalko et al., 2019; Mazzorana et al., 2011; Bezzola and Hegg, 2007) طبق تحقیقات انجام شده انسان‌ها دخالت خیلی کمی در به‌وجود آمدن این واریزه‌های چوبی دارند (Brooks et al., 2004) و در امان ماندن به طور کامل از آسیب‌های ناشی از حرکت و تجمع واریزه‌ها امکان‌پذیر نیست (Kaitna and Rickenmann, 2007) سیستم‌های حفاظتی که به طور کامل بتوانند تضمین کننده ایمنی در مقابل این رخدادها باشند، وجود ندارد، گرچه اقداماتی وجود دارد که در صورتی که به خوبی انجام شود می‌تواند درجه خطر را کاهش دهد (Mizuyama, 2008; Braudrick and Grant, 2001).

در بین حوادث طبیعی سیل بیشترین فراوانی وقوع را دارد. سیل‌ها غالباً منجر به خسارت قابل توجهی می‌گردند. حمل واریزه توسط جریان‌های سیلابی مشکلات بیشتری را ایجاد خواهند کرد. جریان واریزه‌ای (Debris Flow)، یک جریان بسیار سریع در کانال‌های با شیب زیاد می‌باشد (Carey, 2018). از خاصیت این جریان، گرانسی بودن آن است که مخلوطی از سنگ‌ها، خاک، آب و ... است. با این حال تنه و شاخ و برگ درختان متداول‌ترین واریزه‌ای است که همراه آب در رودخانه و آبراهه‌ها حمل می‌شود (Mizuyama, 2008). واریزه‌های چوبی با قطر بیشتر از ۰/۱ متر و طول بیشتر از ۱ متر به عنوان واریزه‌ی بزرگ ( $LW^4$ ) بیان می‌شوند (Wohl and Jaeger, 2009) تجمع واریزه‌های چوبی مقاومت جریان را در یک آبراهه افزایش می‌دهد (Gippel, 1995) و حرکت آن‌ها برای افراد و سازه‌های در طول مسیر، یک تهدید محسوب می‌شود (Glade, 2005; Mizuyama, 2008). واریزه‌ها خطرات قابل توجهی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشیار، دانشگاه باهنر کرمان

۳- دانشیار، دانشگاه باهنر کرمان

\* نویسنده مسئول: (Email: Rostamzadeh\_elham@agr.uk.ac.ir)



شکل ۱- تجمع واریزه در پشت پایه پل و مسدود شدن مسیر عبور جریان [Diehl., 1997]

تغییر زاویه شیب آشغالگیر به سمت افق پس‌زدگی افزایش و آبستکی محلی حول ستون‌های آشغالگیر کاهش یافت و در این حالت واریزه‌ها در قسمت بالایی آشغالگیر انباشته می‌شوند و آب به راحتی از زیر محل انباشتگی واریزه عبور می‌کند (Schalko, 2020). اکثر مطالعات گذشته بر روی آشغالگیرهای عمود منظم و شکل انجام شده است و هندسه‌های دیگر آشغالگیر تا به امروز مورد آزمایش قرار نگرفته است.

با جمع‌آوری واریزه جمع شده پشت آشغالگیر، می‌توان آن را جهت سیلاب بعدی آماده کرد بنابراین علاوه بر راندمان آشغالگیر (عملکرد آشغالگیر جهت جلوگیری از عبور واریزه‌ها از آشغالگیر و توقف واریزه‌ها) شکل فرش واریزه پشت آشغالگیر در لایه‌روبی و میزان پس‌زدگی آب تأثیر قابل توجهی دارد در این تحقیق هندسه مختلف آشغالگیر به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته و راندمان، ایجاد فرش واریزه و میزان پس‌زدگی بررسی شده است و بهترین هندسه‌ی آشغالگیر پیشنهاد شده است.

