بررسی اثرات برداشت شن و ماسه بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی رسوبات بستر (مطالعه موردی: رودخانه زارم رود، استان مازندران)

سید حسین روشن[۱*]، قربان وهاب‌زاده[۱]، کریم سلیمانی[۱] و عبدالواحد خالدی درویشان[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵)

چکیده

برداشت شن و ماسه از بستر بسیاری از رودخانه‌های کشور منجر به تغییرات مورفولوژیکی، هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی آنها شده است. پژوهش حاضر به بررسی تأثیرات برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه برروی ویژگی‌های رسوب‌شناسی رسوبات بستر رودخانه زارم رود واقع در استان مازندران می‌پردازد. بدین‌منظور با تعیین چهار مقطع قبل و چهار مقطع بعد از مکان برداشت، نمونه‌برداری از رسوبات بستر به‌روش ترکیبی و در چند کرت معین در عرض رودخانه انجام و سپس ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات از جمله قطرهای بزرگ (a)، متوسط (b) و کوچک (c)، گردشدگی (R_c)، فاکتور شکل (S_f)، قطر ظاهری (D)، کرویت (S) و نسبت پهنی (W) در آزمایشگاه اندازه‌گیری و در محیط نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات آماره‌های رسوبی a، b، c، S_f، D، S و W در مقاطع قبل و بعد از مکان برداشت دارای اختلاف معنی‌داری است ولی آماره R_c اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. کاهش قطرهای سه گانه رسوبی بعد از محل برداشت ناشی از شکستگی رسوبات در محل برداشت بوده به‌طوری که کرویت ذرات نیز در این محل کاهش یافته است. عامل گردشدگی رسوبات بعد از مکان برداشت تا فاصله ۶۰۰ متری از مکان برداشت دارای روندی کاهشی است و سپس افزایش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: برداشت شن و ماسه، روش ترکیبی، ریخت سنجی رسوبات، استان مازندران

۱.گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: H.Roshun@stu.sanru.ac.ir

