

## بررسی آزمایشگاهی تاثیر چیدمان پوشش گیاهی بر کنترل جریان چگال

سید مصطفی طباطبائی<sup>۱\*</sup>، حسین خزیمه نژاد<sup>۲</sup>، ابوالفضل اکبرپور<sup>۳</sup> و پیمان ورجاوند<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، <sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، <sup>۳</sup> دانشیار، دانشکده فنی، دانشگاه بیرجند و <sup>۴</sup> استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۹

### چکیده

رسوب گذاری جریان های چگال از تهدیدهای اصلی مخازن سدها و حوزه های آبخیز آن محسوب می شود. در این پژوهش تاثیر شش نوع چیدمان پوشش گیاهی همگراهای مشابه، واگراهای مشابه، موازی، زد شکل، زیگزاگ و شطرنجی بر کنترل پیشروی جریان چگال مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش ها در کانالی به طول ۱۰ متر انجام گرفت. جنس پوشش از پلاستیک و طول پوشش سه متر بود. سرعت پیشانی جریان چگال در شش مقطع نیم متری بین پوشش ها و چهار مقطع پس از پوشش ها اندازه گیری شد. آزمایش ها در سه شیب بستر صفر، یک و دو در صد و با دو غلظت ۴۰ و ۸۰ گرم بر لیتر جریان چگال نمکی تکرار شد. نتایج نشان داد که بسته به شیب بستر، وجود پوشش گیاهی بر کنترل پیشروی جریان چگال به طور متوسط ۵۹-۲۱ درصد موثر واقع شده است. پس از عبور جریان چگال از پوشش گیاهی سرعت جریان در یک مقطع افزایش می یابد که این افزایش سرعت چشمگیر نیست و همواره جریان چگال در بستر صاف نیز تحت تاثیر پوشش گیاهی قرار دارد.

واژه های کلیدی: سرعت پیشانی، حوزه آبخیز، شیب بستر، مخازن سد

### مقدمه

واقع اختلاف بین جریان چگال فاقد ذره و حاوی ذره ناشی از اختلاف در شناوری و نوسانات چگالی می باشد.

$$g' = g \left[ \frac{\rho_d - \rho_a}{\rho_a} \right] = g \left[ \frac{\Delta \rho}{\rho_a} \right] \quad (1)$$

که در آن،  $g$  شتاب ثقل زمین،  $\rho_a$  چگالی سیال چگال،  $\rho_d$  چگالی سیال پیرامون و  $\Delta \rho$  اختلاف چگالی بین دو سیال می باشد.

جریان چگال در هنگام حرکت، آب تمیز را به داخل خود می کشد (درون آمیختگی آب محیطی) و اگر حاوی ذرات باشد، می تواند به طور همزمان ذرات معلق را بر روی بستر کانال ته نشین کند و یا رسوبات بستر را نیز به درون خود بکشد (درون آمیختگی

در کشور ما سالانه یک درصد از حجم مخازن سدها به وسیله رسوب گذاری از بین می رود که معادل حدود ۱۸۰ میلیون متر مکعب می باشد. این مقدار معادل ساخت سالانه شش سد به اندازه سد طرق می باشد. جریان های چگال از عوامل اصلی رسوب گذاری مخازن سدها محسوب می شوند. جریان چگال بر اثر اختلاف چگالی تحت اثر ثقل کاهش یافته ( $g'$ ) حرکت می کند و مطابق رابطه (۱) تعریف می شود و به دو دسته جریان های فاقد ذره، مانند جریان چگال نمکی و جریان های حاوی ذرات معلق، مانند جریان گل آلود قابل تقسیم است (Simpson و Huppert, ۱۹۸۰). در

آن‌ها نشان داد که تنها با وقوع یک سیل در اردیبهشت ۱۳۸۲ جریانی با دبی ۲۶۰۰ متر مکعب بر ثانیه حدود ۱/۱ میلیون متر مکعب رسوب در اثر جریان چگال در مجاورت بدنه سد ته‌نشین شده است. Puorkayd و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر هم زمان زبری و شیب بستر بر روی سرعت پیشانی جریان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش ارتفاع زبری سرعت پیشانی جریان کاهش و با افزایش شیب افزایش می‌یابد.