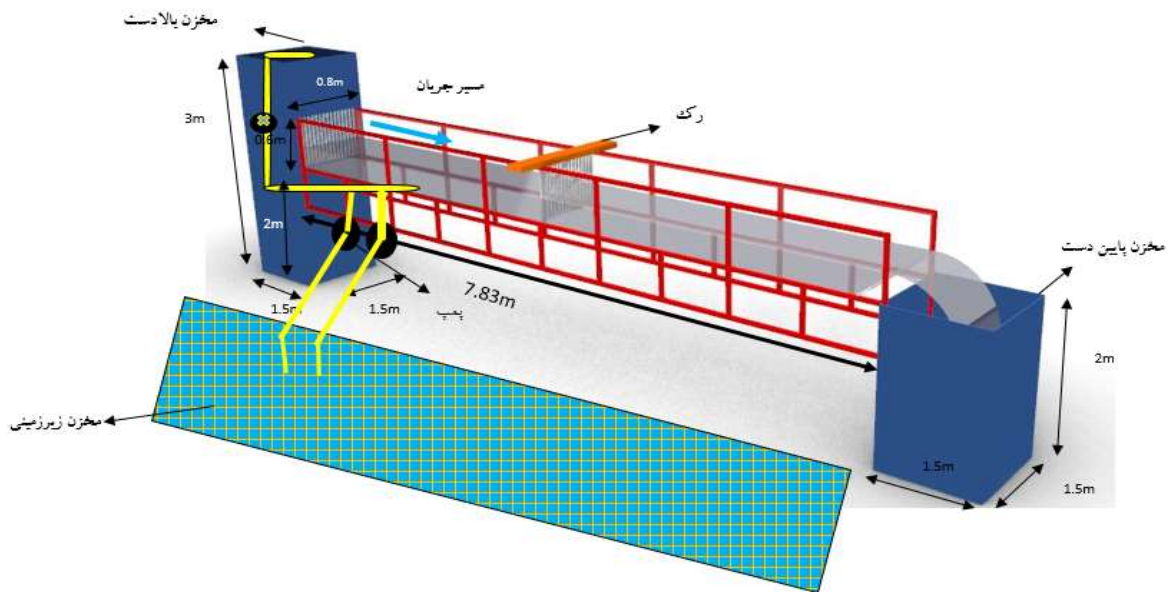
## مواد و روش‌ها

### فلوم آزمایشگاهی

آزمایشات مربوطه در یک فلوم مستطیل شکل با طول  $7/83$  متر، عرض  $0/8$  متر و ارتفاع  $0/6$  متر در آزمایشگاه تحقیقاتی هیدرولیک و سازه‌های آبی بخش مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد، مطابق شکل ۲ فلوم آزمایشگاهی از دیواره‌های جانبی از شیشه و کف از فلز ساخته شده است. سیستم تأمین آب چرخشی بوده که توسط دو شیر در مسیر پمپ‌ها، جریان آب را تنظیم می‌کند.

شکل ۲ شماتیکی از فلوم آزمایشگاهی و اجزا آن را نشان می‌دهد.

یک اقدام معمول و کم هزینه برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از انتقال واریزه‌ها استفاده از سازه آشغالگیر می‌باشد. آشغالگیر مجموعه‌ای از ستون‌های عمودی و یا افقی و یا مجموع آن‌هاست که در عرض رودخانه و یا در محدوده کمتر مثلاً در مقابل پایه پل‌ها نصب می‌شود. آشغالگیر به دلیل اینکه منجر به تجمع واریزه می‌شود، باعث ایجاد پس‌زدگی می‌شود (Schmocker and Hager, 2013) جانمایی صحیح این سازه می‌تواند مزایای آن را افزایش و معایب آن را کاهش دهد. ریمبوک کاربرد آشغالگیر در محل پیچ آبراهه‌ها را پیشنهاد کرد و بیان کرد سرعت جریان در انتهای بالادست فرش واریزه‌ای نباید از  $0/8$  تا  $1$  متر بر ثانیه بیشتر باشد و پیچ رودخانه پس‌زدگی آب کمتری نسبت به مسیر اصلی رودخانه ایجاد می‌کند (Rimböck, 2003). کاهش پس‌زدگی آب با بکارگیری آشغالگیر عمودی منظم در یک کنارگذر توسط اشموگر و وبریخت گزارش شد. در این روش با هدایت واریزه‌ها به درون کنارگذر، میزان پس‌زدگی بسیار کمتر شد (Schmocker and Weitbrecht, 2013). افزایش ریسک سیلاب به دلیل انسداد با واریزه‌های چوبی در پل‌های رودخانه توسط دیکو همکاران بیان شده است. در انجام آزمایشات از سه هندسه‌ی مختلف (مستطیل، مثلث و دایره) استفاده کردند و هندسه‌ی مثلثی شکل را بحرانی‌ترین حالت برای جمع‌آوری واریزه‌های چوبی معرفی کردند (De cicco et al., 2015). جوسیا و همکاران استفاده از آشغالگیرهای مدور، به منظور برآورد میزان کاهش افت انرژی آشغالگیر توسط واریزه را انتخاب مناسبی دانستند (Josiah et al., 2016). اسکالکو با کاهش زاویه آشغالگیر به سطح افق، سعی در ایجاد ارتباط بین واریزه، بار بستر و جریان با شرایطی نزدیک به شرایط طبیعت کرد. ضمن اینکه اذعان داشت آشغالگیرهای نگهداشت واریزه از نظر هیدرولیکی یک اقدام امیدوار کننده است بیان کرد با



شکل ۲- شماتیک فلوم آزمایشگاه

شاخه‌های درختان ساخته شدند، تهیه شد. طول این واریزه‌ها ( $L_L$ ) بین  $0.03$  متر تا  $0.20$  متر انتخاب شد و قطر آن‌ها ( $d_L$ ) بین  $0.03$  متر تا  $0.02$  متر متغیر بود (جدول ۱). ترکیبی از این قطعات چوبی جهت شبیه‌سازی واریزه‌ها استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات واریزه‌های چوبی استفاده شده در مدل که توسط اشموگر و هاگر در سال ۲۰۱۳ توصیه شد.

کلاس	$L_L$ (mm)	$d_L$ (mm)
بزرگ	۸۰-۲۰۰	۱۰-۲۰
متوسط	۳۰-۸۰	۱۰-۳
کوچک	۴/۷	۲

در جدول ۲ ترکیب واریزه‌های مدل شده به صورت درصد بیان شده است. شکل ۳ نیز سایز واریزه‌های مدل شده در آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