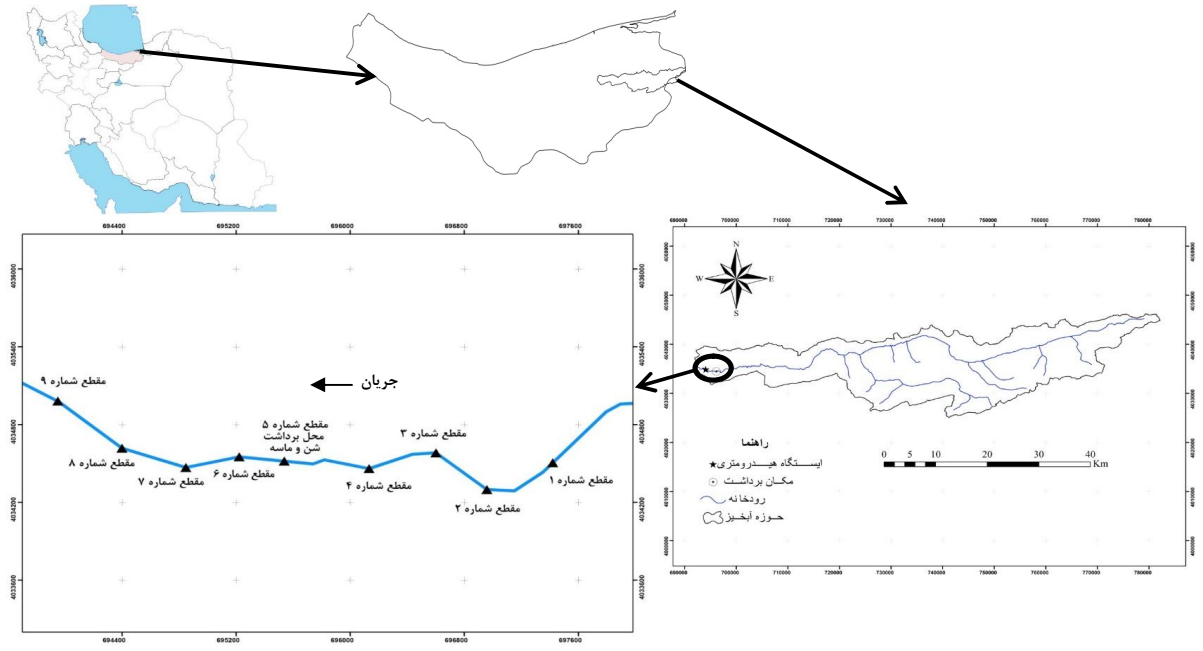
مقدمه

امروزه در سراسر جهان و از جمله در کشورمان، انواع مصالح رودخانه‌ای شامل شن و ماسه، قلوه سنگ و مصالح ریز دانه در زندگی بشر و به ویژه در فعالیت‌های عمرانی و صنعتی کاربردهای مختلفی پیدا کرده است و روزانه هزاران تن از انواع این مصالح از بستر و کناره‌های رودخانه‌های مختلف کشور حفاری و برداشت می‌گردد. مصالح بستر رودخانه به عنوان یک منبع مهم برای احداث ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر طرح‌های عمرانی و صنعتی همواره مورد توجه بوده است (۱۵). شن و ماسه رودخانه‌ای که در معرض انتقال ممتد در آب بوده، منابع مطلوبی از مصالح می‌باشند، زیرا مواد ضعیف و سست آنها توسط فرآیند سایش حذف گردیده و شن و ماسه بادوام، گرد شده و با دانه‌بندی مناسب به جا مانده است (۲۷). این رسوبات در سامانه رودخانه می‌توانند دستخوش تغییرات مورفومتری شود (۵) که مهم‌ترین عوامل این تغییرات عملیات برداشت شن و ماسه از رودخانه می‌باشد. اشرف و همکاران با بررسی اثرات زیست‌محیطی چند معدن شن و ماسه در مالزی و با استفاده نمونه‌برداری از مقاطع و رسوبات رودخانه‌ای و نرم‌افزار **HEC-RAS**، اعلام نمودند که برداشت شن و ماسه، بار بستر در محل برداشت را کاهش و قدرت حمل جریان در پایین دست را افزایش داده، فرسایش بالادست و کناری رودخانه را در پی داشته و میزان گل‌آلودگی و اندازه و نوع رسوبات انتقالی را نیز تغییر داده است (۷). اسراسک و همکاران با استفاده از اندازه‌گیری رسوبات انتقالی جریان و عناصر چسبیده به رسوبات به بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه و عناصر قیمتی دیگر در رودخانه Kafue در زامبیا پرداختند، آنها نتیجه گرفتند که با افزایش برداشت، مقدار رسوبات معلق افزایش یافته و به تبع آن عناصری همچون مس، کبالت و منگنز با اثرات سوء زیست‌محیطی در پایین دست افزایش داشته است (۲۹). برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها نیز موجب تغییر در ژئومورفولوژی رودخانه (برای مثال کنش و برش کانال) شده که می‌تواند خسارت به زیرساخت‌ها از جمله آبشستگی پایه پل‌ها و در معرض قرار گرفتن لوله‌های عبوری از عرض کانال رودخانه را باعث شود (۱۷). همچنین این عملیات اغلب مواقع موجب تعرض به اراضی در مناطق با تراکم جمعیتی بالا شده که مهم‌ترین نتایج آن ایجاد گرد و غبار، آلودگی زیست‌محیطی و برهم زننده چشم انداز طبیعت می‌شود (۶، ۸ و ۳۱).