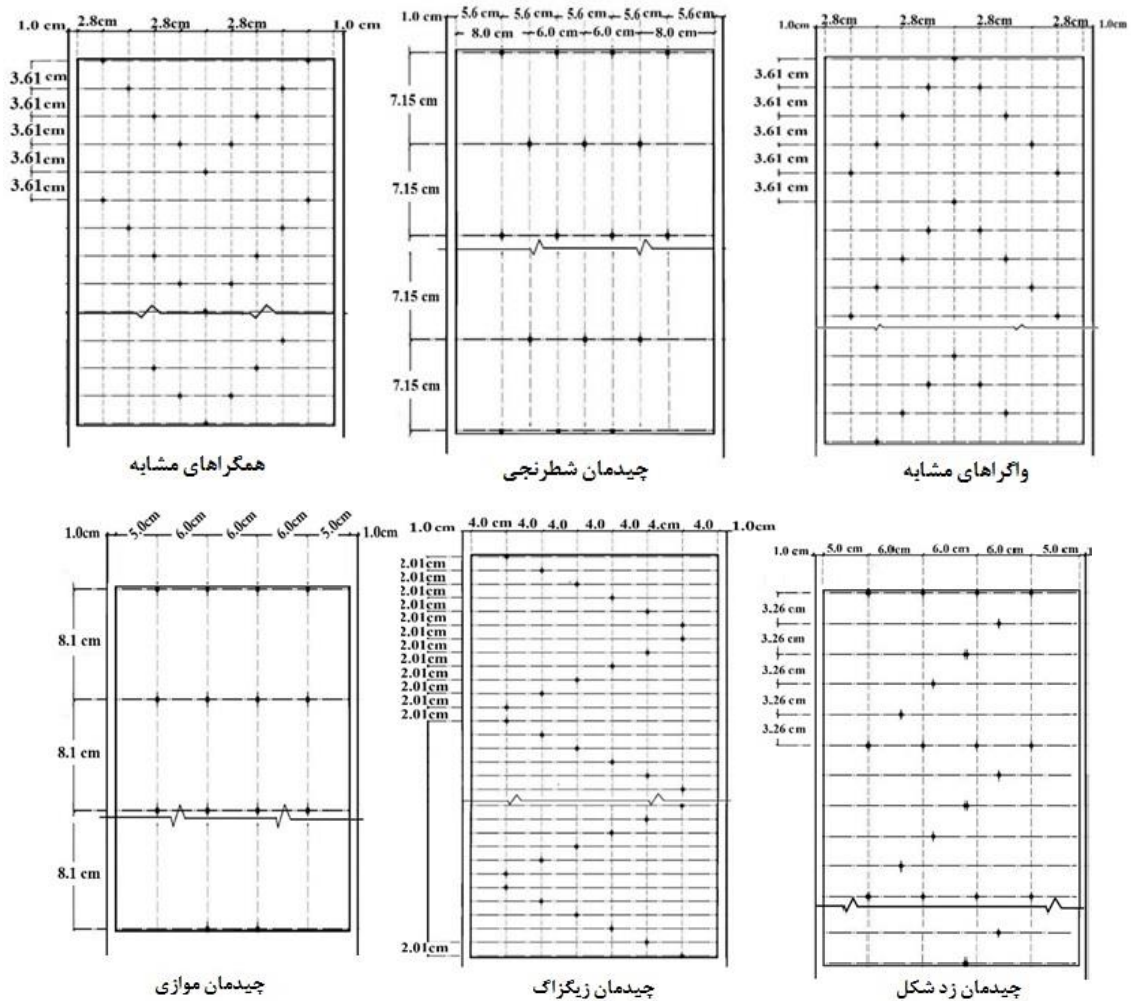
پوشش‌های گیاهی خاص هر منطقه جغرافیایی ضمن جلوگیری از فرسایش بستر می‌تواند در کنترل پیشروی جریان چگال موثر واقع شود. جهت بهبود عملکرد پوشش گیاهی می‌توان آن‌ها را در طول مسیر حرکت جریان در بازه‌هایی حساس با آرایش و چیدمان خاص قرار داد. در این تحقیق به بررسی آزمایشگاهی تاثیر پوشش گیاهی با شش نوع چیدمان مختلف بر کنترل پیشروی جریان چگال پرداخته شده است. در این راستا تاثیر شیب بستر و غلظت جریان چگال نیز بر عملکرد پوشش گیاهی (شیب بستر صفر، یک و دو درصد و دو غلظت ۴۰ و ۸۰ گرم بر لیتر) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. آزمایش‌ها در کانالی شیب‌پذیر به طول ۱۰ و عرض ۰/۳ و ارتفاع ۰/۴۸ متر انجام شد. برای شبیه‌سازی پوشش گیاهی، با توجه به شرایط کانال آزمایشگاهی در همه آزمایش‌ها از ۱۵۰ عدد لوله استوانه‌ای شکل به قطر ۸/۵ میلی‌متر و ارتفاع ثابت ۲۰ سانتی‌متر (متوسط ارتفاع جریان چگال در آزمایش‌های بدون حضور پوشش)، در طول سه متر استفاده شد. این پوشش در سطح ثابت با شش نوع چیدمان مجزا بر روی صفحه‌ای از جنس گالوانیزه به ضخامت دو میلی‌متر قرار و در مقابل جریان واقع شد. در شکل ۱ پلان چیدمان پوشش‌ها نشان داده شده است.

رسوبات بستر (Firoozabadi و همکاران، ۲۰۰۳). ته‌نشینی رسوبات و درون آمیختگی رسوبات به داخل جریان به‌طور همزمان روی می‌دهد، ولی جریان چگال همیشه در حال رسوب‌گذاری یا فرسایش است. اگر جریان رسوب‌گذار باشد، با ته‌نشین شدن تمام مواد معلق، جریان ناپدید می‌شود. اما اگر جریان فرساینده باشد، هرچه ذرات بیشتری از روی بستر به داخل جریان وارد شود، جریان رشد می‌کند و شتاب می‌گیرد (Akiama و Stefan، ۱۹۸۴). میزان فرسایش بستگی به عواملی مانند؛ خصوصیات زمین‌شناسی منطقه، وضعیت توپوگرافی، پوشش گیاهی و نوع کاربرد اراضی دارد (Ministry of Energy، ۲۰۱۳).

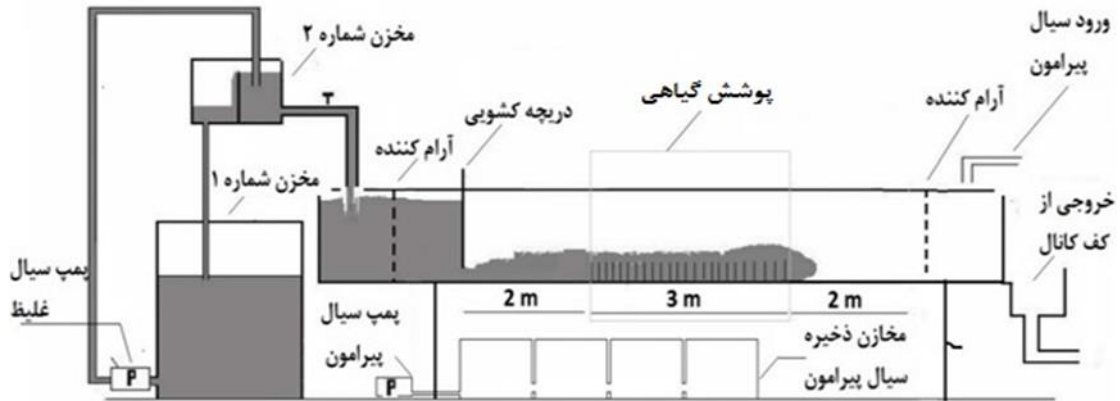
اولین تحقیقات پیرامون جریان‌های چگال توسط Forel (۱۸۹۲) در کشور سوئیس گزارش شد. مشاهدات وی نشان داد که رسوبات رودخانه رن که به دریاچه جنوا منتهی می‌شود باعث ایجاد جریان‌های چگال می‌شود. برداشت توپوگرافی کف دریاچه نشان داد کانالی با طول نه کیلومتر از مصب رودخانه تا درون دریاچه به‌وجود آمده است. عرض این کانال ۲۰۰ متر و عمق آن ۱۵ متر بوده است. Keulegan (۱۹۵۸) تحقیقات خود را با جریان چگال نمکی در کانالی بدون شیب انجام داد و جهت محاسبه سرعت پیشانی جریان چگال رابطه‌ای ارائه داد. Middleton (۱۹۶۶) با بررسی شکل پیشانی جریان چگال، ارتفاع پیشانی را دو برابر ارتفاع بدنه و سرعت آن را کمتر از سرعت بدنه جریان گزارش کرد. Turner (۱۹۷۳) و (۱۹۷۹)، Denton (۱۹۸۵) و Ghomeshi (۱۹۹۵) جهت برآورد سرعت پیشروی جریان چگال رسوبی روابطی ارائه نمودند. Altinakar و همکاران (۱۹۹۰) اثر شیب بستر و دانه‌بندی رسوب را بر شکل، ارتفاع و سرعت پیشانی در جریان چگال رسوبی مورد بررسی قرار دادند و نتایج را در شرایط یکسان با جریان چگال نمکی مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در شیب یکسان نرخ رشد ارتفاع پیشانی در جریان‌های چگال رسوبی سریع‌تر از جریان چگال نمکی است. Zahiri و همکاران (۲۰۱۱) به برآورد حجم رسوب ناشی از جریان‌های چگال در مخزن سد دز پرداختند. نتایج



