

شده است. با افزایش دوره بازگشت تأثیر آن‌ها در کاهش و کنترل سیلاب کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: سیل، رودخانه، مدل‌سازی، مدل‌سازی جریان، کبودکمر.

مقدمه

رودخانه‌ها تحت تأثیر پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری دست‌خوش تغییرات گوناگونی می‌شوند که از آن جمله می‌توان تغییر راستا، جابه‌جایی‌های عرضی و طولی، وقوع میان‌برها، تغییر نوع رودخانه، تغییر تراز بستر، تغییر دانه‌بندی و دگرگونی ویژگی‌های هندسی مسیر را اشاره کرد. سازه‌های متقاطع در مسیر رودخانه‌ها مانند سازه‌های گابیونی از فرایندهای مختلف فرسایش و رسوب‌گذاری تأثیرپذیری مستقیم دارند. روند معمول در مطالعات مورفولوژی رودخانه بررسی تأثیر سازه (بند سنگ و سیمان، گابیون و...) بر تغییرات مشخصات هیدرولیکی می‌باشد. بندهای گابیونی برای کنترل سیلاب و ایجاد تأخیر و تعویق در جریان ساخته می‌شوند، لذا با ذخیره مقداری از سیلاب، مقدار دبی اوج سیلاب، تقلیل و زمان رسیدن آن به نقطه موردنظر را افزایش می‌دهند و عواملی نظیر خصوصیات ژئومورفولوژیکی، فیزیوگرافی، حجم و موقعیت سدها و ... بر رانندگی و نحوه عملکرد آن‌ها اثرگذارند. مطالعات متعددی به بررسی سدهای تأخیری و سازه‌های اصلاحی در حوضه‌ها پرداخته‌اند. مور با بررسی ۳۰۰ سازه احداث‌شده و اثر آن بر کاهش دبی اوج در سرشاخه‌های حوزه آبخیز تگزاس، نتیجه گرفت که در زیر حوضه‌های مختلف، کاهش دبی از ۴۸ تا ۹۸ درصد دیده می‌شود [۱۱]. لویز و همکاران [۱۰] به مطالعه تأثیر سد یسا در رودخانه آرگون اسپانیا پرداختند و نتایج نشان داد که مقدار دبی اوج سیل‌های خروجی از مخزن در دوره بازگشت‌های مختلف، کاهش یافته است. قاضی محله و همکاران عملکرد سازه چندمنظوره نوکنده در استان گلستان را در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج سیلاب بررسی نمودند. پارامترهای موردنظر برای اجرای مدل در شرایط قبل و بعد از احداث مخزن، مربوط به بارش یک‌ساعته HEC-HMS به مدل معرفی شد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که مخازن احداث‌شده در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی مؤثرند و از ۴۰ تا ۸۸ درصد از دبی اوج را در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش می‌دهند [۹]. جمشیدی [۶] به بررسی تأثیر سدهای تأخیری

بررسی اثر احداث بندهای گابیونی روی دبی اوج و مشخصات هیدرولیکی جریان رودخانه

امیر مرادی‌نژاد^{۱*}، علی اکبر داودی‌راد^۱، امید اخوندی^۲
 تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۴/۱۷ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

چکیده

فرسایش و انتقال رسوب از پدیده‌های مهم رودخانه‌ای است و در طرح‌های مهندسی رودخانه و ساماندهی از اهمیت زیادی برخوردار است. تغییرات مورفولوژیکی که در اثر احداث سازه‌های متقاطع در مسیر جریان اتفاق می‌افتد، درواقع پاسخ رودخانه در جهت ایجاد تعادل بین فرایند فرسایش و رسوب‌گذاری است؛ بنابراین قبل از اینکه هرگونه سازه‌ای در مسیر رودخانه احداث گردد، بایستی عکس‌العمل رودخانه مورد ارزیابی قرار گیرد. در پژوهش حاضر شرایط هیدرولیکی رودخانه در مسیری به طول ۵ کیلومتر از رودخانه‌ی کبودکمر زرنده ساوه در استان مرکزی قبل و بعد از احداث سازه‌های هیدرولیکی در مسیر جریان با استفاده از داده‌های هندسی ۲۰۰ مقطع عرضی در نرم‌افزار HEC-RAS مورد مدل‌سازی قرار گرفت. پارامترهای هیدرولیکی جریان شامل تراز سطح آب، عرض سطح آب، سرعت جریان و تنش برشی بستر، عدد فرود، عمق هیدرولیکی، سرعت قبل و بعد از احداث سازه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در حالت ایجاد سازه و انسدادی با نزدیک شدن جریان به بند، از سرعت جریان کاسته، درحالی‌که پس از عبور از روی بند، سرعت جریان افزایش پیدا می‌کند. بنابراین در این حالت، فرسایش بعد از روگذر افزایش خواهد یافت. در حالت بدون بند، سرعت جریان قبل از رسیدن به مقطعی که در حالت انسداد دارای روگذر بود تقریباً ثابت است ولی پس از عبور از این مقطع سرعت جریان افزایش می‌یابد. احداث بندهای گابیونی در حوضه آبریز رودخانه باعث کاهش دبی اوج سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف

۱- استادیار بخش آبخیزداری و حفاظت خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی

و منابع طبیعی استان مرکزی

۲- رئیس بخش آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی استان مرکزی

*Amir_24619@yahoo.com:

✉ ایمیل نویسنده مسئول

در کاهش سیلاب بهیمن پرداخته است. برای انجام این مهم، مدل بارش رواناب HEC-HMS مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان داد که سدهای تأخیری بیش از ۵۰ درصد، در سیلاب منطقه کاهش ایجاد کردند و توانستند سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های پایین‌تر را به طور کامل مهار نمایند. مصطفی‌زاده ارزیابی طرح کنترل سیل حوزه آبخیز جعفرآباد استان گلستان را با استفاده از مدل HEC-HMS انجام داد. نتایج نشان از تأثیر یک و نیم درصدی سازه‌ها بر دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت و نتایج مقایسه آماری تفاوت قابل توجهی در دوره قبل و بعد از احداث سازه‌ها نشان نداد. از طرفی مشخص شد با افزایش دوره بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. به عبارتی بیش‌ترین تأثیر سازه‌ها بر معیارهای هیدرولوژیک در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۵ ساله بود [۱۳]. پارسامهر [۱۵] با تحقیق بر روی عملکرد اقدامات سازه‌ای در حوضه غازمجله کردکوی به این نتیجه رسید که سازه‌ها، شرایط هیدرولیکی جریان را تغییر داده، مقطع عرضی آبراهه را پهن‌تر و موجب کاهش شیب می‌شوند و در نتیجه وضعیت مطلوب‌تری برای عبور جریان فراهم می‌کنند. روشنی [۱۸] به ارزیابی اثر سدهای اصلاحی بر روی دبی اوج سیلاب در حوزه آبخیز کن پرداخت و بیان کرد که ساخت سدهای کنترلی در داخل آبراهه‌ها برای کاهش دبی اوج سیل بسیار مناسب است. کبیر و همکاران [۸] در تحقیقی در حوزه آبخیز رودبار- قشلاق به این نتیجه رسیدند که سازه‌های احداث شده تأثیر چندانی در افزایش زمان تمرکز حوضه نداشته و میزان افزایش زمان تمرکز در همه موارد کمتر از یک درصد بوده است. بنی‌حبیب و عربی [۱] با شبیه‌سازی سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف نتیجه گرفتند که عملیات آبخیزداری منجر به کاهش دبی اوج سیلاب و افزایش زمان پیش هشدار سیل می‌شود. روغنی و همکاران [۱۷] به بررسی اثر سازه‌های آبخیزداری بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه بارده پرداختند و بیان نمودند که بندهای احداث شده از طریق ذخیره رواناب و نفوذ عمقی جریان قادر به کنترل سیل می‌باشد. گل و همکاران [۵] با ترکیب روش‌های مدل‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، کارایی سازه‌های کنترل سیل در حوضه بوستانی در ترکیه را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که احداث سد با کاهش دبی اوج سیل از ۶۸/۹ و ۱۵۸/۷ مترمکعب بر ثانیه (به ترتیب با دوره بازگشت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ سال) به ۶۵/۵ و ۱۵۰/۷ مترمکعب بر ثانیه دارای اثر کنترلی مثبت می‌باشد. ندیمی و همکاران [۱۴] با بررسی اثر بندهای گابیونی در کنترل رسوب معلق نتیجه گرفتند که این سازه اثر معنی‌داری بر کنترل رسوب ندارند. همچنین نتایج پژوهش مورن لویز و همکاران [۱۰] نشان داد که مقدار دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف تحت تأثیر مخزن کاهش یافت و میزان این کاهش به درصد حجم پر شده مخزن قبل از سیلاب بستگی داشت. نتایج ارزیابی اثرات سدهای بزرگ بر رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های ایالات متحده از طریق مقایسه آمار ۲۱ ایستگاه آب‌سنجی

