

مقدمه

امروزه استفاده نامناسب و بی‌رویه از منابع خاک و آب سبب بر هم خوردن تعادل زیستی گردیده است. تخریب این منابع، بحران‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را در پی دارد [۱۳]. ذرات خاک که تحت تأثیر فرآیندهای فرسایش آبی قرار می‌گیرند، از طریق دره‌ها و آبکندها به رودخانه اصلی راه یافته، از حوزه آبخیز خارج می‌شوند [۱۶]. ذرات منتقله از خاک بالادست در کنار آن که پس‌رفت خاک حوزه آبخیز را به دنبال دارد، با رسوب‌گذاری در سطح کشت‌زارها، مخازن و کانال‌های انتقال آب پیامدهای برون‌منطقه‌ای را نیز موجب می‌شوند. جلوگیری از فرسایش خاک زمین‌های بالادست، راه‌کار پیش‌گیرانه برای جلوگیری از پس‌رفت خاک در حوزه آبخیز است. جلوگیری از خروج ذرات فرسایش‌یافته از زمین‌های بالادست، گام بعدی برای کاهش اثرات برون‌منطقه‌ای فرسایش خاک است [۱۴]. تولید رسوب در حوزه آبخیز در کنار عواملی که بر مقدار فرسایش خاک در اراضی مختلف حوزه آبخیز اثر دارند، تحت تأثیر ویژگی‌های ریخت‌شناسی حوضه مانند مساحت، شکل و وضعیت آبراهه‌ها است [۱۴]. امروزه یکی از روش‌های حفظ منابع خاکی و به تبع آن کاهش تولید رسوب اجرای طرح‌های آبخیزداری است [۱۳]. برای کاهش تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز، اجرای روش‌های مناسب مهار رسوب و حفاظت خاک ضروری است [۱۲]. لازمه اجرای روش مناسب برای حفاظت خاک، شناسایی نوع و منابع رسوب و سهم هر یک از این منابع در تولید رسوب است [۷]. بندهای اصلاحی^۴ ابزاری مناسب برای مطالعات حجم و دانه‌بندی رسوب و عوامل مؤثر بر آن هستند [۱۴]. این بندها یکی از روش‌های مناسب برای کاهش رسوب در حوزه‌های آبخیز هستند که به صورت دیواری به‌طور متوالی در امتداد آبراهه‌های فعال ساخته می‌شوند. با اندازه‌گیری و بررسی رسوبات پشت بندهای اصلاحی در حوزه‌های آبخیز کوچک می‌توان به مقدار رسوب و نوع ذرات فرسایش یافته پی‌برد [۱۷]. این سازه‌ها علاوه بر جلوگیری از فرسایش بستر آبراهه، با ترسیب ذرات مختلف رسوب به ویژه ذرات درشت، سبب اصلاح نیم‌رخ طولی آبراهه‌ها می‌شوند [۹]. این بندها همچنین با اصلاح نیم‌رخ طولی آبراهه، سبب افزایش ذخیره رطوبتی در رسوبات پشت بندها شده و

تأثیر بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی بر دانه‌بندی رسوبات انباشته در حوزه آبخیز رزین کرمانشاه

کامبیز رستمی^۱، علی‌رضا واعظی^۲ و سیدحمیدرضا صادقی^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۰

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر ۱۱ بند سنگی توری و پنج بند سنگی ملاتی در حوزه آبخیز رزین واقع در شمال شهر کرمانشاه بر رسوب‌گیری ذرات فرسایش یافته بود. در رسوبات پشت بندهای سنگی توری مقدار شن رسوب یافته نسبت به خاک حوزه ۴۰/۶۷ درصد بیش‌تر بود ولی مقدار سنگ‌ریزه، سیلت و رس به ترتیب ۱۴/۳۷، ۵۶/۵۵ و ۶۹/۹۳ درصد کم‌تر بود. در رسوبات پشت بندهای سنگی ملاتی مقدار سنگ‌ریزه با ۱۸/۸۹ درصد نسبت به خاک حوزه کم‌تر بود ولی مقدار شن، سیلت و رس به ترتیب با ۵/۹۸، ۱۹ و ۲۳/۳۹ درصد بیش‌تر از خاک حوزه بود. بندهای سنگی توری در تله‌اندازی ذرات شن کارآمدتر بودند. در حالی که بندهای سنگی ملاتی نقش مؤثری در ترسیب ذرات سیلت و رس داشتند. بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی واقع در بالادست حوزه آبخیز نسبت به بندهای پایین‌دست دارای درصد سنگ‌ریزه و شن بیشتر ولی سیلت و رس کم‌تری بودند. درصد ذرات سیلت و رس برخلاف درصد ذرات شن از ابتدای منطقه رسوب‌گذاری تا پشت بدنه بند افزایش می‌یابد. این پژوهش نشان داد در انتخاب نوع بند، بررسی دانه‌بندی خاک حوزه آبخیز ضروری است و تلفیق هر دو نوع بند می‌تواند راه‌کار مناسبی در ترسیب بیش‌تر رسوبات حوزه آبخیز باشد.

کلیدواژه‌ها: بندهای سنگی توری، بندهای سنگی ملاتی، دانه‌بندی ذرات رسوب، منطقه رسوب‌گذاری.

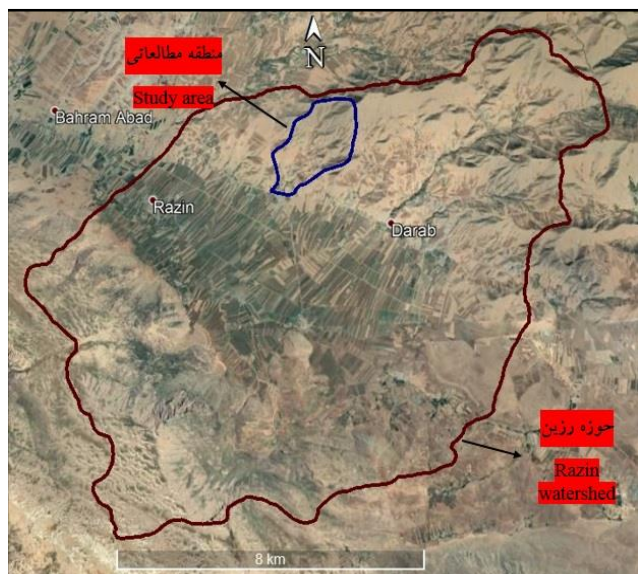
۱- دانش‌آموخته دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
۲- نویسنده مسئول و استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. پست الکترونیک: vaezi.alireza@gmail.com
۳- استاد گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