شکل ۱- پلان نوع چیدمان میله‌ها (پوشش گیاهی)

به‌منظور تشکیل و پایدار شدن جریان چگال، پوشش گیاهی در فاصله دو متری بعد از دریاچه کشویی (ورودی جریان چگال به داخل سیال پیرامون) قرار داده شد. پیشروی جریان چگال در طول کانال با استفاده از دوربین Canon IXUS 500 با کیفیت Full HD و سرعت فیلم‌برداری ۶۰ فریم بر ثانیه) فیلم‌برداری شد و در نهایت متوسط سرعت پیشروی پیشانی جریان چگال در فواصل ۵۰ سانتی‌متری در بین پوشش‌ها در شش مقطع و پس از پوشش‌ها در چهار مقطع اندازه‌گیری شد. در شکل ۲ شماتیکی از جریان چگال شبیه‌سازی شده نشان داده شده است. همچنین، خلاصه‌ای از وضعیت آزمایش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

کانال آزمایشگاهی به‌وسیله دریاچه‌ای کشویی به دو قسمت (در یک قسمت جریان چگال و در قسمت دیگر آب تمیز) تقسیم شد. برای تهیه جریان چگال از نمک پودری در یک مخزن اختلاط (مخزن شماره یک) به حجم مفید ۳/۱۲ متر مکعب استفاده شد. جریان چگال پس از اختلاط از طریق پمپ وارد مخزن هد تانک (مخزن شماره دو) شده و از آنجا وارد قسمت جریان چگال کانال می‌شد. در آن طرف دریاچه نیز از انتهای کانال آب تمیز وارد کانال می‌شد. پس از هم تراز شدن سیال پیرامون و سیال غلیظ در ارتفاع مورد نظر، جهت ورود دبی ثابت، در همه آزمایش‌ها دریاچه کشویی به میزان پنج سانتی‌متر باز می‌شد. در حین آزمایش‌ها سطح دو سیال نیز ثابت نگه داشته شد.



شکل ۲- شماتیک کلی از جریان چگال شبیه‌سازی شده

جدول ۱- خلاصه‌ای از داده‌های آزمایش

تعداد آزمایش	عدد رینولدز $\times 10^5$	غلظت جریان چگال (گرم بر لیتر)	شیب بستر (درصد)	نوع چیدمان	سری آزمایش
۶	۰/۴۰۰ - ۰/۹۱۷	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	شاهد	۱
۶	۰/۱۶۸ - ۰/۷۲۹	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	زیگزاگ	۲
۶	۰/۱۴۰ - ۰/۷۰۱	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	همگراهای مشابه	۳
۶	۰/۱۷۷ - ۰/۷۳۶	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	موازی	۴
۶	۰/۱۵۴ - ۰/۷۲۱	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	واگراهای مشابه	۵
۶	۰/۱۴۸ - ۰/۷۱۵	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	شطرنجی	۶
۶	۰/۲۰۱ - ۰/۷۴۵	۸۰ و ۴۰	۲ و ۱،۰	زد شکل	۷

به‌منظور در نظر گرفتن تاثیر همزمان عوامل موثر بر پیشروی پیشانی جریان چگال، تحلیل ابعادی به روش باکینگهام انجام گرفت و روابط بی‌بعد به‌صورت رابطه (۲) حاصل شد. پارامترهای بی‌بعد شده در این رابطه به‌ترتیب معرف نوع چیدمان پوشش گیاهی، شیب بستر، غلظت نسبی جریان، ارتفاع نسبی پیشانی و عدد رینولدز جریان چگال می‌باشد که با توجه به متلاطم بودن جریان از بررسی عدد رینولدز جریان چگال صرف نظر شده است.

$$A^* = f^* \left( P, S, \frac{C}{\rho_a}, \frac{l}{h_a}, \frac{h_f}{h_a}, \frac{\mu_{d.c}}{v \times h_a \times \rho_a} \right) \quad (2)$$