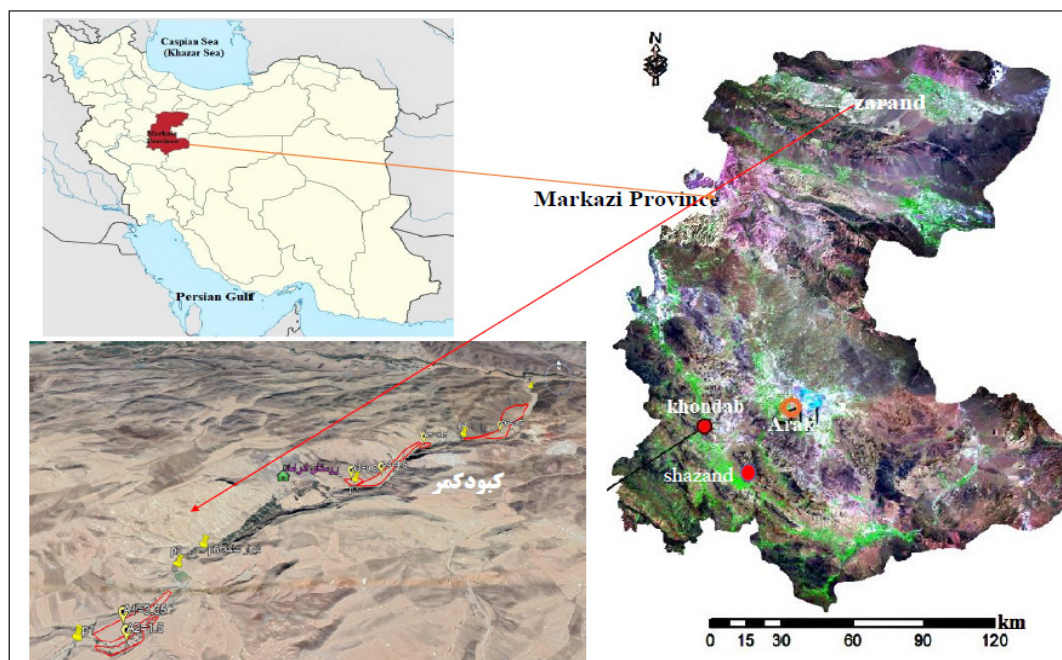
نشان داد که احداث سدها در طول صدسال گذشته موجب تنظیم رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های بزرگ و کوچک شده است [۱۰]. در این میان بیش‌ترین تغییر در دبی حداکثر و حداقل مشاهده شده است [۹]. گزارش شده است که مخازن تأخیری منجر به کاهش مشخصات سیلاب خروجی از مخزن نسبت به سیلاب ورودی به آن می‌گردند. میزان این کاهش در دوره بازگشت‌های مختلف برای پارامتر دبی اوج تا ۲۶ درصد [۱۹] و پنج درصد [۵] گزارش شده است. کابوسی و جلیلی [۹] در تحقیقی به بررسی شاخص‌های کارایی و نقش مخازن تأخیری در کنترل سیلاب خروجی حوضه جعفرآباد استان گلستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که احداث مخازن تأخیری موجب تأخیر در زمان وقوع دبی اوج و کاهش دبی اوج و حجم سیلاب خروجی از مخزن گردید ولی این کاهش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. اثر مخزن با افزایش دوره بازگشت سیلاب کاهش یافت. حداکثر میزان کاهش حجم سیلاب برای مخزن خالی، نیمه‌پر و پر به ترتیب ۶۱/۱، ۳۳/۲ و ۰/۸ درصد و برای دبی پیک به ترتیب ۶۳/۹، ۳۲/۸ و ۶/۶ درصد بود. حداکثر مقدار نرخ تضعیف سیلاب برای مخازن مورد مطالعه در شرایط خالی، نیمه‌پر و کاملاً پر به ترتیب ۲۶، ۱۹ و هفت درصد و حداکثر نسبت ذخیره برای مخزن خالی و نیمه‌پر به ترتیب ۱۴ و پنج بود که نشان‌دهنده کارایی مخازن در کنترل سیلاب است [۸]. روغنی [۱۷] اثر بندها در کنترل رواناب را بررسی نمود و نشان داد که سازه‌های موجود علاوه بر نفوذ دادن عمقی رواناب، قادر به کاهش شیب و سرعت جریان بوده و دارای اثر مثبت در کنترل سیل می‌باشد. دستورانی و همکاران [۲] اثر سناریوهای مختلف احداث سدهای اصلاحی در کاهش دبی سیل را بررسی نمودند و نشان دادند سازه‌های مذکور دارای اثر قابل توجه بر دبی پیک نمی‌باشد. آنچه از پیشینه تحقیق بر می‌آید می‌توان اظهار داشت که احداث بندهای گابیونی در مسیر جریان آب در رودخانه‌ها منجر به کنترل و تعدیل سیلاب‌های دریافتی می‌شود و معمولاً این سدها بیش‌ترین تأثیر را بر روی سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های کوتاه‌تر دارند و با افزایش دوره بازگشت، تأثیر آن‌ها در کنترل و تعدیل سیلاب کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر سازه‌های اصلاحی گابیونی در حوزه‌های آبخیز به‌طور گسترده احداث می‌شود لازم است تأثیر بین قبل و بعد از احداث سازه‌ها روی مشخصات جریان بررسی شود. مرور منابع نشان می‌دهد اغلب تحقیقات صورت گرفته تأثیر سازه‌ها را بر کنترل سیل و یا عمق جریان بررسی کرده‌اند و ویژگی‌های دیگری مانند هیدرولیک جریان قبل و بعد از احداث سازه‌ها کم‌تر مورد توجه بوده است. در پژوهش حاضر شرایط هیدرولیکی رودخانه کبودکمر زرنده ساوه قبل و بعد از احداث سازه‌های هیدرولیکی در مسیر جریان با استفاده از مدل هکرس بررسی گردیده است. سازه‌های آبخیزداری از جمله پروژه‌های پرهزینه‌ای می‌باشند و ایجاد هرگونه سازه در بستر مسیل‌ها می‌تواند در تغییر رفتار سیل مؤثر باشد. تأثیر سازه‌ها در حوزه‌های و آبراهه‌های مختلف به خاطر دارا بودن شرایط مخصوص به خود، متفاوت

تأثیر سدهای گابیونی احداث شده در مسیر آبراهه بر دبی اوج سیلاب و مشخصات هیدرولیکی جریان می باشد.