برداشت مواد بستر رودخانه تغییرات مرفولوژی کانال رودخانه، پایین افتادگی بستر رودخانه در طول دوره برداشت (۲۶)، تغییر در بیلان رسوب و تغییرات هیدرولیکی را نیز موجب می‌شود (۹). بنابراین مهم‌ترین آثار ناشی از برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای شامل، فرسایش بالادست شاخه اصلی و شاخه‌های فرعی (۱۷، ۲۰ و ۳۰) فرسایش بستر در پایین دست (۱۰، ۱۱ و ۲۵)، زبر شدن بستر (۲۸)، ریز شدن مواد بستر در پایین دست منطقه برداشت (۱۶ و ۱۸)، تغییر ویژگی‌های فیزیکی رسوبات بستر (۲، ۳ و ۱۳) و پایین افتادگی بستر (۴ و ۲۱) می‌باشد که این تغییرات محدود به محل برداشت نبوده بلکه ممکن است تا کیلومترها بالاتر و پایین‌تر از محل برداشت ظاهر شود (۲۴). برداشت مواد بستر رودخانه در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های اساسی در ارتباط با سامانه رودخانه در کشورمان بوده است، این مهم نیز در استان مازندران به وضوح دیده می‌شود. به‌طوری که به‌دلیل برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه‌های استان مازندران برخی از آنها توان احیای مصالح را نداشته و موجب بروز تغییرات مورفولوژیکی و بر هم زدن تعادل طبیعی رودخانه می‌شود. به‌همین دلیل در پژوهش حاضر سعی گردیده تا تأثیر برداشت شن و ماسه بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی رسوبات بستر در رودخانه زارم رود واقع در استان مازندران مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز رودخانه زارم رود در شمال ایران در بخش مرکزی استان مازندران و در ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان ساری واقع شده است. این حوزه از نظر جغرافیایی بین طول شرقی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز زارم رود

″۱۱ ′۸ °۵۳ الی ″۲ ′۱۷ °۵۳ و عرض شمالی ″۴۲ ′۲۴ °۳۶ الی ″۱ ′۹ °۳۶ قرار دارد. رودخانه زارم رود که آبراهه اصلی زهکش کننده این حوزه به‌شمار می‌رود از دامنه‌های شمالی سلسله جبال البرز سرچشمه گرفته و طولی حدود ۱۰۰ کیلومتر دارد که حوزه آبخیز آن منطقه‌ای به وسعت ۹۰۵۶۸ هکتار را شامل می‌گردد (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه برای بررسی اثرات ناشی از برداشت شن و ماسه برروی ویژگی‌های فیزیکی مواد بستر رودخانه بازه‌ای پایین دست این رودخانه بوده که طولی حدود ۴۶۵۰ متر دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع حوزه ۱۳۴ و ۳۱۹۴ متر و ارتفاع متوسط آن ۱۳۷۵ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. مهم‌ترین واحدهای سنگی شناخته شده در حوزه شامل سنگ آهک، شیل، سیلت سنگ، ماسه سنگ، آهک شیلی، دولومیت، کنگلومرا و رسوبات آبرفتی می‌باشند.

روش انجام تحقیق

برداشت شن و ماسه در حال حاضر توسط یک کارخانه فعال تولید شن و ماسه در بازه‌ای به طول ۳۸۰ متر از رودخانه زارم رود انجام می‌شود. به‌منظور مشخص نمودن مکان برداشت شن و ماسه توسط کارخانه و برای تعیین مکان‌های نمونه‌برداری از رسوبات بستر رودخانه بازدیدهای صحرایی انجام شد و مختصات جغرافیایی نقاط با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی به‌دست آمد. جهت بررسی اثرات برداشت در بازه مورد نظر ۴ مقطع قبل از مکان برداشت و ۴ مقطع بعد از مکان برداشت درنظر گرفته شد (شکل ۱ و جدول ۱).

نمونه‌برداری از رسوبات بستر در هر یک از مقاطع به‌روش ترکیبی (۱۲) و ترانسکتی انجام گرفت. بدین‌ترتیب که در عرض رودخانه ترانسکتی با طول برابر عرض رودخانه درنظر گرفته شد سپس بسته به عرض رودخانه (به‌ازای هر یک و نیم متر یک کرت) کرت‌هایی مربعی به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر مربع برای نمونه برداری به‌طور تصادفی انتخاب گردید و رسوبات بستر در داخل هر کرت در عمقی معادل ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر برداشت شدند (شکل۲).