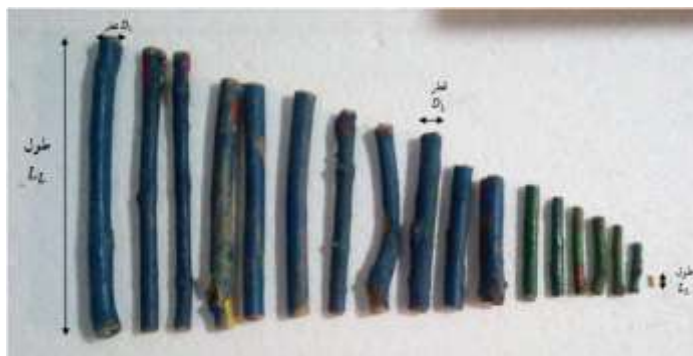
شرایط جریان در سه حالت با اعداد فرود  $1/85$ ،  $1$  و  $1/35$  در آزمایشات تثبیت شد. آزمایشات انجام شده در سازه آشغالگیر با چیدمان مختلف میله‌های آشغالگیر انجام شد. آشغالگیرهای کار گذاشته شده در فاصله چهار متری جهت جریان و عمود بر جهت جریان قرار داده شدند. عرض آشغالگیر با عرض فلوم برابر در نظر گرفته شد. آشغالگیر ساخته شده شامل میله‌های با قطر  $5\text{mm}$ ، ارتفاعی هم ارتفاع کانال اصلی و فاصله‌ی بین میله‌ها  $50\text{mm}$  انتخاب شد و فاصله میله‌ها از دو طرف با دیواره‌های فلوم، نصف فاصله بین میله‌ها را در برمی‌گرفت و این شرایط برای سایر آشغالگیرها هم رعایت شد. قطر میله‌ها ثابت بود زیرا قطر میله‌ها در روند تجمع واریزه هیچ تأثیری ندارد و تنها به پایداری آشغالگیر وابسته است (Schalko et al., 2019). این آرایش از نتایج آزمایش Bocchiola et al (2005) تعیین شده است. در آزمایشات انجام شده واریزه‌های مورد استفاده بدون شاخه و برگ و شامل چوب‌های تازه و خشک بود.

### مشخصات واریزه‌ها و آشغالگیر

واریزه‌های مدل شده با استفاده از قطعات چوب طبیعی که از

جدول ۲- کلاس‌های واریزه و مخلوط‌های واریزه‌ای توصیه شده توسط اشموگر و هاگر در سال ۲۰۱۳

مشخصات واریزه‌ها						نوع واریزه
$d_L$ (mm)	$L_L$ (mm)	$d_L$ (mm)	$L_L$ (mm)	$d_L$ (mm)	$L_L$ (mm)	
۲	۴/۷	۳-۱۰	۳۰-۸۰	۱۰-۲۰	۸۰-۲۰۰	$D_1$ (واریزه ۱)
	۱۰۰				-	$D_2$ (ترکیب ۱)
	۶۰		۴۰		-	$D_3$ (ترکیب ۲)
	۶۰		۳۰		۱۰	



شکل ۳- سایز واریزه‌های چوبی مورد آزمایش در آزمایشگاه

جدول ۳- آرایش قرارگیری ستون‌های آشغالگیر در آزمایشگاه

نوع چیدمان آشغالگیر	منظم در یک راستا ( $R_1$ )	شکل V ( $R_2$ )
هندسه نهایی آشغالگیر		
نوع چیدمان آشغالگیر	محدب ( $R_2$ )	شکل W ( $R_3$ )
هندسه نهایی آشغالگیر		

قطر ستون‌ها ( $D_R$ ) ۵ میلی‌متر و فاصله بین ستون‌ها ( $d_R$ ) ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ستون‌ها ۶۰ سانتی‌متر

جدول ۳ الگوی قرارگیری ستون‌های آشغالگیر در آزمایشگاه را

نشان می‌دهد.

### آنالیز ابعادی

هدف از آنالیز ابعادی شناخت پارامترهای مؤثر در پدیده مورد مطالعه و تعیین نسبت‌های بدون بعد می‌باشد. با تشکیل گروه‌های بدون بعد، آزمایشات برنامه‌ریزی می‌شوند. کارکرد آشغالگیر در مقابل جریان واریزه‌ای را می‌توان بر حسب پارامترهای مشخصه زیر بیان کرد. در شکل ۴ تعریف پارامترها به صورت شماتیک نشان داده شده است.

پارامترهای مؤثر در آنالیز ابعادی عبارتند از:

$$f(L_{wd}, L, D_{wd}, \rho_{WD}, U_D, D_R, d_R, B_R, V_{WD}, h, V, \rho, \mu, b_a, L_a, h_a, g)$$

$L_{wd}$ : طول واریزه،  $L$ : طول کانال،  $D_{wd}$ : قطر واریزه،  $\rho_{WD}$ : دانسیته

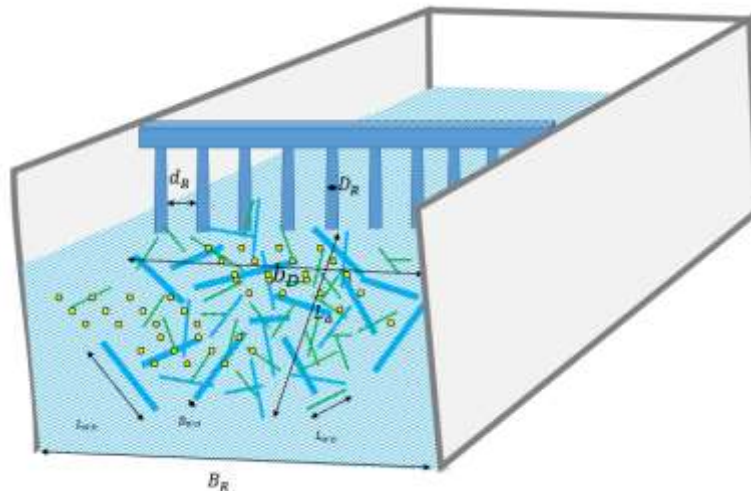
چوب،  $U_D$ : حجم کل واریزه‌ها،  $D_R$ : قطر میله‌های آشغالگیر،  $d_R$ :

فاصله‌ی بین میله‌های آشغالگیر،  $B$ : عرض کانال،  $V_{WD}$ : سرعت

واریزه،  $h$ : عمق جریان،  $V$ : سرعت جریان،  $\rho$ : دانسیته آب،  $\mu$ :

ویسکوزیته،  $b_a$ : عرض فرش واریزه تولید شده،  $L_a$ : طول فرش واریزه

تولید شده،  $h_a$ : ارتفاع آب پس از تجمع واریزه،  $g$ : شتاب جاذبه زمین



شکل ۴- شماتیک پارامترهای به کار رفته در آزمایشات

و در شرایط جریان زیربحرانی با عدد فرود  $0.85$ ، نیز  $R_4$  بیشترین راندمان نگهداشت واریزه را دارد.