روش انجام تحقیق منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کبودکمر از نظر تقسیمات سیاسی جزء استان مرکزی بوده و در شهرستان زرنديه واقع است، از نظر موقعیت جغرافیایی حوزه در بین طول های جغرافیایی $49^{\circ} 44' 59''$ تا $49^{\circ} 57' 30''$ شرقی و در بین عرض های جغرافیایی $35^{\circ} 21' 49''$ تا $35^{\circ} 25' 58''$ شمالی قرار گرفته است. مساحت حوزه آبخیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیائی اندازه گیری و مقدار به دست آمده برای منطقه مورد مطالعه ۶۰ کیلومتر مربع می باشد. بلندترین نقطه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه کوه یال آراسته در جنوب غربی حوزه با ارتفاع ۲۳۹۵ متر از سطح دریا و پست ترین نقطه منطقه مطالعاتی در شمال شرق حوزه با ارتفاع ۱۷۳۸ متر از سطح دریا واقع شده است. مسیر آبراهه مورد نظر برای سامان دهی، به طول ۱۴ کیلومتر از بالادست روستای آدرامند تا مرز روستای کبودکمر می باشد. شکل (۱) موقعیت، نقشه رودخانه مورد مطالعه در کشور، استان و منطقه نشان می دهد. با انجام بازدیدهای میدانی و با هماهنگی کارشناسان مرتبط، مشخصات جغرافیائی محل های مناسب جهت احداث سازه توسط GPS ثبت و سایر اطلاعات مربوطه از نظر نوع سازه، ارتفاع مفید و نوع نقشه برداری و ... برداشت گردید و پس از آن بر اساس این اطلاعات، نقشه رقومی جانمایی سازه ها تهیه شد. جدول (۱) مشخصات عملیات مکانیکی در بستر رودخانه کبودکمر روستای آدرامند را نشان می دهد.

می باشد. در مسیر آبراهه از بالادست تا پایین دست به خاطر تغییرات ویژگی های آبراهه مثل شیب و عرض آبراهه و... بر ویژگی های جریان متفاوت است. ارزیابی و آگاهی از نحوه تأثیر سازه های احداثی روی پاسخ حوضه و آبراهه در مقابل بارش، به عنوان یکی از مسائل مهم و اساسی در مدیریت جامع حوضه های آبخیز و مطالعات کنترل سیل می باشد. در این آبراهه و حوضه تاکنون مطالعه ای در مورد تأثیر سازه ها روی ویژگی های سیل و مشخصات هیدرولیکی آبراهه انجام نشده است. چزکی و همکاران [۲] در مطالعه ای به مکانیابی و اولویت بندی مناطق مناسب برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی با استفاده مدل ANP در حوزه آبخیز سد طرق پرداختند. در مرحله اول معیارهایی که شامل عوامل طبیعی (رسوب دهی، شیب، رخساره ژئومورفولوژی و کاربری اراضی)، اقتصادی (نزدیکی روستا، جاده و منابع قرضه) تعیین شد. در مرحله بعد برای تعیین تأثیر عوامل در مکانیابی و اولویت بندی مناطق برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی از نظرات کارشناسی (پرسشنامه) و برای تعیین مقدار ضریب اهمیت معیارها از نرم افزار Super decision استفاده گردید. در ادامه با هم پوشانی نقشه ها، نقشه نهایی مکانیابی و اولویت بندی زیرحوضه های منطقه به دست آمد. نتایج نشان داد که بیش ترین تأثیر در مکانیابی را عامل فرسایش با ضریب اهمیت $0/407$ و شیب با ضریب اهمیت $0/241$ داشته است. براساس نقشه نهایی ۱۹ درصد از منطقه در اولویت اول احداث سدهای اصلاحی قرار دارد. تجزیه و تحلیل نقشه نهایی نشان می دهد که این روش نتایج قابل قبول و توانایی بالایی برای مکانیابی و اولویت بندی به صورت کاربردی دارا می باشد. لذا هدف از این تحقیق بررسی میزان



شکل ۱: موقعیت و نقشه رودخانه مورد مطالعه در کشور، استان و منطقه

جدول ۱: مشخصات عملیات مکانیکی حوزه آبخیز کبودکمر روستای آدرامند

ردیف	سازه	ارتفاع (متر)	عرض تاج (متر)	طول تاج (متر)	طول تاج در بستر (متر)	مختصات (UTM)
P2	بند گابیونی	۵	۲	۵۸	۳۲	۳۹۹۳۵۳ ۳۹۱۸۸۲۲
P3	بند گابیونی	۵	۲	۵۰	۲۰	۴۰۰۵۴۱ ۳۹۱۹۶۹۳
P4	بند گابیونی	۵	۲	۵۰	۲۰	۴۰۱۵۶۱ ۳۹۲۰۲۴۴

تهیه شده توسط دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تعیین شد. برای اجرای مدل نیاز به معرفی شرایط مرزی در بالادست و پایین دست بود که بدین منظور برای شرایط مرزی بالادست و پایین دست از عمق نرمال استفاده گردید. پس از شبیه سازی، تغییرات پروفیل طولی تراز انرژی جریان رودخانه، میزان سرعت، تنش برشی، قدرت جریان، عدد فرود، ظرفیت حمل رسوب در مقاطع مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

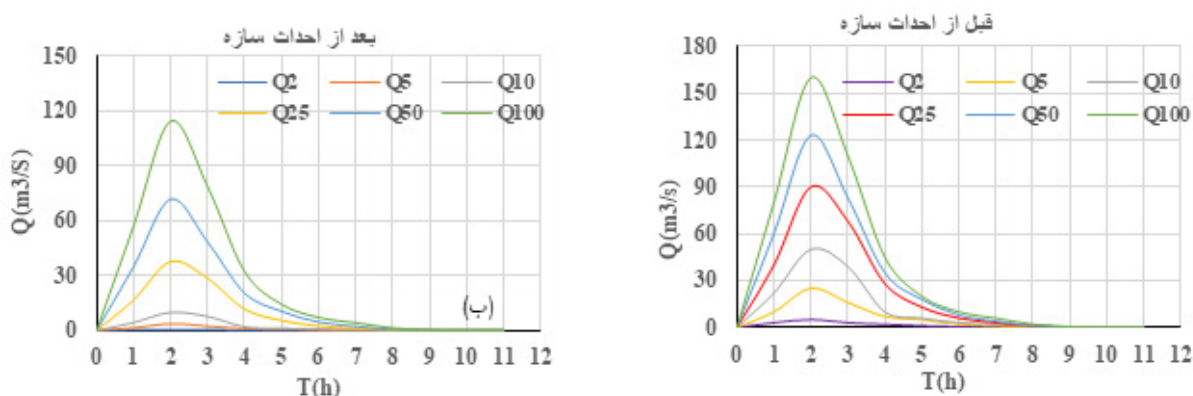
در جدول (۲) میزان کاهش پیک سیلاب خروجی از حوضه بعد از جانمایی بندهای گابیونی در حوضه ارائه شده است. ملاحظه می شود که احداث بندهای گابیونی تأخیری باعث کاهش ۲۸/۵ درصدی در سیلاب های با دوره برگشت ۱۰۰ ساله می شود. با مقایسه شکل های (۲-الف) و (۲-ب) ملاحظه می شود احداث بندهای گابیونی در حوضه آبریز رودخانه باعث کاهش دبی اوج سیلاب های با دوره بازگشت های مختلف شده است. این بندها، سیلاب های با دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰ ساله را تقریباً به طور کامل مهار می نمایند و با افزایش دوره بازگشت تأثیر آنها در کاهش و کنترل سیلاب کاهش می یابد. نتایج نشان داد با استفاده از سدهای گابیونی تأخیری میزان دبی خروجی از حوضه کبودکمر به شدت کاهش می یابد. اثر کاهش دبی پیک سیل ناشی از احداث سدهای تأخیری در حوضه برای سیلاب با دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب ۸۸/۴، ۸۵/۲، ۸۰/۴، ۵۸/۱۱، ۴۱/۷۸ و ۲۸/۲۵ درصد می باشد. هم چنین با افزایش دوره بازگشت سیل تأثیر این مخازن در کاهش سیلاب خروجی حوضه کاهش می یابد. بر اساس نتایج شبیه سازی تأثیر سازه ها بر کاهش دبی اوج به طور متوسط ۶۳/۷ درصد بود و همان گونه که نتایج شبیه سازی نشان می دهد با افزایش دوره بازگشت، تأثیر سازه ها بر کاهش دبی اوج، کاهش یافته است، به طوری که میزان تغییرات در دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ ساله از ۸۸ تا ۲۸ درصد بوده است. نتایج با مطالعات مور [۱۲] و قاضی محله [۴] و لوپز [۱۰] مطابقت دارد.