در رسوب‌گیری ذرات معدنی خاک بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در قسمتی از حوزه آبخیز رزین، واقع در شمال شهر کرمانشاه انجام گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی از حوزه رزین و منطقه مطالعاتی

Fig 1. A view of the razineh watershed and study area

این بخش از حوزه با متوسط ارتفاع ۱۵۹۳ متر از سطح دریا و مساحت ۴۷۸/۹ هکتار بین طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۰۶ دقیقه و ۱۷ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۰۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی و عرض‌های ۳۴ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵۵ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۴۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی قرار دارد. میانگین دمای سالیانه هوا ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۵۸۸/۵ میلی‌متر بود. این حوزه آبخیز دارای دو کاربری غالب شامل کشاورزی (۴۴/۷۸ درصد) و مرتع (۴۷/۴۲ درصد) است. بندهای موجود در این حوزه شامل بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی است. این بندها فعال بوده و در سال ۱۳۹۱ توسط اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه (معاونت آبخیزداری) مورد بهره‌برداری قرار گرفت. تعداد ۱۶ بند اصلاحی شامل ۱۱ بند توری سنگی و پنج بند سنگی ملاتی (ملات سیمان) در سطح حوزه آبخیز انتخاب شد (جدول ۱).

متوسط ارتفاع بندهای سنگی توری ۴ متر و بندهای سنگی ملاتی ۴/۵ متر و متوسط طول سرریز آن‌ها به ترتیب ۶ و ۹/۵ متر بود. با استفاده از نرم افزار ArcMap و تصویر مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه، مکان قرارگیری بندهای سنگی توری (حروف G1 تا G11) و بندهای سنگی ملاتی (حروف S1 تا S5) در زیر حوزه مطالعاتی استخراج گردید. به ترتیب بندهای G1، G2، G3، G5 و G6 در

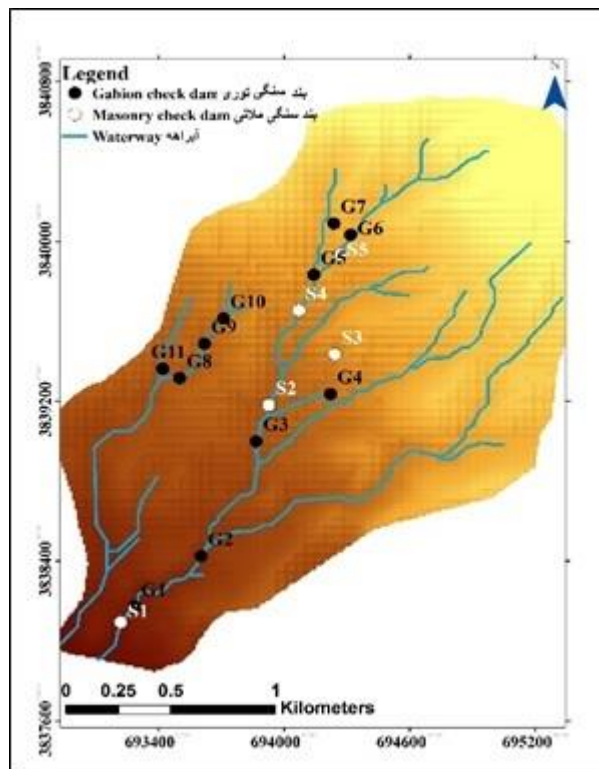
شرایط را برای انجام عملیات زیستی فراهم می‌نمایند [۵]. در سال‌های اخیر، بندهای اصلاحی در سطح گسترده‌ای در طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری در ایران مورد استفاده قرار گرفته تا علاوه بر حفظ خاک و آب، در تغذیه آبخوان‌ها، مهار جریان‌های سیلابی و پیشگیری از خسارات ناشی از رسوب‌گذاری در اراضی پایین مؤثر واقع گردند [۲]. لی و همکاران [۱۰] در پژوهشی در حوزه رودخانه زرد چین به بررسی تعداد بندهای اصلاحی بر مقدار رواناب و رسوب خروجی از حوزه آبخیز پرداختند. نتایج نشان داد تعداد بندها تأثیر مستقیمی بر کاهش میزان رواناب و رسوب تولید شده دارند. موری و همکاران [۱۱] در پژوهشی واقع در حوزه رودخانه کوتاکی ژاپن به بررسی میزان و قطر رسوبات ته‌نشست شده در پشت بندهای رسوب‌گیر متوالی پرداختند. نتایج نشان داد توزیع رسوبات در پشت این بندها متفاوت است، به نحوی که رسوبات درشت‌دانه در بندهای بالادست ته‌نشست می‌شوند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که بندهای اصلاحی بیش‌ترین تأثیر را در مهار رسوبات درشت‌دانه به ویژه در بندهای بالایی دارند [۲]. تأثیر این سازه‌های حفاظتی در مهار رسوب در مناطق مختلف متفاوت بوده، تحت تأثیر شرایط حوزه آبخیز است. دبیری و همکاران [۸] با مطالعه نقش بندهای اصلاحی در کنترل رسوب حوزه آبخیز اقلید استان فارس به این نتیجه رسیدند که بندهای واقع در مناطق با سازندهای حساس به فرسایش در زمان کم‌تری از رسوب می‌شوند و نقش مؤثری در مهار رسوب دارند و با اجرای طرح‌های زیستی و عملیات تعمیر و نگهداری بند می‌توان در حفظ رسوبات در پشت بندها اقدام نمود. از بندهای اصلاحی می‌توان به بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی^۱ اشاره کرد. هدف از احداث بندهای سنگی توری، تثبیت شیب آبراهه و مهار فرسایش بستر و رسوب ذرات حاصل از فرسایش بالادست است [۱]. بندهای سنگی توری به دلیل تراوایی بیش‌تر، نقش مهمی در رسوب ذرات درشت‌دانه داشته در حالی که ذرات ریزتر غالباً از منافذ بند عبور می‌کنند [۱۵ و ۳]. بنابراین بندهای سنگی توری تنها در مورد بار کف آبراهه و برای نگه‌داشت ذراتی مانند شن و قلوه‌سنگ تأثیر دارند و برای کاهش بار معلق آبراهه کارایی زیادی ندارند. بندهای سنگی ملاتی نسبت به بندهای سنگی توری به دلیل تراوایی کم‌تر، نقش مهم‌تری در رسوب ذرات ریزتر دارند [۱۵]. تأثیر این بندها به نوبه خود به فاصله بندها از هم بستگی دارد [۱۸]. تاکنون تأثیر بندهای سنگی ملاتی و سنگی توری در رسوب‌گیری ذرات معدنی خاک در حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار نگرفته است. اهمیت این موضوع در حوزه‌های آبخیز حاوی کاربری‌های زراعی و مرتعی به دلیل شدت تولید رسوب بیش‌تر است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر این دو نوع بند در تله‌اندازی ذرات رسوب و ترسیب رسوبات در فواصل مختلف در پشت بندها و نیز نقش توالی بندها