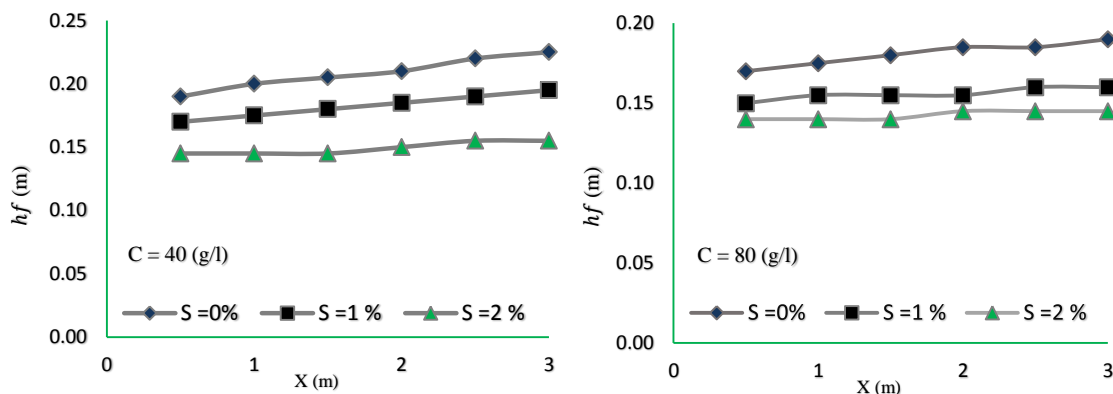
### نتایج و بحث

بررسی ارتفاع پیشانی جریان چگال: در شکل ۳ تغییرات ارتفاع پیشانی جریان چگال در بستر بدون پوشش نشان داده شده است.

توسعه مدل با تحلیل ابعادی: تاثیر پوشش گیاهی با چیدمان‌های مختلف بر پیشروی جریان را می‌توان وابسته به متغیرهای سینماتیکی و دینامیکی و هندسی رابطه (۱) دانست.

$$f(P, L, W, S, H, N, d, C, h_f, h_a, \mu_{d.c}, \rho_a, u_f, g') = 0 \quad (1)$$

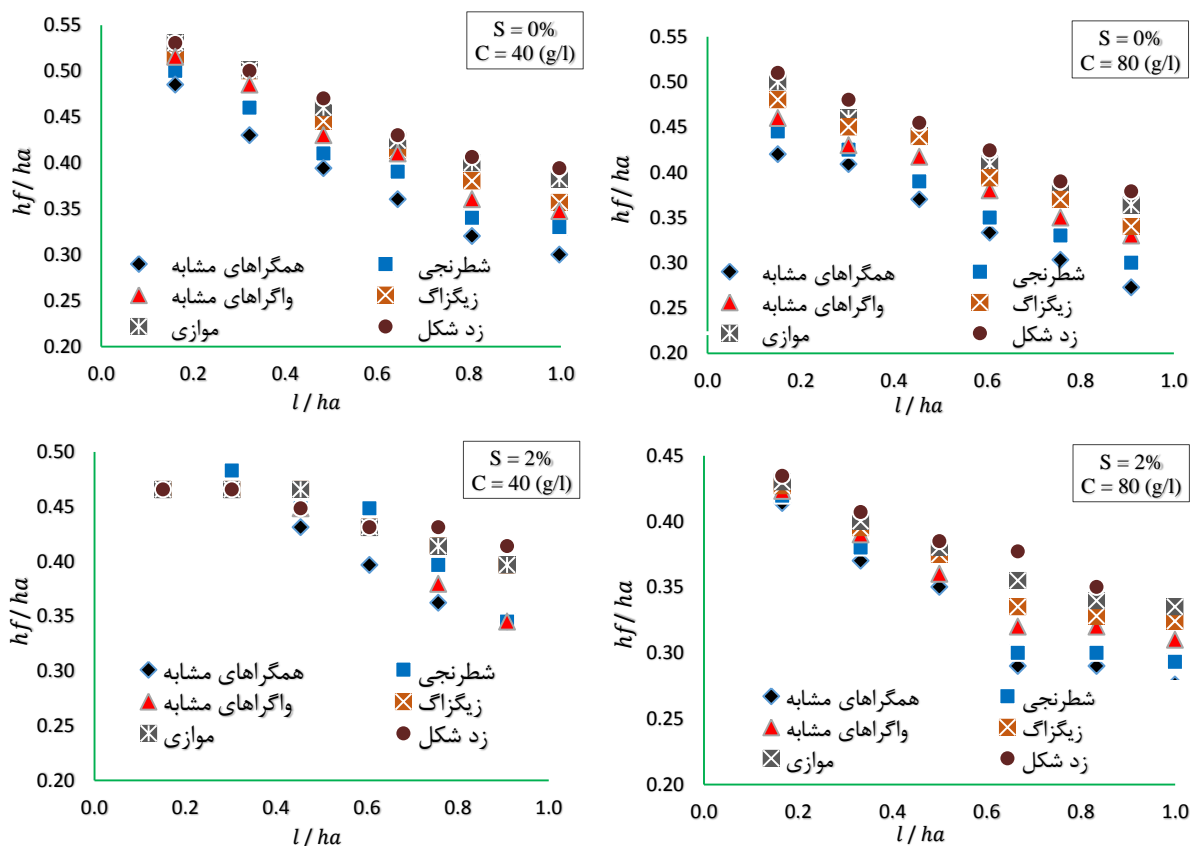
که در آن،  $P$  نوع چیدمان پوشش گیاهی،  $L$  طول پوشش گیاهی،  $W$  عرض پوشش گیاهی،  $S$  شیب بستر،  $H$  ارتفاع پوشش گیاهی،  $N$  تعداد موانع پوشش گیاهی،  $d$  قطر پوشش گیاهی،  $C$  غلظت متوسط جریان چگال،  $h_f$  ارتفاع پیشانی جریان چگال،  $h_a$  ارتفاع سیال پیرامون،  $\mu_{d.c}$  لزوجت دینامیکی جریان چگال،  $\rho_a$  جرم مخصوص سیال پیرامون،  $u_f$  سرعت پیشانی جریان چگال،  $g'$  شتاب ثقل کاهش یافته می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات ارتفاع پیشانی جریان چگال در بستر بدون پوشش

بر ارتفاع پیشانی شکل ۴ ارائه شده است. در این شکل ارتفاع بی بعد پیشان نسبت به طول بدون بعد در پوشش ها رسم شده است. ارتفاع متوسط پیشانی بدون در نظر گرفتن ناحیه اختلاط دو سیال در نظر گرفته شده است.