مدل سازی بارش رواناب: با استفاده از نقشه TIN حوضه و نرم افزار HEC-GEORAS منحنی تراز- حجم ذخیره هر یک از مخازن به دست آمد و برای روندیابی مخازن از منحنی تراز- حجم ذخیره استفاده شده است. پس از روندیابی سیلاب های با دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ ساله با استفاده از نرم افزار HEC-HMS نتایج میزان تأثیر مخازن تأخیری در کاهش سیلاب حوضه مورد مطالعه به دست آمده آمد. در این تحقیق از مدل بارش- رواناب HEC-HMS برای شبیه سازی سیلاب در دو حالت با مخزن و بدون مخزن تأخیری استفاده شده است. در آبراهه ۴ بند گابیونی در نظر گرفته شد. جهت خروجی سیلاب از مخزن، یک سرریز لبه پهن در نظر گرفته شده است که پارامترهای مورد نیاز جهت طراحی سرریز لبه پهن در HEC-HMS عبارت اند از: ضریب تخلیه سرریز و پهنای تاج. ابتدا با توجه به منحنی تراز- حجم ذخیره و پس از روندیابی سیلاب در مخازن و مشاهده بالاترین تراز ذخیره از کف مخزن، ارتفاع مخازن تعیین شده و سپس پهنای تاج به دست آمده آمد. ارتفاع سد با توجه به بیش ترین ارتفاع ذخیره از کف مخازن جهت سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و هم چنین در نظر گرفتن Freeboard مجاز تعیین گردید.

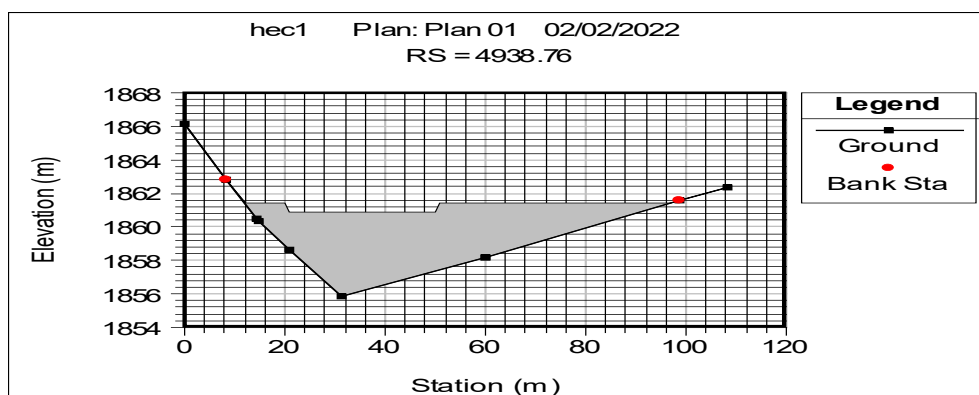
مدل سازی هیدرولیک جریان رودخانه: برای شبیه سازی هیدرولیک جریان رودخانه، اطلاعات رودخانه شامل داده های هندسی، هیدرولیکی و رسوبی به کار گرفته شد. در بخش هندسی ابتدا نقشه توپوگرافی مسیر رودخانه با مقیاس ۱:۲۰۰۰ با فاصله خطوط ۰/۵ متر تهیه شد. سپس از نقشه توپوگرافی مسیر، DEM و TIN از مسیر رودخانه تهیه شد. در بسته الحاقی HEC-GeoRAS در نرم افزار ArcMap، پلان عمومی رودخانه، تعداد ۱۹۵ مقطع عرضی در طول ۵ کیلومتر رودخانه تهیه و به مدل معرفی گردید. پس از تهیه مقاطع عرضی و برداشت فواصل سواحل چپ و راست کانال اصلی، اطلاعات مربوطه جهت معرفی هندسه رودخانه به مدل (HEC-RAS.5.0.3) معرفی شد. پس از اجرای مدل SMADA و انتخاب بهترین روش توزیع (لوگ پیرسون ۳) با استفاده از روش گشتاور محدود (L-Moment) مقادیر دبی لحظه ای سیلاب در این ایستگاه برای دوره بازگشت های محاسبه شد. دبی بیشینه لحظه ای متوسط با دوره بازگشت های مختلف نیز وارد مدل گردید. ضریب زبری مانینگ رودخانه با توجه به بازدیدها و جدول های معتبر

جدول ۲: مقایسه دبی اوج سیلاب خروجی از حوضه در شرایط وضع موجود و بعد از احداث بندهای گابیونی.

دور بازگشت	دبی قبل از احداث (مترمکعب بر ثانیه)	دبی بعد از احداث (مترمکعب بر ثانیه)	کاهش Δ	درصد کاهش دبی
۲	۵	۰/۵۸	۴/۴۲	۸۸/۴
۵	۲۵	۳/۷	۲۱/۳	۸۵/۲
۱۰	۵۰	۹/۸	۴۰/۲	۸۰/۴
۲۵	۹۰	۳۷/۷	۵۲/۳	۵۸/۱۱
۵۰	۱۲۳	۷۱/۶	۵۱/۴	۴۱/۷۸
۱۰۰	۱۶۰	۱۱۴/۸	۴۵/۲	۲۸/۲۵



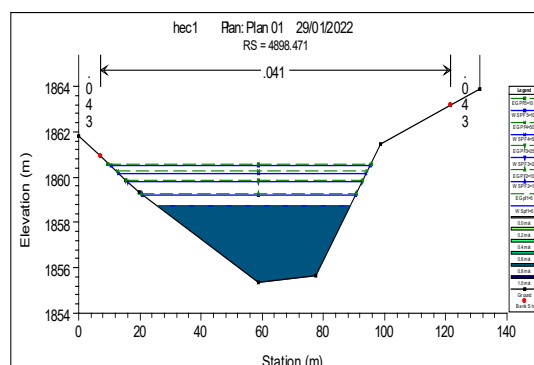
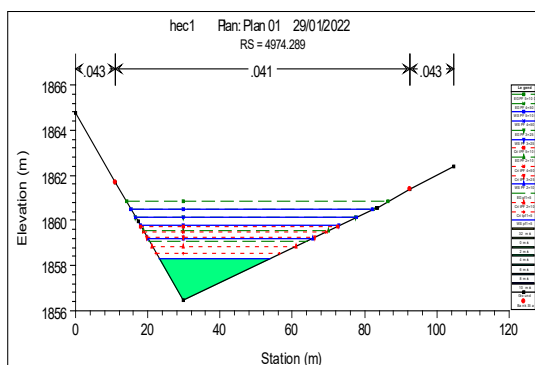
شکل ۲: هیدروگراف سیلاب خروجی با دوره بازگشت‌های مختلف، الف: قبل، ب: بعد از احداث سازه