1. Gabion check dams
2. Masonry check dams

3. Digital elevation model (DEM)

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی بندهای مورد مطالعه
Table 1. Geographical location of the studied dams

ارتفاع Height	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	علامت اختصاری Symbol	نام بند Name of dam
1504	3838172	693286	G1	سنگی توری gabion check dams
1528	3838424	693604	G2	//
1559	3838999	693867	G3	//
1589	3839236	694221	G4	//
1622	3839833	694142	G5	//
1647	3840033	694318	G6	//
1648	3840090	694237	G7	//
4563	3839315	693620	G8	//
1575	3839488	693662	G9	//
1689	3839614	693711	G10	//
1563	3839362	693421	G11	//
1501	3838093	693221	S1	سنگی ملاتی Masonry check dams
1566	3839180	693927	S2	//
1586	3839435	694242	S3	//
1605	3839655	694071	S4	//
1634	3839934	694268	S5	//



شکل ۲- موقعیت بندها در زیر حوزه مطالعاتی

Fig 2. The position of the dam in the study area

بر روی آبراهه اصلی قرار دارند و بند S3 نیز بر روی آبراهه جانبی واقع گردیده است (شکل ۲).
نمونه برداری رسوب
نمونه برداری از رسوب و خاک حوزه آبخیز در سال ۱۳۹۶ انجام

توالی هم و بر روی یک آبراهه اصلی و بندهای G8، G9 و G10 نیز در توالی هم و بر روی آبراهه اصلی دیگر واقع شده اند. بندهای G4، G7 و G11 نیز هر کدام در بالاترین مکان از آبراهه های جانبی احداث گردیده اند. بندهای S1، S2 و S3 در توالی با بندهای سنگی توری

هر بند، دانه‌بندی ذرات رسوب در فواصل مختلف از بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی بررسی و تغییرات دانه‌بندی آن نسبت به نمونه خاک حوزه آبخیز بررسی شد.

تحلیل داده‌ها

در این پژوهش برای نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها به روش هیستوگرام و با تحلیل چولگی و کشیدگی داده‌ها مورد آزمون قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد. برای بررسی تفاوت دانه‌بندی ذرات در خاک حوزه نیز پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی نسبت به خاک حوزه آبخیز از آزمون t استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از برنامه Excel 2013 و برای رسم منحنی دانه‌بندی از برنامه نرم‌افزاری GRADISTAT [۴] استفاده شد.

نتایج

دانه‌بندی خاک بالادست و رسوب پشت بندها

نمونه‌های خاک حوزه آبخیز از دو طرف و بالادست بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی برداشت گردید. میانگین بافت نمونه‌های خاک اطراف بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی لوم شنی بود. نتایج آماری نشان داد بین مقدار ذرات سنگ‌ریزه در نمونه‌های خاک حوزه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بین مقادیر ذرات وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ذرات خاک حوزه آبخیز نشان داد که ذرات سنگ‌ریزه با میانگین ۴۳/۶۱ درصد نسبت به شن با میانگین (۳۰/۹۷ درصد)، سیلت (۲۱/۱۳ درصد) و رس (۴/۲۹ درصد) بیش‌ترین ذره بود. به ترتیب مقدار سنگ‌ریزه و شن در رسوبات پشت بندهای سنگی توری با میانگین ۳۷/۳۳ و ۵۲/۲ درصد بیش‌تر از مقدار سنگ‌ریزه و شن با ۳۵/۳۷ و ۳۰/۹۷ درصد در رسوبات پشت بندهای سنگی ملاتی بود. تمرکز بالای رسوبات درشت دانه در پشت بندهای سنگی توری نشان از وضعیت زهکشی آن‌ها دارد به طوری که با توجه به نوع ساختار بند در تله اندازی ذرات درشت‌تر نقش

گرفت. نمونه‌هایی از خاک حوزه آبخیز از دو طرف و بالادست هر بند از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برداشت گردید. نمونه‌برداری رسوب در پشت هر بند از رسوباتی که طی سال‌ها انباشته شده بود از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری و از ابتدا، وسط و انتهای بخش رسوب‌گذاری صورت گرفت (شکل ۳).



شکل ۳- نمایی از مکان رسوب‌گذاری در پشت بند

Fig 3. A view of the deposition site on the behind the dam

در نمونه‌های رسوب درصد ذرات شن (۲-۰/۰۵ میلی‌متر)، سیلت (۰/۰۵-۰/۰۲ میلی‌متر) و رس (<۰/۰۰۲) به روش هیدرومتری [۵] تعیین شد. دانه‌بندی ذرات شن در محدوده ذرات به قطر ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱، ۰/۰۷۵ و ۰/۰۵۳ میلی‌متر از طریق الک‌های مربوطه و شستشوی ذرات روی هر الک اندازه‌گیری شد. دانه‌بندی بخش سنگی (سنگ‌ریزه و قلوه‌سنگ) با جداسازی ذرات بزرگتر از ۲ میلی‌متر به وسیله الک‌های مربوطه به روش وزنی اندازه‌گیری شد. منحنی دانه‌بندی ذرات رسوب پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی رسم و با هم مقایسه شد. مقدار رسوب‌گذاری پشت

جدول ۲- مقایسه دانه‌بندی ذرات سنگ‌ریزه، شن، سیلت و رس در نمونه‌های خاک حوزه آبخیز

Table 2. Comparison of particle size distribution of gravel, sand, silt and clay particles in watershed soil samples