با توجه به شکل ۳ با دور شدن از ورودی کانال، سیال پیرامون به داخل سیال غلیظ وارد شده و از نیروی رانش کاسته می شود. در نتیجه ارتفاع پیشانی در طول کانال روند افزایشی دارد. در مقاطع ثابت افزایش شیب بستر و غلظت جریان غلیظ ارتفاع پیشانی کاهش می یابد. برای مقایسه پارامترهای موثر

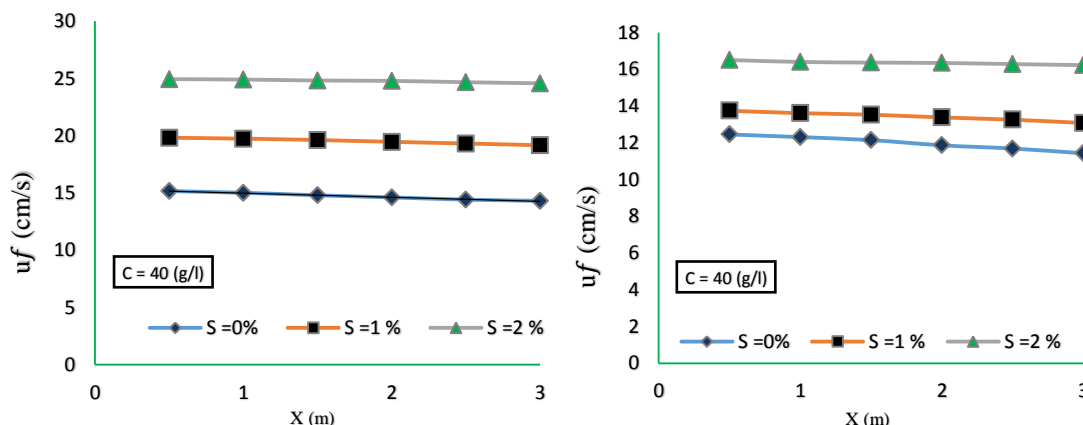


شکل ۴- پیشانی بی بعد نسبت به طول بی بعد در پوشش

باعث پایداری بیشتر شده و جریان چگال کمتر تحت تاثیر پوشش گیاهی قرار گرفته است.

**سرعت پیشانی جریان چگال:** در شکل ۵ تغییرات سرعت پیشانی جریان چگال نسبت به طول در بستر بدون پوشش نشان داده شده است. مطابق این شکل در مقاطع ثابت، با افزایش شیب بستر و غلظت جریان، مقادیر سرعت افزایش می‌یابد. یعنی عبارت  $g'$  و مولفه رانش وزن ظاهری افزایش می‌یابد که باعث افزایش سرعت جریان می‌شود. در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر کاهش نسبی سرعت پیشانی جریان غلیظ در طول کانال برای غلظت ۴۰ گرم بر لیتر در سه شیب صفر، یک و دو درصد به ترتیب هشت، پنج و دو درصد می‌باشد.

با توجه به شکل ۴ پس از برخورد پیشانی جریان چگال با پوشش گیاهی، تنش‌های برشی لزج در مرز بالایی پیشانی افزایش یافته و گردابه‌های عرضی و ناپایداری‌هایی را پدید می‌آورند. شکست این ناپایداری باعث افزایش اختلاط سیال غلیظ با سیال پیرامون می‌شود و ارتفاع ناحیه اختلاط بین دو سیال بیشتر می‌شود (در این حالت انرژی جریان به شدت مستهلک شده) و در نتیجه آن، ارتفاع متوسط پیشانی با امتداد حرکت در طول کاهش می‌یابد. افزایش غلظت باعث افزایش اختلاف چگالی بین جریان و سیال پیرامون آن شده است. بنابراین در شیب دو درصد بستر و جریان با غلظت ۸۰ گرم بر لیتر تاثیر توام شیب و غلظت



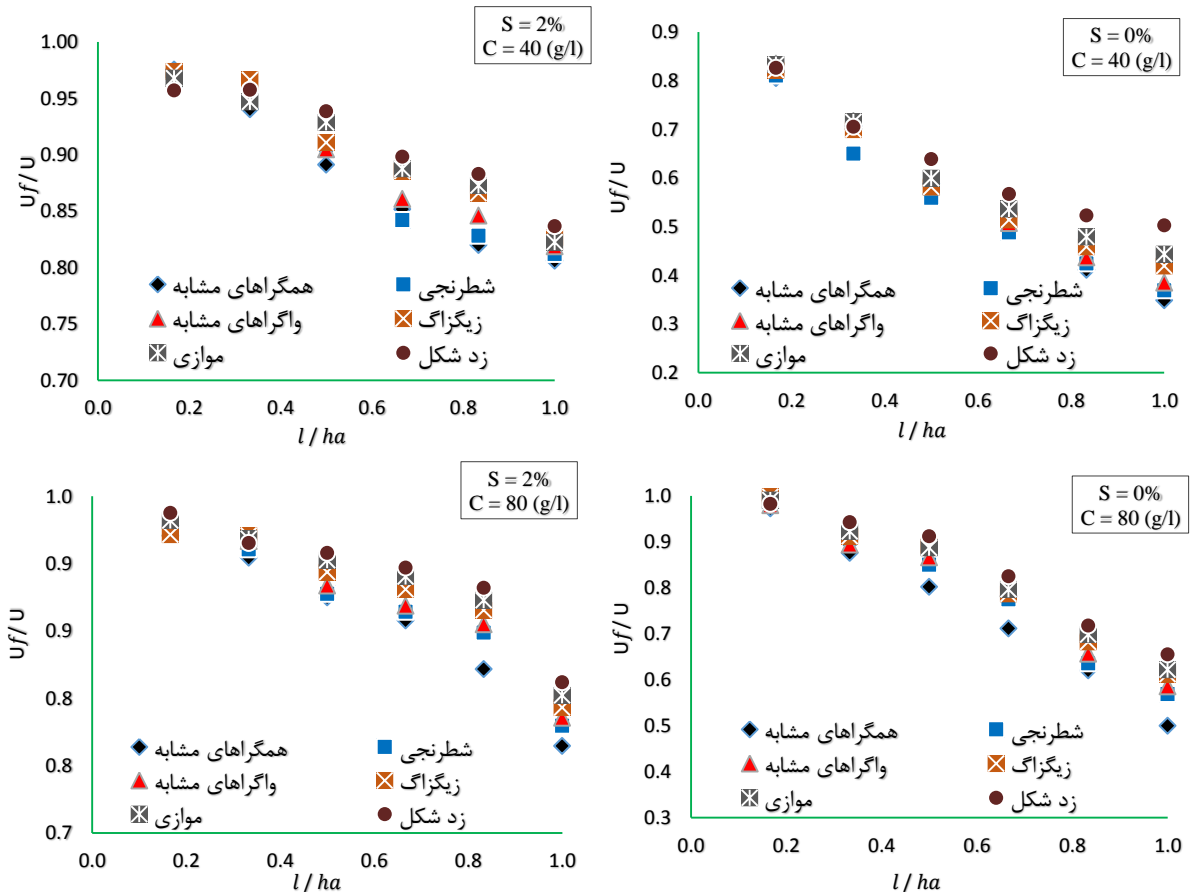
شکل ۵- تغییرات سرعت پیشانی جریان چگال در بستر بدون پوشش