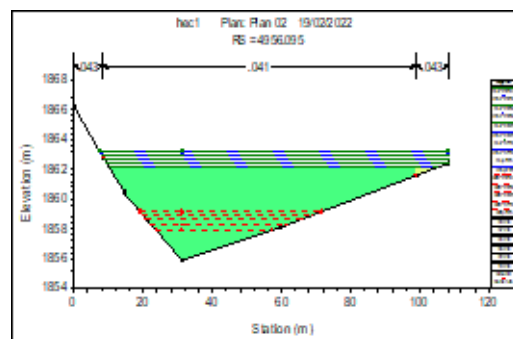
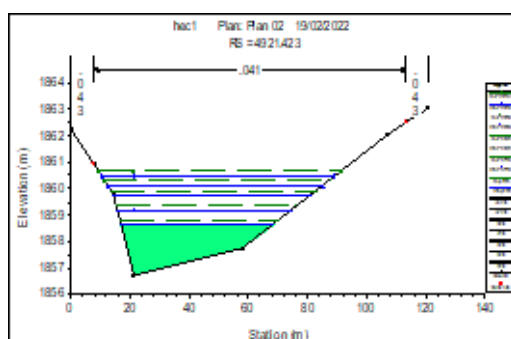
شکل ۳: نمونه‌ای از مقطع اصلی بند گابیونی

می‌باشد. افزایش عمق باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش فرسایش جداره و بستر رودخانه می‌شود. با دانستن اطلاعات مربوط به تراز سطح آب می‌توان به نوع پروفیل جریان پی برد. در مورد عدد فرود، عدد فرود یک، به عنوان شرایط رژیم بحرانی در نظر گرفته می‌شود. با این تفصیل که در ابتدای هر سازه‌ای، رژیم جریان قبل از رسیدن به سازه، حالت زیر بحرانی، روی آن حالت بحرانی و پس از آن حالت فوق بحرانی دارد. نقاطی که عدد فرود در آنجا بزرگ‌تر از یک می‌باشد بسیار مستعد فرسایش هستند. بنابراین در حالت ساماندهی شده نقاط بعد از سازه، دچار فرسایش می‌شوند. در حالت ساماندهی نشده، ممکن است این حالت وجود نداشته باشد

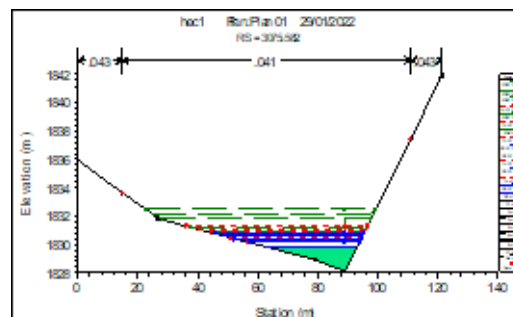
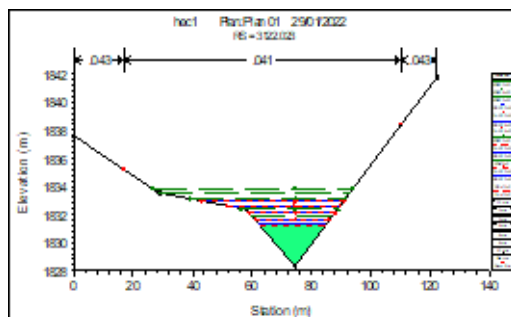
شکل (۳) نمونه‌ای از مقطع اصلی بند گابیونی را نشان می‌دهد. تغییرات سطح مقطع جریان قبل و پس از احداث بندهای در اشکال (۴) تا (۹) نشان می‌دهد. نقطه وسط عرض روگذر به عنوان مبدأ سنجش فاصله انتخاب می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود وجود مانع سبب افزایش شدید سطح مقطع جریان، قبل از روگذر یا همان بند گابیونی می‌شود. از دیگر پارامترهای مهم هیدرولیکی، عمق جریان آب در رودخانه می‌باشد. با افزایش عمق جریان آب در رودخانه، افزایش دبی تغییرات ناچیزی را در این عمق به وجود می‌آورد. با استفاده از بندهای گابیونی شیب سطح آب کاهش یافته و بالطبع برای انتقال همان دبی احتیاج به عمق جریان بیش‌تری



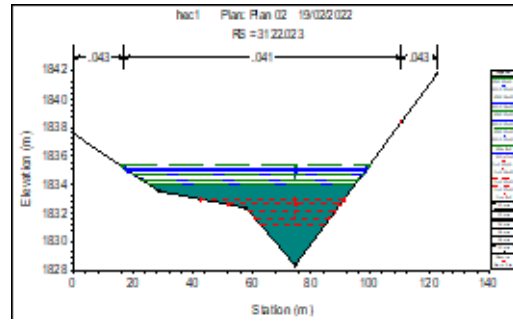
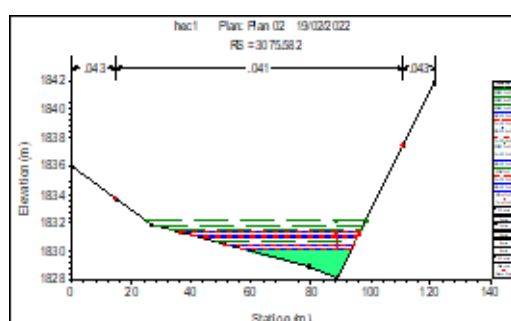
شکل ۴: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_2 قبل از احداث سازه



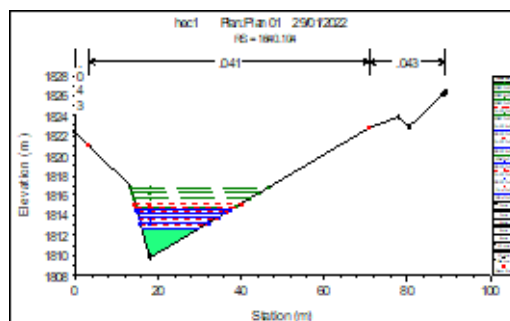
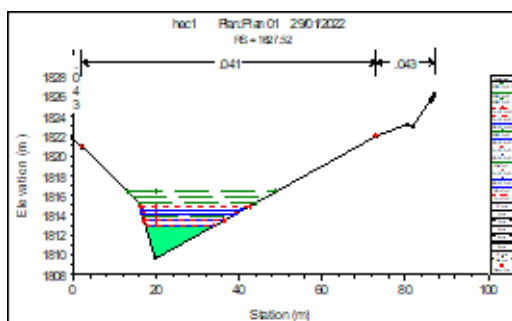
شکل ۵: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_2 بعد از احداث سازه



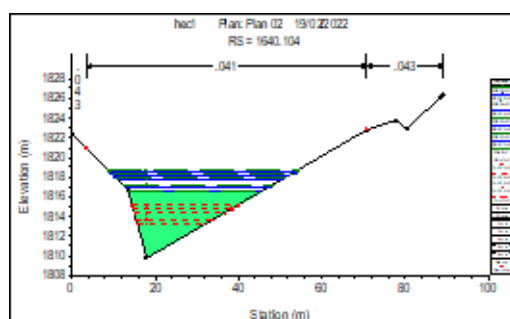
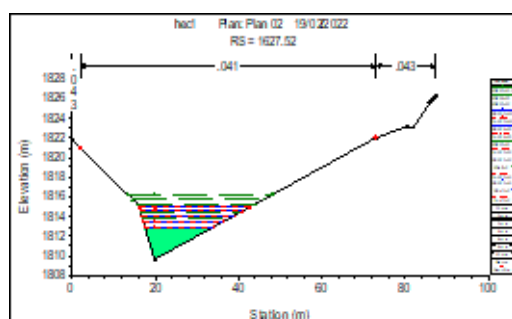
شکل ۶: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_3 قبل از احداث سازه