دانه‌بندی ذرات در نمونه‌های خاک حوزه آبخیز بندهای سنگی توری

Particle size distribution in soil samples of the watershed of masonry check damed

منبع تغییرات	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Source of variation	Mean	Standard deviation	Degree of freedom	Significant
سنگ‌ریزه Gravel	43.50	10.95	5	0.99
شن Sand	31.47	6.13	5	1.00
سیلت Silt	20.83	8.11	5	1.00
رس Clay	4.20	3.19	5	0.99

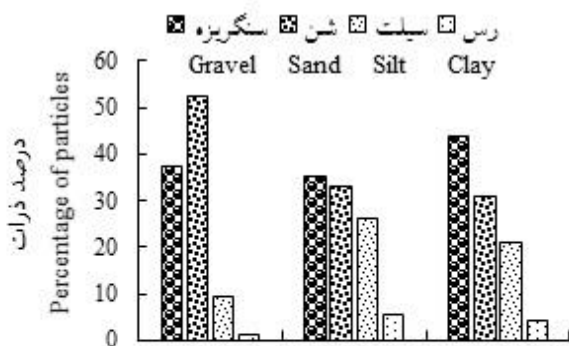
دانه‌بندی ذرات در نمونه‌های خاک حوزه آبخیز بندهای سنگی توری

Particle size distribution in soil samples of the watershed of gabion check damed

منبع تغییرات	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Source of variation	Mean	Standard deviation	Degree of freedom	Significant
سنگ‌ریزه Gravel	43.72	12.69	11	0.99
شن Sand	30.47	9.14	11	1.00
سیلت Silt	21.43	6.39	11	1.00
رس Clay	4.37	4.61	11	0.99

پشت بندهای سنگی توری بیشتر رسوب کرده و ذرات سیلت و رس بیشتری در رسوبات پشت سنگی ملاتی انباشت گردیده‌اند. بنابراین بندهای سنگی توری کارآمدی بیشتری در انباشت ذرات درشت دارند. این نتایج تأییدی بر یافته‌های عباسی مبنی بر انباشت بیشتر ذرات درشت در پشت بندهای سنگی توری بود [۱]. نتایج بررسی تفاوت دانه‌بندی نمونه‌های رسوب پشت بندهای سنگی توری با نمونه‌های خاک حوزه آبخیز نشان داد بجز ذرات سنگ‌ریزه مقدار شن، سیلت و رس دارای اختلاف معنی‌داری است ولی ذرات رسوب پشت بندهای سنگی ملاتی با نمونه‌های خاک حوزه آبخیز اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). در بندهای سنگی توری مقدار سنگ‌ریزه در خاک حوزه بیشتر از مقدار آن در رسوبات بندهای میانه و پایین‌دست آبراهه بود ولی از مقدار سنگ‌ریزه بندهای بالادست کم‌تر بود. در بندهای سنگی توری

بیش‌تری را ایفا می‌کنند که با نتایج موری و همکاران مبنی بر انباشت ذرات درشت دانه در پشت بندهای سنگی توری مطابق بود [۱۱]. میانگین مقدار سیلت با ۲۶/۰۹ درصد و مقدار رس با ۵/۶ درصد در رسوبات پشت بندهای سنگی ملاتی بیشتر از مقدار سیلت با ۹/۱۸ درصد و مقدار رس با ۱/۳ درصد در رسوبات پشت بندهای سنگی توری بود (شکل ۴). بنابراین می‌توان گفت در رسوبات هر دو بند، تجمع ذرات در اندازه سنگ‌ریزه و شن مقدار قابل توجهی از حجم رسوب را شامل می‌شود. مقدار سنگ‌ریزه در خاک حوزه از مقدار آن در رسوبات هر دو بند بیشتر بود. چگال‌تر بودن ذرات سنگ‌ریزه نسبت به سایر ذرات سبب انتقال کمتر آن‌ها از طریق رواناب گردیده است. جریان‌های حاصل از رواناب سبب انتقال بیشتر ذرات کوچک‌تر از سنگ‌ریزه شده است. به طوری که با توجه به ساختمان بندهای سنگی توری نسبت به سنگی ملاتی، ذرات شن در



شکل ۴- مقایسه ذرات رسوب در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی با خاک حوزه آبخیز

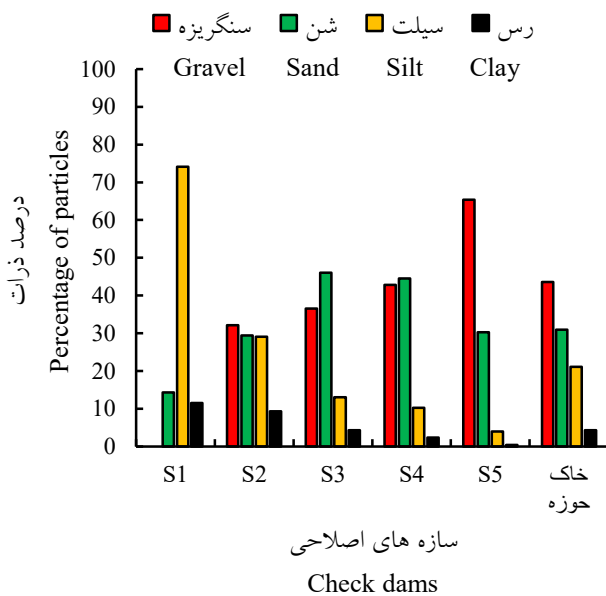
Fig 4. Comparison of sediment particles behind gabion and masonry check dams with watershed soil

جدول ۳- مقایسه دانه‌بندی ذرات سنگ‌ریزه، شن، سیلت و رس در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی با خاک حوزه آبخیز

Table 3. Comparison of particle size distribution of gravel, sand, silt and clay particles behind gabion and masonry check dams with watershed soil

مقایسه دانه‌بندی رسوب پشت بندهای سنگی توری با خاک حوزه آبخیز					مقایسه دانه‌بندی رسوب پشت بندهای سنگی ملاتی با خاک حوزه آبخیز				
Comparison particle size distribution of sediment behind the masonry check dams with watershed soil					Comparison particle size distribution of sediment behind the gabion check dams with watershed soil				
منبع تغییرات	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	منبع تغییرات	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Source of variation	Mean	Standard deviation	Degree of freedom	Significant	Source of variation	Mean	Standard deviation	Degree of freedom	Significant
سنگ‌ریزه Gravel	35.37	23.54	5	0.66	سنگ‌ریزه Gravel	37.33	17.68	11	0.64
شن Sand	32.93	12.95	5	0.85	شن Sand	52.20	14.79	11	0.07*
سیلت Silt	26.09	28.39	5	0.82	سیلت Silt	9.17	6.96	11	0.04*
رس Clay	5.60	4.7	5	0.56	رس Clay	1.28	0.76	11	0.01**

به ترتیب ** و *، نشان دهنده تأثیر معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.