که در آن  $h_1 = 19$  cm،  $h_2 = 25$  cm و  $h_0 = 30$  cm می‌باشد. شکل ۵ راندمان نگهداشت واریزه‌های چوبی در جریان بحرانی را نشان می‌دهد، بیشترین راندمان مربوط به  $R_3$  می‌باشد.

#### هندسه فرش تجمع واریزه

بعد از تجمع واریزه‌ها، واریزه‌های اضافی به صورت فرشی از واریزه بر روی سطح آب پهن می‌شوند. فرش واریزه با توجه به شرایط آزمایش، هندسه‌های مختلفی روی سطح آب تشکیل می‌دهند. نتایج جدول ۶ میانگین بلندترین طول فرش واریزه‌ای را با واریزه‌های  $D_1$ ،  $D_2$  و  $D_3$  نشان می‌دهد. همان طور که نشان داده شده است در جریان فوق بحرانی، بحرانی و زیربحرانی  $R_4$  بلندترین طول فرش واریزه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۶ بلندترین طول فرش واریزه‌ای در جریان فوق بحرانی  $R_4$  و در همان شرایط جریان، کوتاه‌ترین طول فرش واریزه‌ای  $R_1$  را نشان می‌دهد. در شکل ۷ دو نوع هندسه فرش واریزه‌ای تولید شده در  $R_2$  و  $R_4$  نمایش داده شده است.

#### بررسی میزان پس‌زدگی آب

تجمع واریزه خود یک مانع برای عبور جریان عمل می‌کند، زیرا سرعت جریان تقریباً به صفر کاهش می‌یابد. در نتیجه باعث افزایش پس‌زدگی آب می‌شود (Schmocker and Hager, 2013).

با توجه به نتایج جدول ۷ در شرایط جریان بحرانی همانند شرایط جریان فوق بحرانی و زیر بحرانی، بیشترین پس‌زدگی مربوط به  $R_1$  و کمترین پس‌زدگی آب مربوط به  $R_4$  می‌باشد. در جدول ۷ حداقل پس‌زدگی آب نشان داده شده است. در شکل ۸ بیشترین پس‌زدگی

پس از انجام آنالیز ابعادی به روش  $\pi$  باکینگهام پارامترهای بدون بعد استخراج گردید:

$$G\left(\frac{V^2}{g \times L}, \frac{\rho \times L \times V}{\mu}, \frac{B_R}{B}, \frac{h_a}{h_0}, \frac{b_a}{B}, \frac{D_{WD}}{D_R}, \frac{L_{WD}}{B_R}, \frac{D_R}{B}, \frac{L_{WD}}{L_a}, \frac{L_a}{L}, \frac{V_{wd}}{V}, \frac{L_a}{B}, \frac{\rho_{WD}}{\rho W}, \frac{h_0}{L^3}\right)$$

در جدول ۴ آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه را نشان می‌دهد.

هر آزمایش با استفاده از یکی از کلاس‌های واریزه (جدول ۲) اجرا شد. واریزه‌ها به صورت تصادفی به جریان کانال اضافه شدند. بعد از رسیدن واریزه به سازه آشغالگیر، با به دام افتادن اولین واریزه، واریزه‌های دیگر نیز به دام افتاده و باعث تجمع واریزه شدند با اندازه‌گیری حجم واریزه‌های به دام افتاده پشت آشغالگیر، راندمان آشغالگیر (میزان نگهداشت واریزه پشت آشغالگیر) اندازه‌گیری شد. بعد از تجمع واریزه‌ها، واریزه‌های پخش شده روی سطح آب تشکیل فرش واریزه‌ای دادند و بدین ترتیب طول فرش واریزه‌ای تولید شده قابل اندازه‌گیری بود. همچنین یکی از پارامترهای اصلی اندازه‌گیری شده، عمق جریان در بالادست (قبل از آشغالگیر) است که به صورت کلی از آن با عنوان افزایش ارتفاع پس‌زدگی آب حاصل از تجمع واریزه در آشغالگیر یعنی نسبت عمق جریان  $h/h_0$  یاد می‌شود. البته عدد فرود اثر قابل توجهی در نحوه‌ی اندازه‌گیری پارامترها دارد (Schmocker and Weitbrecht., 2013).

#### نتایج و بحث

##### راندمان آشغالگیر

طبق نتایج جدول ۵، در جریان فوق بحرانی با عدد فرود  $1.35$ ،  $R_4$  بیشترین راندمان نگهداشت واریزه را دارد. در شرایط جریان بحرانی با عدد فرود  $1$ ،  $R_3$  بیشترین راندمان نگهداشت واریزه را داشته

آب مربوط به  $R_1$  و کمترین پس‌زدگی آب مربوط به  $R_2$  قابل مشاهده است و هر چه عدد فرود اولیه بالاتر و چگالی دبریز بیشتر باشد، واریزه با تراکم بیشتری تجمع می‌یابد در نتیجه اثر ارتفاع پس‌زدگی آب بیشتر است (Hartlieb, 2017).