مقاومت موانع کم می‌شود و شدت اختلاط سیال پیرامون و سیال چگال کم می‌شود و پایداری جریان افزایش می‌یابد. بنابراین مطابق شکل ۶ شیب طولی کاهش سرعت، در شیب صفر درصد زیاد و با افزایش شیب بستر، شیب این خط ملایم‌تر می‌شود و با افزایش غلظت در بین موانع، تنش برشی افزایش یافته و شیب خط کاهش سرعت در بین موانع بیشتر شده و حالت محدب می‌گیرد. در مقایسه دو غلظت می‌توان بیان کرد که در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر در انتهای پوشش، سرعت دارای مقادیر بیشتری نسبت به نقاط مشابه در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر می‌باشد. ولی در همه پوشش‌های گیاهی، مقدار کاهش سرعت از ابتدا تا انتهای آن در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر بیشتر از غلظت ۴۰ گرم بر لیتر است و روند کاهش سرعت در انتهای

در حالت بدون وجود پوشش، با امتداد جریان در طول کانال انرژی جریان کاهش یافته و نیروی مقاوم روند افزایشی پیدا می‌کند و اختلاط سیال پیرامون با سیال چگال افزایش می‌یابد. در نتیجه از اختلاف چگالی بین سیال غلیظ و سیال پیرامون که عامل اصلی حرکت جریان است، کاسته می‌شود. وجود پوشش گیاهی در برابر جریان باعث افزایش نیروی مقاوم و استهلاک بیشتر انرژی جریان می‌شود و شدت اختلاط سیال پیرامون با سیال غلیظ افزایش می‌یابد و ناحیه اختلاط دو سیال افزایش می‌یابد. در نتیجه با کاهش چگالی، سرعت جریان نسبت به حالت بدون وجود موانع با شدت بیشتری کاهش می‌یابد. با افزایش شیب بستر، سرعت جریان افزایش یافته که منجر به افزایش مومنوم جریان می‌شود. در این حالت از تاثیر

جریان چگال بیشتر است. درصد متوسط کاهش نسبی سرعت پیشروی پیشانی جریان چگال در انتهای پوشش‌های گیاهی و تاثیر نوع چیدمان آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

پوشش گیاهی برای غلظت ۴۰ گرم بر لیتر شیب ملایمی پیدا می‌کند. این در حالیست که در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر شیب کاهش سرعت در بین پوشش بیشتر می‌باشد. بنابراین عملکرد پوشش گیاهی و گسترش طولی پوشش گیاهی در غلظت‌های بالای



شکل ۶- تغییرات سرعت پیشروی پیشانی جریان چگال در طول پوشش گیاهی

جدول ۲- درصد متوسط کاهش نسبی سرعت پیشروی پیشانی در پوشش گیاهی

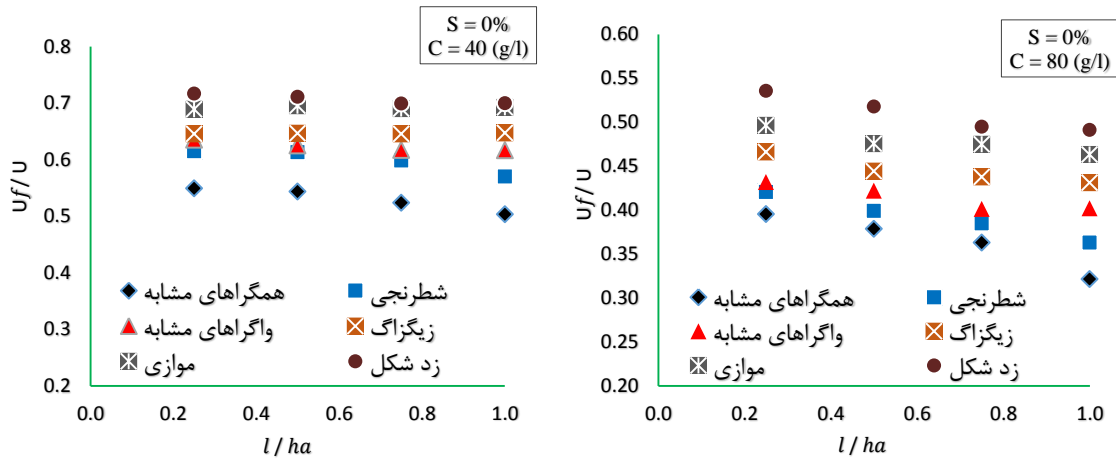
غلظت (گرم بر لیتر)	شیب بستر (درصد)	تاثیر آرایش موانع	متوسط کاهش سرعت موانع
۴۰	۰	۱۵	۵۹
	۱	۱۰	۳۴
	۲	۳	۲۱
۸۰	۰	۱۶	۴۱
	۱	۶	۲۷
	۲	۴	۲۱

۴۰ درصد کاهش یافته و به‌طور مشابه از شیب یک به دو درصد عملکرد موانع ۵۰ درصد کاهش یافته است. عملکرد پوشش در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر از شیب

با توجه به جدول ۲ در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر با افزایش شیب بستر از صفر به یک درصد عملکرد پوشش گیاهی در کنترل سرعت پیشانی جریان چگال

یکسانی ندارد. شکل ۷ سرعت پیشانی جریان چگال در طول دو متر (چهار بازه ۰/۵ متری) بعد عبور از انواع چیدمان‌های مختلف پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.