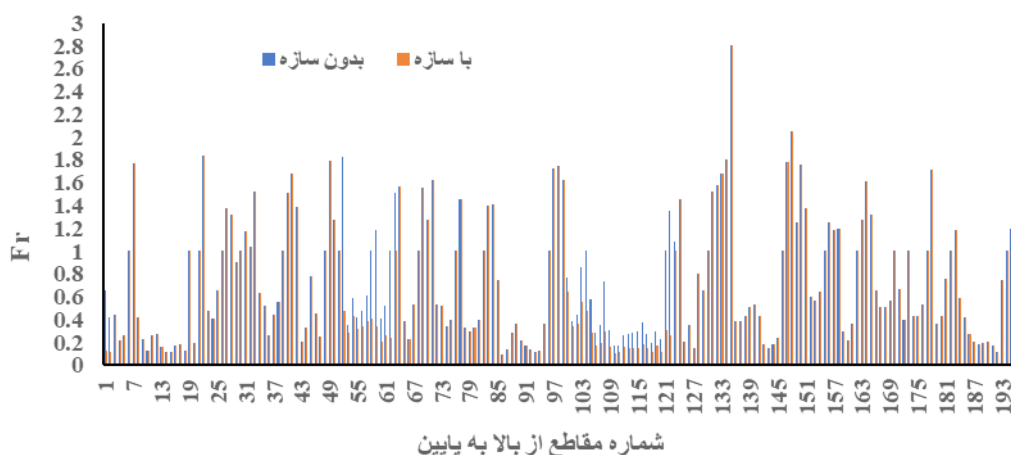
شکل ۷: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_3 بعد از احداث سازه



شکل ۸: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_4 قبل از احداث سازه



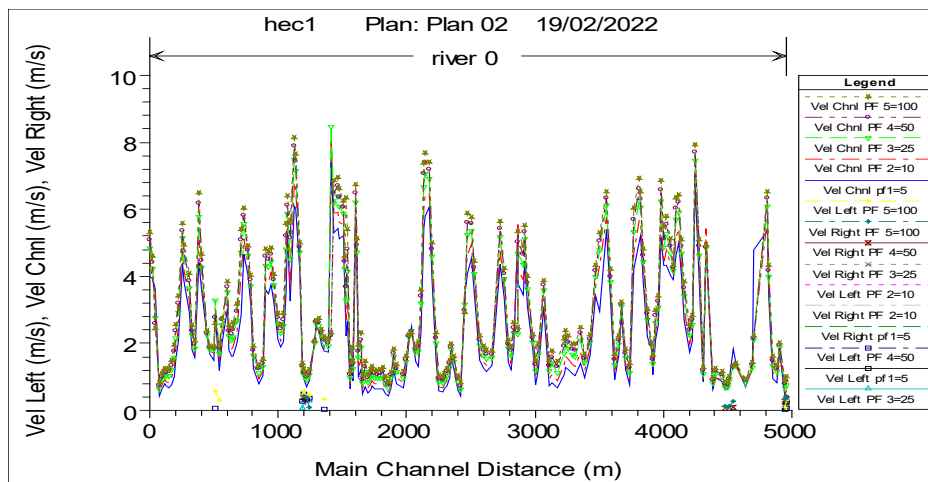
شکل ۹: مقطع عرضی جریان در بالا و پایین بند P_4 بعد از احداث سازه



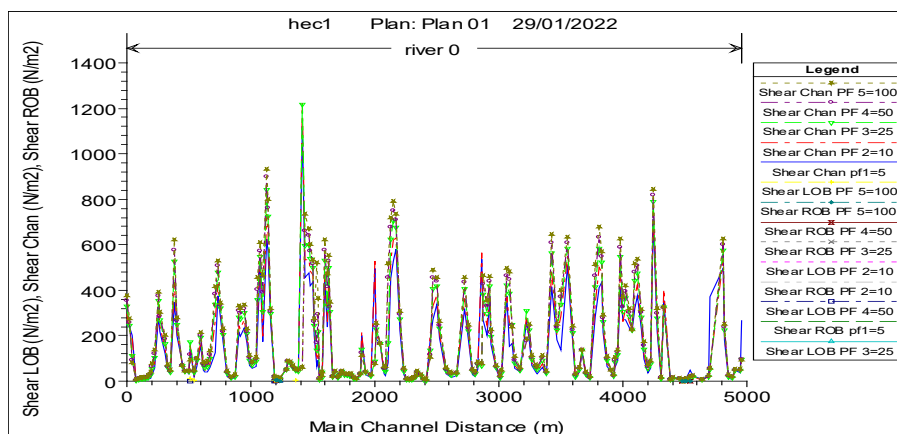
شکل ۱۰: تغییرات عدد فرود در طول مسیر جریان در دو حالت بدون سازه و با سازه

شکل‌های (۱۱) تا (۱۴) تغییرات سرعت، تنش برشی، عمق هیدرولیکی و قدرت جریان را نشان می‌دهند. همان‌طور که شکل‌ها نشان می‌دهند در حالت ایجاد سازه و انسدادی با نزدیک شدن جریان به بند، از سرعت جریان کاسته می‌شود درحالی‌که پس از عبور از روی بند، سرعت جریان به سرعت افزایش پیدا می‌کند. بنابراین در این حالت، فرسایش بعد از روگذر به شدت افزایش خواهد یافت. در حالت بدون بند، سرعت جریان قبل از رسیدن به مقطعی که در حالت انسداد دارای روگذر بود تقریباً ثابت است ولی پس از عبور از این مقطع سرعت جریان افزایش می‌یابد. بنابراین شاهد شدت فرسایش بیش‌تر بعد از مقطع مذکور نسبت به قبل از آن خواهیم بود. تغییرات سرعت در آبراهه به‌گونه‌ای است که با احداث سازه‌های

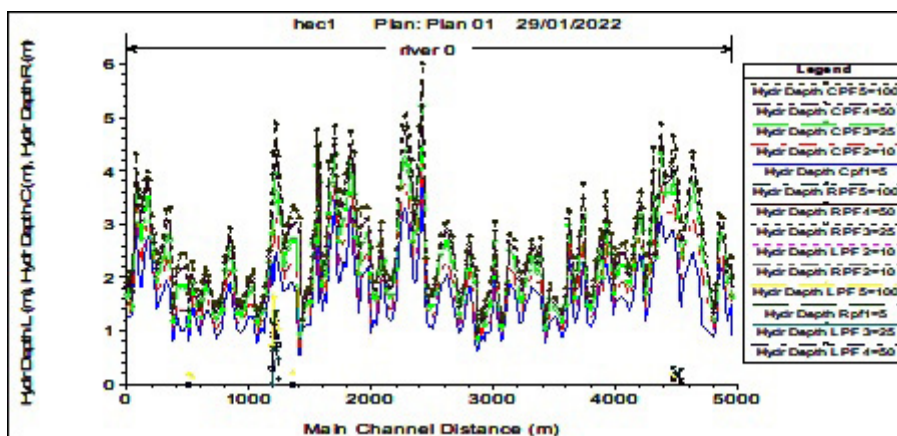
شکل (۱۰) تغییرات عدد فرود در طول مسیر جریان در دو حالت بدون سازه و با سازه را نشان می‌دهد. وجود مانع در مسیر جریان رودخانه، تغییر مکان روی منحنی انرژی مخصوص جریان را به دنبال خواهد داشت. شدت این تغییرات، وابستگی مستقیم به ارتفاع مانع دارد، به‌طوری‌که در بعضی مواقع منجر به تغییر رژیم جریان می‌شود. با توجه به شکل (۱۰)، در وضعیت انسدادی کانال، رژیم جریان قبل از روگذر حالت زیربحرانی و پس‌از آن فوق بحرانی خواهد داشت. در وضعیت غیر انسدادی کانال، رژیم جریان قبل از روگذر حالت بحرانی و از / نقطه بحرانی جریان در فاصله ابتدای آن وضعیت فوق بحرانی خواهد داشت. نقطه وسط عرض روگذر به‌عنوان مبدأ سنجش فاصله انتخاب می‌شود.