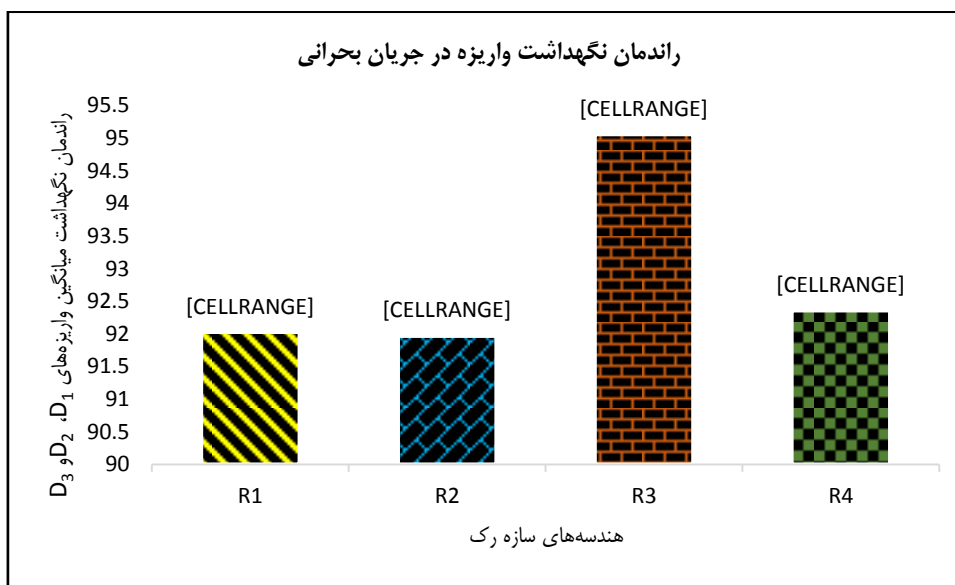
جدول ۴- آزمایشات انجام شده در بالادست کانال اصلی

شماره	نام آزمایش	عدد فرود	h(cm)	V(m/s)	$L_L, d_L$		
					(۲۰۰-۸۰)mm, (۲۰-۱۰)mm	(۸۰-۳۰)mm, (۱۰-۳)mm	(۴/۷)mm, ۲mm
۱	$D_1R_1h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۱۰۰		
۲	$D_2R_1h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۴۰	
۳	$D_3R_1h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۳۰	۱۰
۴	$D_1R_1h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۱۰۰		
۵	$D_2R_1h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۴۰	
۶	$D_3R_1h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۳۰	۱۰
۷	$D_1R_2h_2$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۱۰۰		
۸	$D_2R_2h_2$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۴۰	
۹	$D_3R_2h_2$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۳۰	۱۰
۱۰	$D_1R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۱۰۰		
۱۱	$D_2R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۴۰	
۱۲	$D_3R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۳۰	۱۰
۱۳	$D_1R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۱۰۰		
۱۴	$D_2R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۴۰	
۱۵	$D_3R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۳۰	۱۰
۱۶	$D_1R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۱۰۰		
۱۷	$D_2R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۴۰	
۱۸	$D_3R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۳۰	۱۰
۱۹	$D_1R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۱۰۰		
۲۰	$D_2R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۴۰	
۲۱	$D_3R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۳۰	۱۰
۲۲	$D_1R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۱۰۰		
۲۳	$D_2R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۴۰	
۲۴	$D_3R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۳۰	۱۰
۲۵	$D_1R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۱۰۰		
۲۶	$D_2R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۴۰	
۲۷	$D_3R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۳۰	۱۰
۲۸	$D_1R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۱۰۰		
۲۹	$D_2R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۴۰	
۳۰	$D_3R_2h_1$	۱/۳۵	۱۹	۱/۶	۶۰	۳۰	۱۰
۳۱	$D_1R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۱۰۰		
۳۲	$D_2R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۴۰	
۳۳	$D_3R_2h_2$	۱	۲۵	۱/۵۸	۶۰	۳۰	۱۰
۳۴	$D_1R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۱۰۰		
۳۵	$D_2R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۴۰	
۳۶	$D_3R_2h_1$	۰/۸۵	۳۰	۱/۵۹	۶۰	۳۰	۱۰

که در این جدول  $L_L$  طول واریزه،  $d_L$  قطر واریزه،  $V$  سرعت جریان،  $h$  عمق آب،  $D$  نوع واریزه،  $R$  نوع هندسه آشغالگیر می‌باشد.

جدول ۵- تأثیر هندسه آسفالگیر بر راندمان میانگین واریزه‌ها در شرایط مختلف جریان (درصد)

شرایط جریان			هندسه‌ی آسفالگیر
زیربحرانی ( $h_2$ )	بحرانی ( $h_2$ )	فوق بحرانی ( $h_1$ )	
۹۳/۸۱	۹۲/۰۳	۷۹/۹۸	$R_1$
۹۵/۰۵	۹۱/۹۷	۹۳/۰۸	$R_2$
۹۳/۴۶	۹۵/۰۶	۹۲/۱۲	$R_3$
۹۵/۸۱	۹۲/۳۶	۹۵/۳۲	$R_4$



شکل ۵- راندمان نگهداشت میانگین واریزه‌های  $D_1$ ،  $D_2$  و  $D_3$  در هندسه‌های  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  و  $R_4$  سازه آسفالگیر در جریان بحرانی