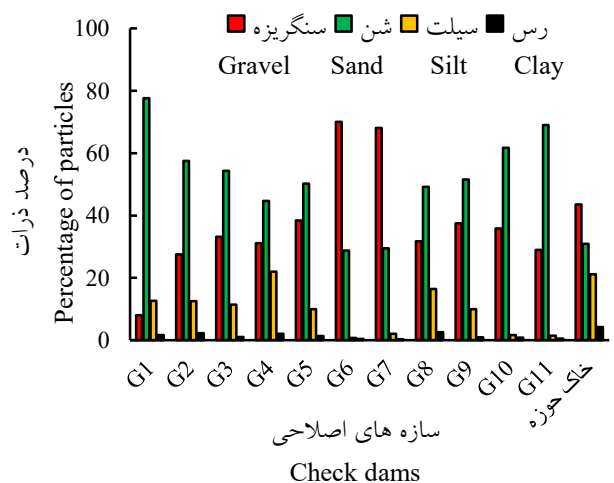
شکل ۶- مقایسه ذرات رسوب در پشت بندهای سنگی ملاتی با خاک حوزه آبخیز

Fig 6. Comparison of sediment particles behind masonry check dams with watershed soil

بندهای سنگی ملاتی واقع در بالادست آبراهه دارای مقدار سنگریزه بیشتری نسبت به بندهای میانه و پایین دست آبراهه بودند. به طوری که آخرین بند واقع در پایین دست آبراهه فاقد ذرات سنگریزه بود. به ترتیب بندهای S1، S2، S3، S4، S5 دارای ۶۵/۳۶، ۴۲/۸۰، ۳۶/۵۵، ۲۹/۴۲ و صفر درصد سنگریزه بودند. بجز بند S5 سایر بندها مقدار سنگریزه کمتری نسبت به خاک حوزه داشتند. مقدار شن در بندهای سنگی ملاتی واقع در بالادست آبراهه بیشتر از بندهای پایین دست بوده ولی مقدار سیلت و رس کمتری داشتند. به طوری که بندهای S1 و S2 که در پایین دست آبراهه احداث گردیده اند دارای تمرکز بالایی از ذرات سیلت و رس در رسوبات پشت خود بوده که از مقدار این ذرات در خاک دامنه نیز بیشتر بود. بنابراین با توجه به نمودار شکل ۶ می توان گفت کیفیت ذرات رسوب در پشت بندهای سنگی ملاتی نسبت به بندهای سنگی توری از مقدار این ذرات در خاک حوزه آبخیز بیشتر پیروی می کند که مطابق یافته های اسدزاده و صمدی مبنی بر شباهت بیشتر رسوبات انباشت شده در پشت بندهای سنگی ملاتی با خاک حوزه آبخیز بود [۳]. شکل ۷ نسبت مقدار ذرات سنگریزه، شن، سیلت و رس در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی نسبت به خاک حوزه آبخیز را نشان می دهد.

نسبت مقدار سنگریزه در رسوبات پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی نسبت به مقدار سنگریزه در خاک حوزه آبخیز به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۱ بود. این نسبت نشان دهنده تغییرات کم سنگریزه در پشت این نوع بندها است و از طرفی انتقال آن ها با توجه به چگالی

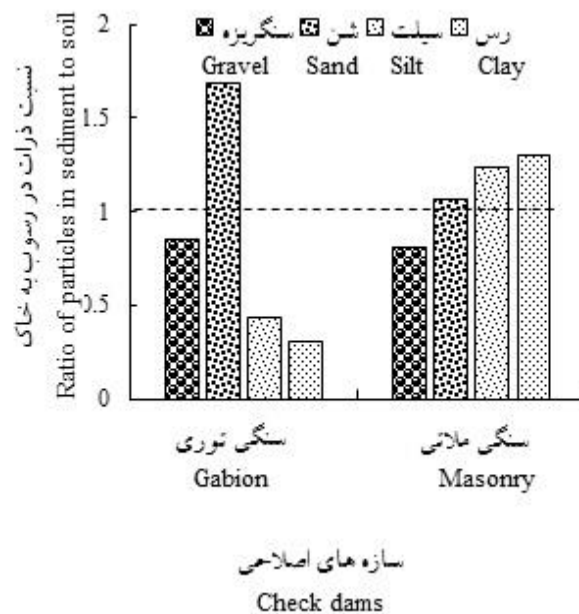
مقدار سنگریزه در رسوبات بندهای بالاتر آبراهه بیشتر بوده و در بندهای پایین تر از تجمع آن کاسته می شود. بندهای G6، G7 و G10 که در بالاترین محل از دو آبراهه احداث گردیده اند دارای سنگریزه بیشتری بوده و بندهای که در میانه آبراهه احداث شده اند مانند G4، G5 و G9 دارای مقدار سنگریزه کمتری نسبت به بندهای بالادست خود بوده ولی نسبت به بندهای پایین دست مانند G1، G2، G3 و G11 دارای سنگریزه بیشتری بودند. ساختار ویژه بندهای سنگی توری در عبور ندادن ذرات بزرگ سبب تمرکز بیشتر این ذرات در رسوبات بندهای بالادست گردیده است که مطابق یافته های موری و همکاران بود [۱۱]. قسمت عمده ای از ذرات کوچکتر از سنگریزه از منافذ بندهای سنگی توری بالادست عبور کرده و در رسوب بندهای پایین دست انباشت گردیده اند. به طوری که بندهای که در بالاترین محل از آبراهه احداث گردیده اند (G6، G7 و G10) به ترتیب نسبت به بندهایی که در میانه (G4، G5 و G9) و پایین دست آبراهه (G1، G2، G3 و G11) احداث شده اند دارای شن، سیلت و رس کمتری بودند. اگر چه تأثیر فرایندهای خاک سازی در طول آبراهه شیب دار بر نوع رسوب انباشت شده در پشت بندها را نمی توان نادیده گرفت لیکن نقش توالی بندهای سنگی توری در دانه بندی رسوبات تجمع یافته در پشت آنها بارزتر است (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه ذرات رسوب در پشت بندهای سنگی توری با خاک حوزه آبخیز

Fig 5. Comparison of sediment particles behind gabion check dams with watershed soil

بر خلاف بندهای سنگی توری در رسوبات پشت بندهای سنگی ملاتی مقدار قابل توجهی از ذرات کوچکتر از شن در پشت آنها انباشت گردیده است (شکل ۶).