شکل ۱۱: تغییرات سرعت جریان در طول مسیر بعد از احداث سازه‌ها



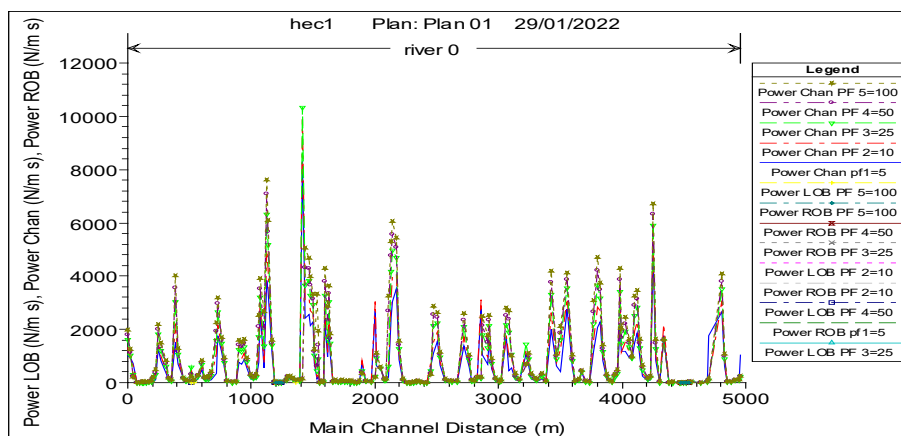
شکل ۱۲: تغییرات تنش برشی در طول مسیر مورد مطالعه



شکل ۱۳: تغییرات عمق هیدرولیکی در طول مسیر مورد مطالعه

جریان نشان داد با احداث سازه‌های بلندتر قدرت حمل رسوب آبراهه کم‌تر گردیده است و نه تنها خسارت کم‌تری به آبراهه وارد می‌گردد بلکه باعث می‌شود پشت سازه زودتر از رسوب پر شده و به شیب حد برسد. در مجموع با افزایش ارتفاع سازه‌ها تأثیر آن‌ها بر ویژگی‌های سیل بیش‌تر می‌شود و باعث کنترل بیش‌تر سیل می‌گردد.

بلندتر سرعت در طول آبراهه بیش‌تر کاهش می‌یابد که بیانگر قدرت فرسایش کم‌تر جریان در آبراهه است. هم‌چنین پارامتر تنش برشی که نشان‌دهنده میزان اصطکاک بین جریان و آبراهه است نیز نتایج سرعت را تأیید کرده و نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع سازه، تنش برشی کاهش می‌یابد. حاصل ضرب تنش برشی در سرعت جریان بیانگر قدرت حمل رسوب توسط جریان است که بررسی شرایط



شکل ۱۴: تغییرات قدرت جریان در طول مسیر مورد مطالعه

سیلاب، بهسازی ظرفیت انتقال رسوب و کاهش فرسایش دیواره‌ها، رونق کشاورزی و تولید انجام می‌شود. این کار مبنای مناسبی برای افزایش بهره‌برداری از مسیل‌ها را فراهم می‌آورد. افزایش بهره‌وری با اصلاح و تعدیل شیب و مسیر خشک‌رودها برای توسعه کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین با ذخیره و تأمین آب و انتقال آن به اراضی کشاورزی دامنه‌ها که بعضی رها شده‌اند، بنابراین در این پروژه با اعمال ساماندهی مسیل، ضمن اصلاح مسیر جریان و مهار سیل و فرسایش، هدف رونق کشاورزی، ایجاد اشتغال و تولید می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود متعاقب ساماندهی مسیل در منطقه و با در نظر گرفتن شرایط احیاء اراضی کشاورزی و تغییر در الگوی کشت، وضعیت اشتغال و معیشت مردم منطقه بهبود یابد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج شبیه‌سازی تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج به‌طور متوسط ۶۳/۷ درصد بود و همان‌گونه که نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد با افزایش دوره بازگشت، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج، کاهش یافته است، به‌طوری‌که میزان تغییرات در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله از ۸۸ تا ۲۸ درصد کاهش یافته است. با نتایج مطالعات مور [۱۲] و قاضی محله [۴] و لویز [۱۰] مطابقت دارد.

استفاده از بندهای گابیونی شیب سطح آب کاهش می‌یابد و بالطبع برای انتقال همان دبی احتیاج به عمق جریان بیش‌تری می‌باشد. افزایش عمق باعث کاهش سرعت و در نتیجه کاهش فرسایش جداره و بستر رودخانه می‌شود. با دانستن اطلاعات مربوط به تراز سطح آب می‌توان به نوع پروفیل جریان پی برد.

در مورد عدد فرود، در ابتدای هر سازه‌ای، رژیم جریان قبل از رسیدن به سازه، حالت زیر بحرانی، روی آن حالت بحرانی و پس‌از آن حالت فوق بحرانی دارد. نقاطی که عدد فرود در آنجا بزرگ تر از یک می‌باشد بسیار مستعد فرسایش هستند. بنابراین در حالت ساماندهی شده نقاط بعد از سازه، دچار فرسایش می‌شوند. در حالت ساماندهی نشده، ممکن است این حالت وجود نداشته باشد. بررسی عملکرد مخازن نشان داد که کارایی مخازن در کنترل سیلاب تنها به حجم

بر اساس اهداف ساخت این سازه‌ها، بررسی مکان مناسب احداث این بندها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. هم‌چنین ملاحظات بیش‌تری به جهت محاسبات پایداری سازه‌ها لازم می‌باشد. در مورد ارتفاع سازه‌های گابیونی، اگر هدف از احداث سازه‌ها تثبیت شیب آبراهه باشد، هر دو نوع بندهای کوتاه و بلند ممکن است اهداف طرح را برآورده کند. در مواردی که کنترل رسوب و انباشت رسوبات در پشت‌بندها مدنظر باشد، بندهای با ارتفاع بلند کارایی بیش‌تری خواهند داشت. در بعضی مواقع می‌توان با افزایش ارتفاع مفید سازه‌های اصلاحی، حجم سیلاب و رسوب ذخیره‌شده را افزایش داد. این امر می‌تواند موجب افزایش زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیلاب به نحو مؤثرتری شود. به‌طور کلی اقدامات ساماندهی در این مکان‌ها پیشنهاد می‌گردد. برای ساماندهی رودخانه‌ها و خشک‌رودها باید مطالعات فنی دقیقی صورت گیرد.