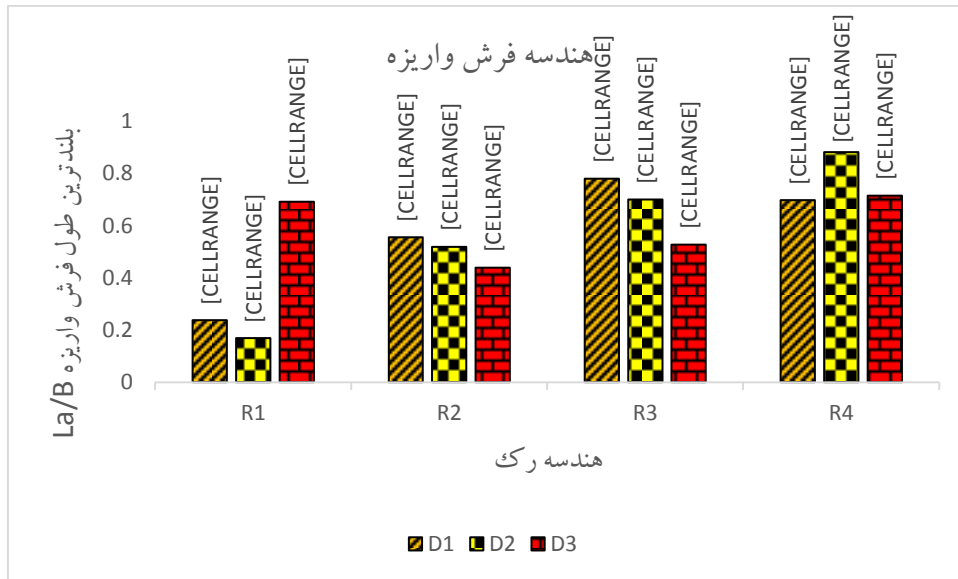
جدول ۶- میانگین بلندترین طول فرش واریزه‌ای با واریزه‌های  $D_1$ ،  $D_2$  و  $D_3$  در هندسه‌های  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  و  $R_4$  سازه آسفالگیر در شرایط مختلف

جریان

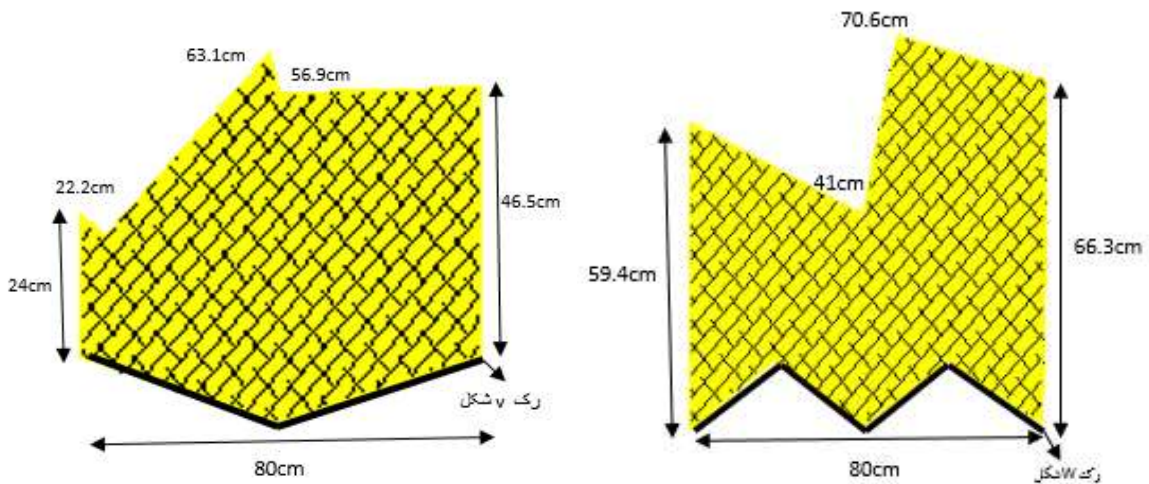
شرایط جریان با توجه به عدد فرود جریان (cm)			هندسه آسفالگیر
زیربحرانی	بحرانی	فوق بحرانی	
۷۶/۵۷	۶۵/۱۷	۲۹/۳	$R_1$
۷۸/۰۷	۵۲/۸۷	40/37	$R_2$
۷۱/۸۷	۵۷/۳۴	۵۳/۵۴	$R_3$
۸۶/۶	۷۰/۸۴	۶۱/۲	$R_4$

جدول ۷- میانگین درصد پس‌زدگی آب با واریزه‌های  $D_1$ ،  $D_2$  و  $D_3$  در هندسه‌های  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  و  $R_4$  سازه آسفالگیر در شرایط مختلف جریان

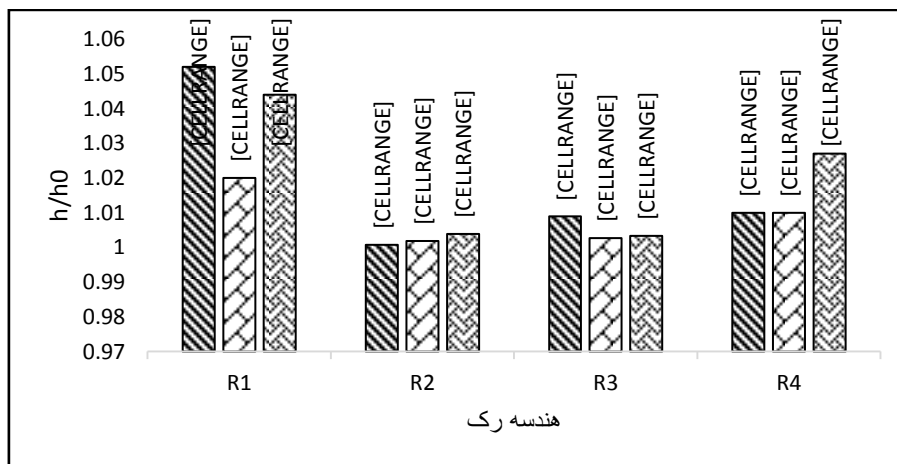
شرایط جریان با توجه به عدد فرود جریان (درصد)			هندسه‌ی آسفالگیر
زیربحرانی	بحرانی	فوق بحرانی	
۲/۳۶	۳/۹۲	۵/۶۴	$R_1$
۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۱۴	$R_2$
۰/۷۱	۰/۴۴	۰/۶۱	$R_3$
۱/۸۲	۱/۶۰	۳/۰۴	$R_4$



شکل ۶- بلندترین طول فرش واریزه‌ای در هندسه‌های  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  و  $R_4$  سازه آشغالگیر در شرایط جریان فوق بحرانی



شکل ۷- هندسه فرش واریزه‌ای که به وسیله‌ی واریزه‌های  $D_3$  در آشغالگیرهای  $R_2$  و  $R_4$  در شرایط جریان فوق بحرانی در آزمایشگاه به وجود آمد.