سپس نمونه‌های برداشت شده از کرت‌ها در هر مقطع با هم مخلوط شده و با توجه به وزن بزرگ‌ترین ذره رسوبی موجود

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی مقاطع برداشت نمونه‌های مواد بستر رودخانه

موقعیت مقاطع	فاصله بین مقاطع (متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	موقعیت جغرافیایی		شماره مقطع
			عرض شمالی	طول شرقی	
مقاطع بعد از مکان برداشت	۰	۱۹۷	۳۶° ۲۵' ۵۲"	۵۳° ۱۲' ۱۰"	۱
	۵۸۰	۱۹۸	۳۶° ۲۵' ۵۱"	۵۳° ۱۱' ۴۹"	۲
	۴۸۰	۲۰۰	۳۶° ۲۶' ۰۳"	۵۳° ۱۱' ۳۲"	۳
	۵۸۰	۲۰۱	۳۶° ۲۶' ۰۱"	۵۳° ۱۱' ۱۴"	۴
محل برداشت شن و ماسه	۲۰۰	۲۰۲	۳۶° ۲۵' ۶۰"	۵۳° ۱۰' ۵۲"	۵
مقاطع قبل از مکان برداشت	۳۸۰	۲۰۴	۳۶° ۲۵' ۵۹"	۵۳° ۱۰' ۴۴"	۶
	۵۸۰	۲۰۵	۳۶° ۲۵' ۵۸"	۵۳° ۱۰' ۲۶"	۷
	۵۸۰	۲۰۶	۳۶° ۲۶' ۰۸"	۵۳° ۱۰' ۰۷"	۸
	۵۸۰	۲۰۷	۳۶° ۲۶' ۱۷"	۵۳° ۰۹' ۴۸"	۹

شکل ۲. کرت نمونه برداری از مواد رسوبی بستر رودخانه

در داخل نمونه‌ها، وزن نمونه برداشتی مشخص شد، به‌طوری که وزن نمونه برداشتی بایستی ۲۰ برابر وزن بزرگترین ذره رسوبی موجود در نمونه‌های ترکیب شده باشد (۲۳). در مجموع تعداد ۴۵ کرت نمونه رسوب از کلیه مقاطع برداشت گردید که وزن آنها معادل ۵۲۰ کیلوگرم بوده است. نمونه‌های برداشت شده به‌روش ترکیبی به آزمایشگاه منتقل گردیدند به‌عبارت دیگر تمامی نمونه‌های برداشت شده از یک مقطع (سه تا پنج نمونه بسته به عرض و شرایط مقطع رودخانه) مجدداً با یکدیگر ترکیب شده و به‌عنوان یک نمونه از مقطع مورد نظر قلمداد شدند و با آب اکسیژنه جهت از بین بردن مواد آلی مخلوط شدند (۱۹ و ۲۲). سپس نمونه‌ها در درون ظرف‌های آزمایشگاهی قرار گرفته و در درون آون در دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. در ادامه برای به‌دست آوردن قطر بزرگ، قطر متوسط و قطر کوچک ذرات رسوبی ابتدا از رسوبات هر مقطع به طور تصادفی ۱۰ نمونه رسوب درشت (ابعاد ذرات به‌صورت دامنه ۴۵-۲۰، ۷۵-۴۵ ، ۱۰۰- ۷۵، ۱۳۰- ۱۰۰ و ۱۵۰- ۱۳۰ میلی‌متر می‌باشد) انتخاب گردید و درنهایت با استفاده از کولیس، خط کش میلی‌متری و گراولومتر محورهای سه گانه ذرات رسوبی (a، b و c) و شعاع گوشه‌ها (r) مشخص گردید. سپس فاکتور شکل (S_f)، کرویت (S)،

جدول ۲. روابط مورد استفاده برای به‌دست آوردن خصوصیات ریخت‌سنجی رسوبات

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
رابطه	$S_f = \frac{c}{\sqrt{ab}}$	$S = \frac{N_d}{a}$	$R_c = \frac{r^3}{a.b.c}$	$W = \frac{a+b}{2c}$	$N_d = \frac{b}{k}$

جدول ۳. مقادیر ثابت مارکویک براساس فاکتور شکل

S_f	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۹
K	۱/۲۷	۱/۱۳	۱/۰۵	۱

گردشدگی (R_c)، نسبت پهنی (W) و قطر ظاهری ذره رسوبی (N_d) به‌ترتیب با استفاده از معادلات (۱)، (۲)، (۳)، (۴) و (۵) محاسبه شد (جدول ۲) (۱).