شکل ۷- نسبت ذرات شن، سیلت و رس در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی به مقادیر متناظر در خاک حوزه آبخیز
 Fig 7. The Ratio of sand, silt and clay particles behind gabion and masonry check dams to the corresponding values in the watershed soil

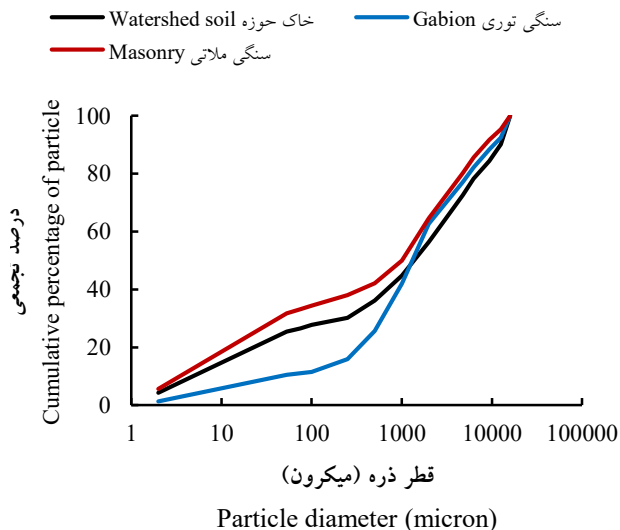
در مقایسه با بندهای سنگی توری کم تر بود. برخلاف روند توزیع سنگریزه در فواصل مختلف از بندها، مقدار ذرات شن، سیلت و رس در فواصل نزدیک به بندها افزایش و با فاصله گرفتن از بند کاهش می یابد (شکل ۸). در بندهای سنگی توری میزان تجمع ذرات شن در ابتدا، میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری به ترتیب ۱/۵۴، ۱/۷۵ و ۱/۷۶ و در بندهای سنگی ملاتی به ترتیب ۱/۱۱، ۱/۱۳ و ۰/۹۵ برابر خاک حوزه آبخیز بود. بنابراین در فواصل مختلف بندهای سنگی توری در مقایسه با بندهای سنگی ملاتی مقدار تجمع شن بیشتر بود. مقدار سیلت در فواصل مختلف از بند توری سنگی با نزدیک شدن به بند روند افزایشی را نشان داد. به طوری که مقدار سیلت در ابتدا، میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۳۲ و ۰/۷۴ و برای بندهای سنگی ملاتی به ترتیب ۰/۸۹، ۱/۰۸ و ۱/۷۲ برابر خاک حوزه آبخیز بود. بنابراین مقدار سیلت در فواصل مختلف رسوبات بندهای سنگی توری نسبت به سنگی ملاتی کم تر بود. زهکشی کم تر بندهای سنگی ملاتی عاملی در افزایش مقدار سیلت در رسوبات پشت این بندها نسبت به بندهای سنگی توری و خاک حوزه آبخیز محسوب می شود. در بندهای سنگی توری مقدار رس با نزدیک شدن به انتهای مسیر رسوب گذاری روند افزایشی را نشان می دهد و مقدار رس رسوب یافته به رس خاک حوزه آبخیز به ترتیب در ابتدا، میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری برابر ۰/۱۳، ۰/۲۶ و ۰/۵۱ بود. در بندهای سنگی ملاتی مقدار رس نسبت به خاک حوزه به ترتیب در ابتدا، میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری برابر ۱/۰۸، ۱/۳۲ و ۱/۵۳ بود.

بیشتر در پشت هر دو نوع سازه کمتر است. نسبت مقدار شن در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی به خاک حوزه به ترتیب برابر ۱/۶۹ و ۱/۰۶ بود. بنابراین می توان گفت به دلیل تخلخل بیش تر بدنه بندهای سنگی توری نقش آن ها نسبت به بندهای سنگی ملاتی در ترسیب ذرات شن بیشتر است. مقدار سیلت و رس در پشت بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی نسبت به خاک حوزه آبخیز به مراتب کم تر است؛ به طوری که در بندهای سنگی توری به ترتیب برابر ۰/۴۳ و ۰/۳ و در بندهای سنگی ملاتی نیز به ترتیب برابر ۱/۲۳ و ۱/۳۱ بود. بنابراین در پشت بندهای سنگی ملاتی تجمع ذرات سیلت و به ویژه رس بیش تر از بندهای سنگی توری است. وجود وضعیت نفوذپذیری کم بندهای سنگی ملاتی عامل اصلی رسوب این ذرات در پشت بند است. بنابراین می توان به نقش این بندها در مهار بیش تر رسوبات در محدوده سیلت و رس در مقایسه با بند سنگی توری اشاره نمود که با نتایج واعظی و همکاران مبنی بر انباشت بیشتر ذرات کوچکتر از شن در پشت بندهای سنگی ملاتی در مقایسه با بندهای سنگی توری مطابقت داشت [۱۴].

توزیع ذرات رسوب در فواصل مختلف از بندها

در بندهای سنگی توری بیش ترین درصد ذرات سنگریزه در رسوب (۶۶/۶۲) در ابتدای منطقه رسوب گذاری و به ترتیب در میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری ۳۷/۷۷ و ۲۷/۵۹ بود. روند تغییرات میزان سنگریزه در ابتدا، میانه و انتهای منطقه رسوب گذاری بندهای سنگی ملاتی به ترتیب ۴۲/۲۰، ۳۶/۳۶ و ۲۷/۶۲ درصد بود. میزان تجمع ذرات سنگریزه در فواصل مختلف از بندهای سنگی ملاتی

عبور سریع جریان آب در طول مسیر آبراهه می‌شوند.