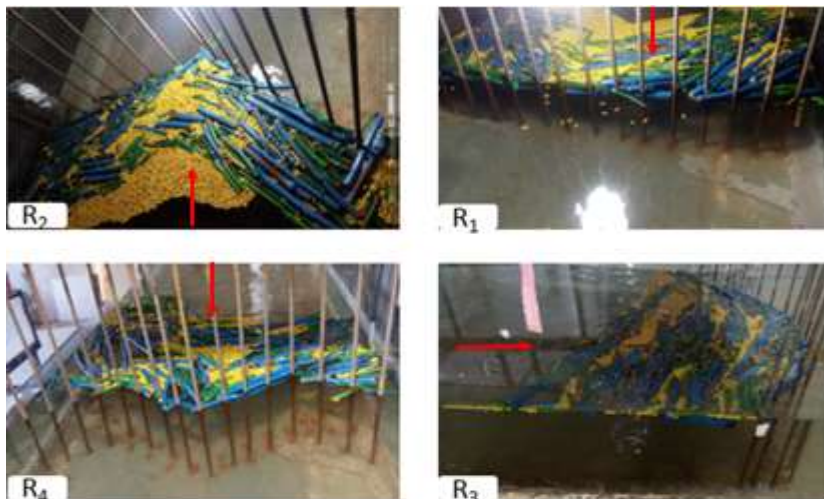


شکل ۸- تأثیر توأمان هندسه‌ی آشغالگیر و نوع واریزه بر پس‌زدگی آب در شرایط جریان بحرانی



صورت که یک رابطه خطی بین نسبت اثر ارتفاع پس‌زدگی آب و عدد فرود اولیه برای  $1/5 < f_0 < 1/5$  وجود دارد (Hartlieb, 2017; Schmocker and Hager, 2013).

در شکل ۹ نحوه چیدمان و تجمع واریزه‌ها در آزمایشگاه قابل مشاهده است.



شکل ۹- نمایی از چیدمان ستون‌های آشغالگیر در آزمایشگاه

معنی‌داری نشان نداده است. بعد از تجمع واریزه هندسه فرش تولید شده در لایه رومی بعد از سیل اهمیت دارد و به طور میانگین آشغالگیر w شکل با  $72/88$  درصد بلندترین طول فرش واریزه را تشکیل داده است. بعد از تجمع واریزه‌ها، در پشت آن‌ها، پس‌زدگی آب اتفاق افتاد. هندسه آشغالگیر و شرایط جریان در پس‌زدگی آب در پشت تجمع واریزه تأثیر دارد و کمترین پس‌زدگی آب مربوط به آشغالگیر v شکل با  $0/14$  پس‌زدگی می‌باشد و هرچه عدد فرود جریان کمتر شود، پس‌زدگی آب کمتر می‌شود.

## منابع

نوری، الف. ۱۳۹۱ بررسی حرکت جسم شناور در رودخانه با استفاده از روش SPH. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

Bezzola, G.R. and Hegg, C. 2007. Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Bundesamt für Umwelt, BAFU.

Braudrick, C.A. and Grant, G.E. 2001. Transport and deposition of large woody debris in streams: a flume experiment. *Geomorphology*. 41(4): 263-83

Brooks, A.P., Gehrke, P.C., Jansen, J.D. and Abbe, T.B. 2004. Experimental reintroduction of woody debris on the Williams River. NSW, geomorphic and

در تمام آشغالگیرها این نتیجه استنباط می‌شود که هر چه عمق بیشتر باشد، میزان پس‌زدگی آب کمتر است.

و نتایج حاکی از آن است که در هر آشغالگیر هرچه عدد فرود بیشتر شود میزان افزایش نسبت ارتفاع پس‌زدگی آب به مراتب بیشتر می‌شود که نتایج ما با نتایج Hartlieb (۲۰۱۷) همخوانی دارد. به این

## نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی تأثیر هندسه آشغالگیر بر راندمان نگهداشت سازه، میزان پس‌زدگی آب و هندسه فرش واریزه‌ای تولید شده پرداخته شد. در آزمایشات چهار پارامتر (عرض کانال فلوم، سرعت و دبی جریان و سرعت واریزه) ثابت فرض شد و از سه پارامتر (هندسه آشغالگیر، شرایط جریان، نوع واریزه) استفاده شد. برای انجام آزمایشات از چهار هندسه آشغالگیر (خطی، V شکل، محدب شکل (U شکل)، W شکل)، سه نوع واریزه چوبی (درشت (طول ۲۰۰-۸۰ میلی‌متر و قطر ۲۰-۱۰ میلی‌متر)، مخلوط یک (۶۰٪ درشت، ۴۰٪ متوسط)، مخلوط دو (۶۰٪ درشت، ۳۰٪ متوسط و ۱۰٪ ریز (طول ۴/۷ میلی‌متر و قطر ۲ میلی‌متر))، سه شرایط جریان (فوق بحرانی، بحرانی و زیر بحرانی) استفاده شد. با نتیجه‌گیری انجام شده جهت جلوگیری از خطرات ناشی از سیل، لازم دانستیم راندمان نگهداشت هر آشغالگیر با انواع واریزه در محدوده‌ی عدد فرود  $0/35-1/85$  با هندسه‌های مختلف آشغالگیر، مورد آزمون قرار گیرد. نتایج نشان داد که نوع واریزه و شرایط جریان در راندمان نگهداشت حجم واریزه در جلوی آشغالگیر بی‌تأثیر بوده ولی هندسه آشغالگیر تأثیرگذار بوده و آشغالگیر W شکل با ۹۵٪ نگهداشت واریزه، بیشترین راندمان را داشته است با این حال از لحاظ آماری تفاوت