ثابت مارکویک (K) نیز برای تعیین قطر ظاهری ذره رسوبی از جدول (۳) به‌دست آمد.

به‌منظور بررسی اختلاف معنی‌داری آماره‌های رسوبی اندازه گیری شده در مقاطع قبل و بعد مکان برداشت از آنالیز واریانس چندگانه استفاده گردید. لازمه انجام آنالیز واریانس چندگانه اطمینان از نرمال بودن و همگنی داده‌ها می‌باشد که در این پژوهش به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف و جهت تست همگنی از آزمون لیون در محیط نرم‌افزار SPSS22 استفاده گردید. آماره رسوبی R_c در سطح ۹۵ درصد نرمال نبوده ولی بقیه آماره‌ها در سطح ۹۵ درصد نرمال بودند. بنابراین برای بررسی اختلاف معنی‌دار بودن یا عدم معنی‌داری برای آماره R_c از آزمون دانکن و برای بقیه آماره‌ها از آزمون توکی استفاده گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی رسوبات از جمله محورهای سه گانه ذرات رسوبی، گردشدگی، ضریب شکل، قطر ظاهری، کرویت و نسبت پهنی برای تمامی مقاطع به دست آمد درنهایت آماره‌های توصیفی ویژگی‌های فیزیکی رسوبات با استفاده از نرم‌افزار SPSS22 استخراج گردیدند (جدول ۴ و ۵).

به‌طور کلی، توزیع اندازه مواد بستر در جهت پایین دست کاهش یافته است که برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه (مقاطع ۵) شدت این روند را بیشتر کرده، به‌طوری که می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های برداشت شن و ماسه موجب تفکیک رسوبات در قطرهای مختلف شده و موجب تغییر نسبت آنها می‌شود. بنابراین برداشت شن و ماسه موجب تغییر در اندازه متوسط ذرات رسوبی در مقاطع پایین دست مکان برداشت شده که با نتایج (۲، ۱۶ و ۱۸) مطابقت دارد. تغییرات آماره رسوبی کرویت در مقاطع قبل از مکان برداشت تا محل برداشت دارای روندی افزایشی بوده که در محل برداشت که حفره‌ها و چاله‌هایی توسط ماشین آلات ایجاد می‌شود با کاهش محسوسی روبه‌رو شده که ناشی از شکستگی و ریزتر شدن ذرات رسوبی در این محل می‌باشد (جدول ۴). از طرفی ترکیب رسوبات لایه‌های زیرین و سطحی بستر رودخانه در اثر حفر و ایجاد چاله، با عمق ۷۰ سانتی‌متر (در مطالعات میدانی اندازه‌گیری شد) موجب مخلوط شدن مواد رسوبی قدیمی و جدیدتر می‌شود که می‌تواند تأثیر به‌سزایی در تغییرات ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات در مکان برداشت داشته باشد. مقدار گردشدگی رسوبات رودخانه‌ای نیز در بازه مورد مطالعه نیز از بالا دست به‌سمت پایین دست دارای روندی افزایشی می‌باشد. نسبت پهنی در مقاطع بعد از مکان برداشت افت داشته و میزان آن در مقایسه با مقاطع قبل از مکان برداشت کمتر شده است. مهم‌ترین عامل آن کاهش مقدار قطر بزرگ و متوسط رسوبی بوده که ناشی از فعالیت‌های برداشت در مقطع ۵ می‌باشد (جدول ۴). با توجه به رابطه نسبت پهنی که دارای مبنای مشابه ضریب شکل بوده و بر اساس اقطار سه گانه ذرات رسوبی تعیین می‌شود. نسبت پهنی از یک بیش‌تر بوده و مقدار آن از ۱/۰۵ تا ۱۰ برای ذرات طبیعی تغییر می‌کند. آماره S_f دارای روند کاهشی بین مقاطع بعد از محل برداشت نسبت به