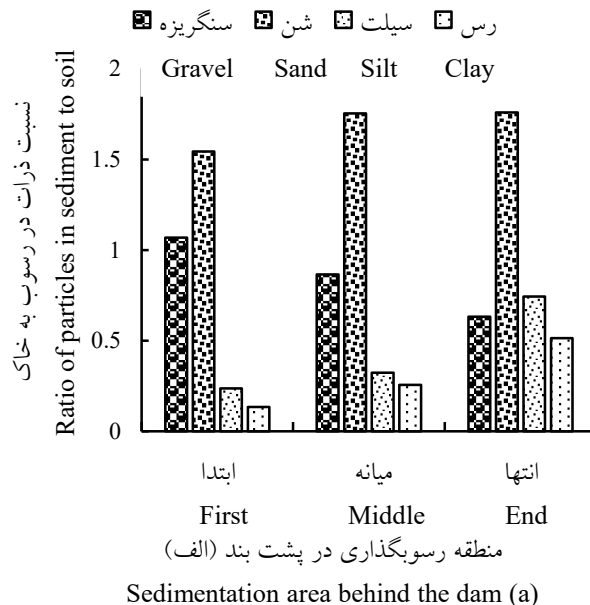
شکل ۹- نمودار لگاریتمی دانه‌بندی ذرات رسوب در محدوده شن، سیلت و رس در پشت بندهای سنگی توری، سنگی ملاتی و خاک حوزه آبخیز

Fig 9. Logarithmic diagram of particle size distribution of sediment in the range of sand, silt and clay behind the gabion and masonry check dams and the watershed soil

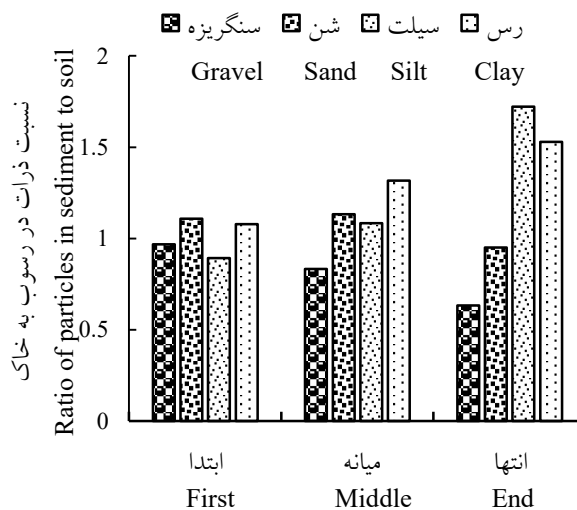
دانه‌بندی ذرات شن در بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی

دانه‌بندی ذرات ته نشست شده در محدوده سنگ‌ریزه، شن، سیلت و رس در رسوبات پشت بند توری سنگی و سنگی ملاتی در شکل ۹ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد در رسوبات پشت هر دو بند بیش‌ترین ذرات شن ته نشین شده مربوط به ذرات در محدوده قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر و کم‌ترین ذرات شن رسوب کرده دارای قطر ۰/۰۷۵ میلی‌متر و کوچک‌تر بود. نتایج اندازه‌گیری مقدار ذرات در خاک حوزه آبخیز نشان داد ذرات شن در محدوده ۱ تا ۲ میلی‌متر در خاک حوزه آبخیز بیش‌تر از سایر ذرات بوده و از طرفی ذرات با قطر ۰/۰۷۵ میلی‌متر و کوچکتر، از سایر ذرات کم‌تر بود. بنابراین نوع ذره شن رسوب یافته از مقدار همان ذره در خاک حوزه آبخیز تبعیت می‌کند. از سویی توزیع ذرات رسوب در بندهای سنگی ملاتی نسبت به بندهای توری سنگی به توزیع این ذرات در نمونه خاک حوزه آبخیز نزدیک‌تر بوده و گویای مشابهت بیش‌تر ذرات رسوب در پشت این بندها نسبت به خاک حوزه آبخیز است. که با نتایج اسدزاده و صمدی [۳] موافق بود. بنابراین می‌توان گفت بندهای سنگی توری برخلاف سنگی ملاتی به دلیل وضعیت زهکشی بند، نقش مهمی در رسوب ذرات درشت داشته در حالی که ذرات ریزتر از شن از منافذ بند عبور می‌کنند که با نتایج ولازکولنا [۱۵] روی تأثیر بندهای سنگی توری بر ترسیب رسوبات در شرق مکزیکو موافق بود.



Sedimentation area behind the dam (a)



شکل ۸- توزیع مقدار شن، سیلت و رس نسبت به خاک حوزه آبخیز در فواصل مختلف از (الف) بندهای سنگی توری و (ب) سنگی ملاتی
Fig 8. Distribution of sand, silt and clay at different distances from a) gabion and b) masonry check dams to the watershed soil

بنابراین مقدار رس تجمع یافته در فواصل مختلف از بندهای سنگی ملاتی به دلیل ساختار و نفوذپذیری این بندها بیشتر از بندهای سنگی توری و خاک حوزه آبخیز بود که با یافته‌های بومینو و همکاران مبنی بر کارایی بیش‌تر بندهای سنگی ملاتی در انباشت ذرات کوچک‌تر از شن مطابق بود [۵]. تغییرات میزان سیلت و رس در فواصل مختلف از بندهای سنگی ملاتی در مقایسه با بندهای سنگی توری علاوه بر نوع ساختمان بندها که در ترسیب ذرات نقش دارند می‌تواند به دلیل تمرکز بیش‌تر جریان‌های آبی در نزدیک بندهای سنگی ملاتی باشد که برخلاف بندهای سنگی توری مانع از