- Mazzorana, B., Hübl, J., Zischg, A. and Largiader, A. 2011. Modelling woody material transport and deposition in alpine rivers. *Natural Hazards*. 56(2): 425-449.
- Mizuyama, T. 2008. Structural countermeasures for debris flow disasters. *International Journal of Erosion Control Engineering*. 1(2): 38-43.
- Rimböck, A. 2003. Schwemmholzrückhalt in wildbächen. Driftwood retention in mountain torrents. Doctoral dissertation, Ph.D. thesis, Technical University of Munich, Munich, Germany.
- Schmocker, L. and Weitbrecht, V. 2013. Driftwood: Risk analysis and engineering measures. *Journal of Hydraulic Engineering*. 139(7): 683-695.
- Schmocker, L. and Hager, W.H. 2013. Scale modeling of wooden debris accumulation at a debris rack. *Journal of Hydraulic Engineering*. 139(8): 827-36
- Schalko, I. 2020. Wood retention at inclined racks: Effects on flow and local bedload processes. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Schalko, I., Schmocker, L., Weitbrecht, V. and Boes, R.M. 2020. Laboratory study on wood accumulation probability at bridge piers. *Journal of Hydraulic Research*. 58(4): 566-581.
- Schalko, I. 2018. Modeling hazards related to large wood in rivers (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Steeb, N., Rickenmann, D., Badoux, A., Rickli, C. and Waldner, P. 2017. Large wood recruitment processes and transported volumes in Swiss mountain streams during the extreme flood of August 2005. *Geomorphology*. 279: 112-127.
- Wohl, E. and Jaeger, K. 2009. A conceptual model for the longitudinal distribution of wood in mountain streams. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(3): 329-344.
- ecological responses. *River Research and Applications*. 20(5): 513-536.
- Bocchiola, D., Rulli, M.C. and Rosso, R. 2005. Flume experiments on wood entrainment in rivers. *Advances in Water Resources*. 29(8): 1182-1195.
- Carey, G.R. 2018. Back-analysis study of selected Norwegian debris flow and debris avalanche events (Master's thesis).
- De Ciccio, P.N., Paris, E.N.I.O., and Solari, L.U.C.A. 2015. Flume experiments on bridge clogging by woody debris: the effect of shape of piers. In 36th IAHR World Congress, The Hague, The Netherlands, Conference Proceedings.
- Diehl, T.H. 1997. Potential drift accumulation at bridges. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Research and Development, Turner-Fairbank Highway Research Center.
- Gippel, C.J. 1995. Environmental hydraulics of large woody debris in streams and rivers. *Journal of Environmental Engineering*. 121(5): 388-395.
- Glade, T. 2005. Linking debris-flow hazard assessments with geomorphology. *Geomorphology*. Mar1; 66(1-4): 189-213.
- Hartlieb, A. 2017. Decisive parameters for backwater effects caused by floating debris jams.
- Kaitna, R. and Rickenmann, D. 2007. A new experimental facility for laboratory debris flow investigation. *Journal of Hydraulic Research*. 45(6): 797-810.
- Josiah, N.R., Tissera, H.P.S., and Pathirana, K.P.P. 2016. An experimental investigation of head loss through trash racks in conveyance systems. *Engineer*. 49(1): 1-8.
- Liu, X. and Lei, J. 2003. A method for assessing regional debris flow risk. An application in Zhaotong of Yunnan province SW China. *Geomorphology*. 52(34): 181-191.

## Laboratory Study the Effect of Rack Geometry on the Efficiency of Debris Trapping and Backwater

E. Rostamzadeh<sup>\*1</sup>, M.M. Ahmadi<sup>2</sup>, M. Rahimpour<sup>3</sup>

Recived: Jul.13, 2020

Accepted: Sep.16, 2020

### Abstract

Accumulation of Debris in streams behind structures and bridge piers leads to the decrease of flow capacity, disruption of the discharge-scale relationship of control points and a negative impact on the performance and function of water structures. The use of rack structures is a common method of controlling debris. In this research, increasing the efficiency of the rack structure by redesigning this structure and also the amount of backwater behind this structure has been investigated. In these experiments, four types of rack geometry, three group of wood debris were investigated in the conditions of supercritical, critical and subcritical flow. Based on the results, the type of debris and flow conditions were ineffective in the efficiency of the rack and the best performance of the rack was the W-shaped rack with 95% efficiency. However, the geometry of the rack and the flow conditions have affected the backwater in upstream, the v-shaped rack has created the lowest backwater with 0.14% . except the geometry of the structure, the froude number of flow has affected the backwater.

**Keywords:** Debris flow, Floods, River engineering, Water structures

---

1- Master of Water Structures Student, Shahid Bahonar University of Kerman

2 -Associate Professor, Bahonar University of Kerman

3 -Associate Professor, Bahonar University of Kerman

(\*- Corresponding Author Email: Rostamzadeh\_Elham@agr.uk.ac.ir)