صفر به یک درصد ۲۸ درصد و از شیب یک به دو درصد ۳۶ درصد کاهش یافته است. سرعت پیشانی جریان چگال پس از پوشش‌های گیاهی مختلف، مقدار



شکل ۷- سرعت پیشانی جریان چگال پس از پوشش‌های گیاهی

تاثیر کاسته می‌شود. به طوری که در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر با افزایش شیب بستر از صفر به دو درصد تاثیر نوع چیدمان ۱۰ درصد کاهش یافته است. به طور مشابه این مقدار در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر ۱۳ درصد می‌باشد. متوسط کاهش نسبی سرعت پیشروی پیشانی جریان چگال در طول دو متر پس از پوشش گیاهی و تاثیر نوع چیدمان پوشش‌های گیاهی در جدول ۳ نشان داده شده است.

سرعت پیشروی پیشانی جریان چگال پس از پوشش‌های گیاهی نسبت به حالت بدون این پوشش‌ها مقدار کمتری دارد و با افزایش شیب بستر این اختلاف کم می‌شود. در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر، اختلاف متوسط کاهش سرعت از شیب صفر به دو درصد ۴۶ درصد و در غلظت ۸۰ گرم بر لیتر، این اختلاف ۲۵ درصد است. همچنین، نوع چیدمان مختلف بعد عبور پیشانی جریان چگال از پوشش‌های گیاهی بر جریان تاثیرگذار بوده و با افزایش شیب بستر از میزان این

جدول ۳- متوسط کاهش نسبی سرعت پیشروی پیشانی بعد از پوشش گیاهی

غلظت (گرم بر لیتر)	شیب بستر (درصد)	تاثیر نوع چیدمان (درصد)	متوسط کاهش سرعت (درصد)
۴۰	۰	۱۷	۵۹
	۱	۱۰	۳۲
	۲	۷	۱۳
۸۰	۰	۲۰	۳۸
	۱	۱۱	۲۸
	۲	۷	۱۳

۲۷ درصد کاهش یافته و با افزایش شیب بستر از یک و دو درصد تاثیر نسبی پوشش ۱۹ درصد کاهش می‌یابد. در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر با افزایش شیب بستر از صفر به یک درصد تاثیر نوع چیدمان پوشش هفت درصد کاهش می‌یابد و با افزایش شیب بستر از یک و

با توجه به جدول ۳ متوسط کاهش نسبی سرعت پیشانی جریان پس از پوشش گیاهی، در شیب صفر درصد و غلظت ۴۰ گرم بر لیتر بیشتر از همین مقادیر در شیب یک و دو درصد می‌باشد. با افزایش شیب بستر از صفر به یک درصد از میزان تاثیر نسبی پوشش



دو درصد تاثیر آن سه درصد کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد که تاثیر نوع چیدمان پوشش در غلظت‌های بالای جریان چگال بیشتر است و افزایش شیب بستر باعث کاهش این تاثیر می‌شود.

**مقایسه و بررسی روابط سرعت پیشانی جریان چگال:** در اغلب تحقیقات سرعت پیشانی جریان چگال تابعی از ارتفاع پیشانی و شتاب ثقل کاهش یافته

معرفی شده است. کنولگان رابطه (۳) را برای سرعت پیشانی جریان چگال ارائه داد که C ضریب تجربی می‌باشد. در ادامه بسیاری از محققین از این رابطه استفاده کردند و مطابق جدول ۳ ضرایب تجربی متفاوتی ارائه نمودند. محاسبه ضریب C از تقسیم  $(U_f)$  بر  $(g' Hf)^{0.5}$  حاصل می‌شود.

$$U_f = C (g' Hf)^{0.5} \quad (3)$$

جدول ۳- ضرایب تجربی ارائه شده به‌وسیله محققین مختلف

نام محقق	شیب %	نوع جریان	C
Keulegan (۱۹۵۸)	$S > 4$	نمکی	۰/۷۵
Middleton (۱۹۶۶)	$4 < S < 0$	نمکی	۰/۷۵
Turner (۱۹۷۳) و (۱۹۷۹)	۰	رسوبی	$\sqrt{2}$
Denton (۱۹۸۵)	۱/۵	رسوبی	۰/۶۸
Altinakar و همکاران (۱۹۹۰)	$0 < S < 2/9$	نمکی و رسوبی	۰/۶۳
Ghomeshi (۱۹۹۵)	۰/۶۳۵	نمکی و رسوبی	۰/۷۲

Altinakar و همکاران (۱۹۹۰) داده‌های خود را با داده‌های Middleton (۱۹۶۶) و Turner (۱۹۷۳) و (۱۹۷۹) مقایسه کردند. Turner در محاسبه سرعت برشی حجمی از ارتفاع بدنه جریان چگال استفاده کرد و سایر محققین از ارتفاع پیشانی جریان استفاده کردند. به همین دلیل ضریب C ارائه شده توسط Turner نسبت به سایر محققین مقدار بیشتری دارد. همچنین، ضریب C در جریان غلیظ نمکی به دلیل شناوری بیشتر از جریان‌های رسوبی است. با توجه به تاثیر شیب بستر بر پایداری و افزایش سرعت جریان

چگال ضرایب ارائه شده توسط Keulegan (۱۹۵۸) و Middleton (۱۹۶۶) مقدار بالاتری دارد. ضرایب C محاسبه شده از رابطه Keulegan در این تحقیق برای پوشش‌های گیاهی با چیدمان مختلف در جدول ۴ آورده شده است. این ضریب در پوشش‌های گیاهی نسبت به بستر صاف به دلیل استهلاک جریان چگال و کاهش متوسط سرعت در بین پوشش‌های گیاهی کاهش یافته است. ضرایب این پژوهش در پوشش‌های گیاهی مشابه ضرایب Altinakar و همکاران (۱۹۹۰) می‌باشد و در بستر بدون پوشش مقدار بیشتری دارد.