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد بندهای سنگی توری و سنگی ملاتی عملکرد متفاوتی در ترسیب ذرات معدنی دارند. با توجه به یکسان بودن بافت خاک در عرصه آبخیز مورد مطالعه می توان گفت تغییرات رسوب بیشتر تحت تأثیر نوع بند و توالی آن ها قرار دارد. به طوری که بندهای سنگی توری توانایی بیشتری در ترسیب ذرات شن داشته در حالی که بندهای سنگی ملاتی در رسوب دهی ذرات کوچک تر از شن (سیلت و رس) نقش مهم تری دارند. در فواصل مختلف از بندها، ترکیب رسوب دست خوش تغییر است؛ به طوری که در فاصله نزدیک به بند سنگی ملاتی مقدار سیلت و رس از سنگ ریزه و شن بیش تر بوده و خواص رسوب بیش تر تحت تأثیر این دو ذره است و با فاصله گرفتن از بند مقدار سنگ ریزه و شن غالب می شوند. در پشت بندهای سنگی توری در طول مسیر رسوب گذاری مقدار شن غالب بوده و خصوصیات رسوب را تحت تأثیر قرار داده است. احداث بندهای سنگی توری با توجه به وضعیت بافت خاک اراضی بالادست بندها از اهمیت بالایی برخوردار است. از سویی با توجه به عبور ذرات ریز تر از شن از منافذ بندهای سنگی توری وجود بندهای سنگی ملاتی در پایین دست بندهای سنگی توری در رسوب دهی ذرات ریز مؤثر است. بنابراین جهت ترسیب ذرات معدنی و کاهش آلودگی آب های سطحی در پایین دست حوزه، به کارگیری هر دو نوع بند در آبراهه ها (بندهای سنگی توری در بالادست آبراهه و بندهای سنگی ملاتی در پایین دست)، راه کار مناسبی در ترسیب بیش تر مواد فرسایش یافته در حوزه آبخیز است.

منابع

1. Abbasi, A.A. 2012. Field investigation and presentation a new formula for determination of threshold slope at the upstream of check dams. *Journal of Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 6(19): 1-6. (In Persian)
2. Abedini, M., Said, M.A.M. and Ahmad, F. 2012. Effectiveness of check dam to control soil erosion in a tropical catchment (The Ulu Kinta Basin). *Catena* 97: 63-70.
3. Asadzadeh, F. and Samadi, A. 2016. Analysis of physicochemical properties of sediments trapped in successive check dams. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 47(2): 293-306. (In Persian)
4. Blott, S.J. and Pey, K. 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediment. *Earth Surface Processes and Landforms*. 26(11): 1237-1248.
5. Bombino, G., Tamburino, V. and Zimbone, S.M. 2006. Assessment of check dams on riparian vegetation in the Mediterranean environment: a methodological approach and example application. *Ecological Engineering*. 27: 134-44.
6. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Gron*. 54: 464-465
7. Chen, F., Fang, N. and Shi, Z. 2016. Using biomarkers as fingerprint properties to identify sediment sources in a small catchment. *Science of the Total Environment*. 1: 557-558.
8. Daberi, S.S., Sofi, M. and Talebedokhti, N. 2013. Investigating the function of check dams on sediment control (case study: watersheds of eghlid, marvdasht & mamasani regions of fars Province). *Journal Water Engineering*. 6 (18): 1-22. (In Persian)
9. Getahun, M.M., Keesstra, S.D., Stroosnijder, L., Baartman, J.E.M. and Maroulis, J. 2015. Soil conservation through sediment trapping: a review. *Land Degradation and Development*. 26: 544-556.
10. Li, E., Mu, X., Zhao, G., Gao, P. and Sun, P. 2016. Effects of check dams on runoff and sediment load in a semi-arid river basin of the yellow river. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 31: 1-13.
11. Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Vladimir, B., Shiiba, M., Hori, T., Shinoda, S. and Oki, T. 2013. Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical, hydraulic experiment to model river-bed variation. *Catena*. 104: 174-185.
12. Patrick Laceby, J., McMahon, J., Evrard, O. and Olley, J. 2015. A comparison of geological and statistical approaches to element selection for sediment fingerprinting. *Journal of Soils and Sediments*. 15: 2117- 2131.
13. Rahimi, I., Seyedian, S.M., Rouhani, H. and Ahmadi, R. 2019. Check dam suitable locations for erosion control using hierarchical analysis process. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*. 33(9:1): 1-26.
14. Vaezi, A.R., Abbasi, M., Keesstra, S. and Cerdà, A. 2017. Assessment of soil particle erodibility and sediment trapping using check dams in small semi-arid catchments. *Catena*. 157: 227-240.
15. Velázquez-Luna, L., Ventura-Ramos, E. and David Revuelta-Acosta, J. 2016. Effectiveness of gabions dams on sediment retention: a case study. *Journal of Environmental Science and Engineering A*. 5: 516-521.
16. Wang, L. and Shi, Z.H. 2015. Size selectivity of eroded sediment associated with soil texture on steep slopes. *Soil Science Society of America Journal*. 79: 917-929.
17. Yanhong, W., Zhong, H., Yujin, J., Guangju, Z. and Xingmin, M. 2016. Sediment yield deduction from check-dams deposition in the weathered sandstone watershed on the north loess plateau, china. *Land Degradation and Development*. 28(1): 217-231.
18. Zare Bidaki, R. and ghanbari, A. 2015. Evaluating group efficiency of check-dams using analytical hierarchy process (AHP). *Journal of Iran-Watershed Management Science and Engineering*. 9(28): 1-10. (In Persian)

The Effect of Gabion and Masonry Check Dams on Aggregation of Deposited Sediments in Razin Watershed, Kermanshah, Iran

K. Rostami¹, A.R. Vaezi² and S.H.R. Sadeghi³

Received: 25-12-2019 Accepted: 29-04-2020

Abstract

The purpose of this study was investigating the effect of eleven gabion and five masonry dams on trapping eroded particles in the razin watershed located north of Kermanshah township. The frequency of sand particles increased by 40.67 percent and the percentage of gravel, silt and clay particles decreased by 14.37, 56.55 and 69.93 percent in sediments behind the gabion dams as compared to the watershed soil, respectively. The frequency of gravel particles decreased by 18.89 percent and the percentage of sand, silt and clay particles increased by 5.98, 19 and 23.39 percent in sediments behind the masonry dams as compared to the watershed soil, respectively. Gabion check dams were more useful in trapping sand particles, while the masonry check dams showed more efficiency in trapping silt and clay particles. Gabion and masonry check dams upstream of the watershed had more sand and less silt and clay than the lower dams. Percentage of silt and clay particles increased, unlike the percentage of sand particles, from the beginning of the sedimentation area to the back of the dam. This study showed that in selecting the dam type, it is necessary to investigate the particles size distribution of watershed soil and the combination of the two dam types can be more effective in trapping sediment in the watershed.

Keywords: *Gabion check dams, Masonry check dams, Particle sediment aggregation, Sedimentation area*

1. Ph.D Graduated in Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

2. Corresponding Author and Professor at Department of soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan.

Email: vaezi.alireza@gmail.com

3. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.