توصیه ترویجی

اگر هدف از احداث سازه‌های اصلاحی تثبیت شیب آبراهه باشد، هر دو نوع بندهای کوتاه و بلند ممکن است اهداف طرح را برآورده کند. در مواردی که کنترل رسوب و انباشت رسوبات در پشت بندها مدنظر باشد، بندهای با ارتفاع بلند کارایی بیش‌تری خواهند داشت. لذا توجه به این موضوع که سازه‌های احداث‌شده در این حوضه عمدتاً کوتاه هستند، می‌توان اظهار کرد که با افزایش ارتفاع مفید سازه‌های اصلاحی، حجم سیلاب و رسوب ذخیره‌شده افزایش یابد که این امر می‌تواند موجب افزایش زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیلاب به نحو مؤثرتری شود. هم‌چنین به دلیل سیلاب‌های واریزه‌ای در محل احداث سازه‌ها و پر شدن مخزن ذخیره این سدها از رسوب، کارایی این سازه‌ها کاهش یافته است؛ بنابراین با بازسازی مجدد و تخلیه رسوب این سازه‌ها تا حد زیادی موجب بالا رفتن کارایی این سدها می‌شود؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت که با افزایش تعداد سازه‌های اصلاحی و رعایت فاصله مناسب بین این سازه‌ها، بتوان به نحو مطلوب‌تری موجب افزایش زمان تمرکز حوضه و کاهش دبی اوج سیلاب شد. در ساماندهی رودخانه اهداف مختلفی در نظر گرفته می‌شود. اهدافی مانند اصلاح مسیر رودخانه به‌منظور افزایش ایمنی در برابر

Resources, Gorgan, 14. (In Persian).

9. Kabusi, K. and Jalini R. 2015. Investigation of performance indicators and the role of delay reservoirs in the control of flood exiting the basin (case study: Jafarabad basin, Golestan province). Protection of water and soil resources. 5(4): 35-46. (In Persian).

10. Lopez- Moreno, J.I., Begueria, S. and Garcia-Ruiz, J.M. 2002. Influence of the Yesa reservoir on floods of the Aragon River, central Spanish Pyrenees. Hydrology and earth System Sciences, 6(4): 753-762.

11. Magilligan, F.J. and Nislow, K.H. 2005. Changes in hydrologic regime by dams, Geomorphology 71:61-78.

12. Moore, C.M. 1969. Effects of small structures on peak flow in: effects of watershed changes on stream flow. Texas Press: 101-117.

13. Mostafazadeh, R. 2017. Simulation of the hydrological effects of corrective structures in order to evaluate the scenarios of flood control structures in the Jaafarabad watershed of Golestan province. Master's thesis in watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences. (In Persian).

14. Nadimi, N., Zahtabian, G. and Malekian, A. 2012. Evaluating the role of watershed biological measures on flood reduction (case study: Yingje watershed). Journal of Watershed Research, Research and Construction, 96: 97-107. (In Persian).

15. Parsa Mehr, M. R. 2000. Investigating the efficiency of the correctional structure in collecting sediment, a case study of Ghaz watershed in Kordkoi city. Master's thesis of Watershed Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (In Persian).

16. Rogani, M. 2013. Investigating the role of water and soil protection structures in the control and storage of runoff (a case study in Haidari watershed). Watershed researches (research and development), 96: 36-44. (In Persian).

17. Rogani, M., Tabatabai, S. M. R. and Shadfar, P. 2010. Evaluation of flood control operations and introduction of a method for determining flood control structures. Watershed Science and Engineering, 13: 51-60, Iran. (In Persian).

18. Roshani, R. 2003. Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Kan case study in Iran). Thesis submitted to the I.T.C institute for the degree of Master of Science, 54 pp.

19. Yoshikawa, N., Nagao, N. and Misawa, S. 2010. Evaluation of the flood mitigation effect of a Paddy Field Dam project. Agricultural Water Management, 97(2): 259 -270.

مخزن بستگی ندارد، بلکه مشخصات ژئومتری مخزن و سرریز نیز بر آن تأثیرگذار است.

این پژوهش مستخرج از طرح ملی "بررسی و تعیین الگوی مناسب ساماندهی خشک‌رودهای منتخب استان مرکزی، حوزه آبخیز کبودکمر" مصوب با شماره پروژه ملی ۹۹۰۳۱۵-۹۹-۰۱۵-۲۹-۶۱ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور می‌باشد.

منابع

1. Bani Habib, MA., Jamali, FA. 2014. Determining the approach to flood control for an urban river, the third national conference on flood management and engineering (In Persian).

2. Chazegi, J., Sohaili, A., Niazi, Y. and Jahanbakhshi, F. 2016. Locating and prioritizing suitable areas for the construction of corrective stone mesh dams using the ANP model (Study area of Targ watershed). Extension and Development of Watershed Management. 5(19): 11-18.

3. Dasturani, M.T., Yousefi, M., Soltani, M. and Pourshariati, R. 2013. Investigating the effect of sediment dams in reducing the flood discharge of watersheds (case study: Yazd Monshad watershed). Proceedings of the 8th National Watershed Science and Engineering Conference, May 27 and 28, Lorestan University, p9 (In Persian).

4. Ghazi mahale, M.A., Najafinejad, A. and Nora, N. 2014. Investigating the performance of Nokandeh multi-purpose structure in Golestan province in flood control with HEC-HMS model. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Volume 15, Number 1. (In Persian).

5. Gul, G.O., Harmancioglu, N. and Gul, A. 2010. A combined hydrologic and hydraulic modeling approach for testing efficiency of structural flood control measures. Natural Hazards, 54: 245-260.

6. Jamshidi, R. 2015. Investigating the effect of flood control structures on reducing flood peaks in urban catchments. Master's thesis in watershed management, Mazandaran University (In Persian).

7. Jamshidi, R., Shokohi, A. and Mamizadeh, M. 2008. Optimizing the location of the delay dam using the area of the upstream basin. The 4th National Congress of Civil Engineering (In Persian).

8. Kabir, A., Najafinejad, A., Hemetzadeh, Y. and Korkinejad, M. 2007. Investigating the construction of corrective dams on concentration time (Case study: Rudbar-Qashlaq watershed, Golestan province, Journal of Agricultural Sciences and Natural



Abstract

Effect of Gabion Dam Construction on Peak Discharge and Hydraulic Characteristics of River FlowA. Moradinejad^{1*}, A.K. Davodirad¹, O. Akhondi²

Received: 2023/07/08 Accepted: 2023/08/26

Erosion and sediment transport is an important river phenomenon and is very important for river engineering and management projects. The morphological changes that occur due to the construction of cross structures in the flow path are the response of the river to establishing a balance between erosion and sedimentation. Therefore, the reaction of the river should be evaluated before any structure is built along the river. In the current study, the hydraulic conditions of the river in a 5 km long path from the Kabudkamer River in Zarand Saveh in Central Province before and after the construction of hydraulic structures in the flow path were modeled using the geometric data of 200 cross sections in the HEC-RAS software. Hydraulic parameters such as water level, water surface width, flow velocity, bed shear stress, Froude number, hydraulic depth, and velocity were evaluated before and after device construction. The results showed that in the case of creating a structure and obstruction, the flow speed decreases as the flow approaches the dam, while after passing over the dam, the flow speed increases. Therefore, in this case, the erosion will increase after the overpass. In the absence of a barrier, the flow speed was almost constant before reaching the section with an overpass in the blocked state, but after passing this section, the flow speed increased. The construction of gabion dams in river basins has reduced the peak flow of floods with different return periods. As the return period increases, their effect on the reduction and control of floods decreases.

Keywords: Blue back, Flood, Flow modeling, River.

1. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.

2. The head of the watershed department of the General Department of Natural Resources of Markazi Province.

*Corresponding Author's E-mail (amir_24619@yahoo.com)