جدول ۴- ضرایب تجربی پژوهش حاضر

C	نوع جریان	شیب (درصد)	نوع چیدمان
بدون پوشش (پژوهش حاضر)	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۷۶
همگراهای مشابه	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۵۹۷
پوشش شطرنجی	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۱۰
واگراهای مشابه	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۱۳
پوشش زیگزاگ	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۲۷
پوشش موازی	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۳۰
پوشش زد شکل	$0 < S \leq 2$	نمکی	۰/۶۴۰

### نتیجه‌گیری

کنترل جریان‌های چگال باعث حفظ حجم و عمر مفید مخازن سدها می‌شود. در این پژوهش تاثیر

چیدمان پوشش گیاهی بر کنترل پیشروی پیشانی جریان چگال در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با امتداد پیشروی جریان چگال

دارد. به ترتیب نوع چیدمان همگراهای مشابه، شطرنجی، واگراهای مشابه، زیگزاگ، موازی و زد شکل در کنترل پیشروی جریان چگال موثر واقع شده‌اند. اما همواره افزایش شیب بستر باعث کاهش تاثیر نوع چیدمان پوشش گیاهی بوده است. در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر، در شیب ثابت صفر درصد، تاثیر نوع چیدمان موانع در کنترل پیشروی جریان ۱۵ درصد بوده است. با افزایش شیب بستر به دو درصد، تاثیر آرایش‌های موانع به کمتر از چهار درصد رسیده است. همچنین، ضریب C از رابطه Keulegan در برآورد سرعت پیشروی در چیدمان همگراهای مشابه نسبت به بستر صاف ۱۲ درصد کاهش یافته است.

در طول کانال ارتفاع پیشانی افزایش و سرعت پیشروی آن کاهش می‌یابد. افزایش شیب بستر و غلظت جریان چگال باعث کاهش ارتفاع و افزایش سرعت پیشروی جریان چگال می‌شود. ایجاد پوشش گیاهی باعث افزایش اختلاط جریان چگال و سیال پیرامون آن می‌شود که در نتیجه آن سرعت پیشروی جریان چگال کاهش می‌یابد. در غلظت ۴۰ گرم بر لیتر، متوسط تاثیر پوشش گیاهی در کنترل سرعت پیشانی جریان چگال در شیب صفر درصد برابر ۵۹ درصد می‌باشد. با افزایش شیب بستر به دو درصد، این مقدار به ۲۱ درصد می‌رسد. آرایش و نوع چیدمان پوشش نیز در کنترل پیشروی جریان چگال تاثیر

#### منابع مورد استفاده

1. Akiama, J. and H.G. Stefan. 1984. Plunging flow into a reservoir theory. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 110: 484-499.
2. Altinakar, M.S., W.H. Graf and E.J. Hopfinger. 1990. Weakly depositing turbidity current on a small slope. *Journal of Hydraulic Research*, 28: 55-80
3. Denton, R.A. 1985. Density current inflows to run of the river reservoirs, *Proceedings of 21th IAHR Congress*.
4. *Directory of Fouling and Descaling reservoir*. 2012. Publication No. 589, Ministry of Energy (in Persian).
5. Firoozabadi, B., B. Farhanieh and M. Rad. 2003. Hydraulodynamics of 2-D laminar turbidity current. *Journal of Hydraulic Research*, 41: 623-630.
6. Forel, F.A. 1892. *The´orie du ravin sous-lacustre*. Le le´man, Vol. 1, F. Rouge, Lausanne, Switzerland, 3: 381-386.
7. Ghomeshi, M. 1995. Reservoir sedimentation modelling. PhD Thesis, University of Wollongong, Australia, 219 pages.
8. Huppert H.E. and J.E. Simpson. 1980. The slumping of gravity currents. *Journal of Fluid Mechanics*, 99: 785-799.
9. Keulegan, G.H. 1958. The motion of saline fronts in still water. 12th Progress Report on model laws for density currents. US National Bureau of Standards Report No. 5831, 29 pages.
10. Middleton, G.V. 1966. Experiments on density and turbidity currents motion of the head. *Canadian Journal of Earth Science*, 3: 523-546.
11. Puorkayd, S., H. Hasonizadeh, M. Kashefi puor and M. Daryaei. 2011. Experimental study of the effect of slope and bed roughness on head and body velocities in sedimentary density current. *International Conference on River Engineering, University of Chamran Ahvaz*, 21-31 (in Persian).
12. Turner, J.S. 1973. *Buoyancy effects in fluids*, Cambridge University Press. London, England, 47: 241-256.
13. Turner, J.S. 1979. *Buoyancy effects in fluids*, Cambridge University Press. London, England, 47: 241-256.
14. Zahiri, A., M. Shafai Bajestan and A.A. Dehghani. 2011. Estimation of sediment volume due to turbidity currents in dez reservoir dam. *Water and Soil Conservation*, 18: 143-161 (in Persian).

## Laboratory study the effect of vegetation arrangement on the development of density current's

Seysd Mostafa Tabatabaei<sup>\*1</sup>, Hossein Khozaymehnezhad<sup>2</sup>, Abolfazl Akbarpour<sup>3</sup> and Peyman Varjavand<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD student, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, <sup>2</sup> Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, <sup>3</sup> Associate Professor, Faculty of Engineering, University of Birjand, Iran and <sup>4</sup> Assistant Professor, Natural Resources and Watershed Management Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

Received: 20 December 2015

Accepted: 15 August 2016

### Abstract

Deposition of density current the main threats reservoir and its watershed numerous areas of application. In this study Six types of vegetation arrangement similar impact convergent, divergent similar, parallel, z(ed) shape, zigzag and checkered studied the density current control is completed. The experiments were performed in a channel length of 10 meters. Made of plastic and the covering vegetation was three meters. Then density current speed in 6 sections 0.5 and 4 meters between the Vegetation was measured after coating. Experiments with 3 Slope bed 0, 1 and 2%, with a salt concentration of 40 and 80 g/l was repeated. The results show if there are vegetation in front of density currents, the speed of the front reduces consequently. Also results showed that vegetation leading to an average of 21-59 per cent density current. After passing density current vegetation Density current rate rises at one point that this speed is not impressive and always density current Substrate without vegetation is also affected.

**Key words:** Dam reservoirs, Head velocity, Slope bed, Watershed

---

\* Corresponding author: tabatabaei1984@yahoo.com