جدول ۴. متوسط متغیرهای ریخت‌سنجی رسوبات درشت در ۹ مقطع مورد بررسی

آماره رسوبی	مقطع برداشتی نمونه								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
قطر بزرگ (a) (mm)	۱۰۱	۹۶/۷۴	۸۹/۹	۷۶/۱	۶۵/۷	۴۶/۶	۴۶/۱	۴۴/۶	۴۲/۵
قطر متوسط (b) (mm)	۶۵/۰	۶۴/۸۴	۶۳/۷	۵۴/۳	۳۹/۹	۳۵/۲	۳۶/۵	۳۳/۹	۳۳
قطر کوچک (c) (mm)	۳۲/۱	۳۷/۸۲	۳۲/۹	۲۹/۸	۲۲/۲۸	۲۲/۰۶	۲۰/۹۵	۱۸/۴۸	۱۸/۶۱
گردشدگی (Rc)	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۷۱	۰/۰۱۶
ضریب شکل (Sf)	۰/۴۲۷	۰/۴۷۰	۰/۴۳۰	۰/۴۶۹	۰/۵۷۵	۰/۴۸۴	۰/۵۳۰	۰/۶۲۸	۰/۵۷۳
قطر ظاهری (D) (mm)	۵۵/۷۳۳	۵۶/۲۴۱	۵۲/۷۷۰	۴۵/۳۴۷	۳۲/۷۳۶	۲۸/۹۰۸	۳۰/۳۶۰	۳۰/۵۰۸	۲۹/۰۹۴
کرویت (s)	۰/۵۵۵	۰/۵۶۰	۰/۵۸۷	۰/۶۰۴	۰/۵۶۱	۰/۶۲۸	۰/۶۴۳	۰/۶۸۵	۰/۶۷۵
نسبت پهنی (w)	۲/۶۱۹	۲/۳۱۱	۲/۳۲۷	۲/۲۸۰	۲/۳۶۵	۱/۸۹۴	۲/۰۲۸	۲/۱۳۲	۱/۸۹۵

جدول ۵. میانه متغیرهای ریخت‌سنجی رسوبات درشت در ۹ مقطع مورد بررسی

آماره رسوبی	مقطع برداشتی نمونه								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
قطر بزرگ (a) (mm)	۱۱۹	۱۱۱/۵	۹۵/۵	۷۴/۵	۵۷/۰	۴۷/۰	۴۴/۰	۴۲/۰	۴۳/۰
قطر متوسط (b) (mm)	۷۳/۵	۶۹/۵	۶۴/۰	۵۴/۳	۴۰/۰	۳۹/۰	۳۶/۵	۳۱/۵	۳۲
قطر کوچک (c) (mm)	۳۷/۵	۳۸/۵	۳۴/۰	۲۸/۵	۲۴/۰	۲۲/۰	۱۹/۱	۱۱/۰	۱۷/۰
گردشدگی (Rc)	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۷۵
ضریب شکل (Sf)	۰/۳۶۵	۰/۴۸۴	۰/۴۳۴	۰/۴۲۳	۰/۵۲۰	۰/۴۷۳	۰/۵۲۹	۰/۶۱۱	۰/۵۴۴
قطر ظاهری (D) (mm)	۶۳/۲۳۸	۶۱/۴۱۱	۵۳/۰۶۴	۴۳/۸۳۵	۳۱/۸۸۴	۳۳/۰۳۷	۳۰/۵۹۲	۲۷/۷۳۳	۲۷/۲۳۳
کرویت (s)	۰/۵۶۵	۰/۵۴۵	۰/۵۸۳	۰/۵۹۳	۰/۵۳۸	۰/۶۲۸	۰/۶۷۲	۰/۶۴۸	۰/۶۴۳
پهن شدگی (w)	۲/۸۹۰	۲/۱۲۶	۲/۴۴۰	۲/۳۹۴	۲/۳۴۹	۱/۷۶۰	۱/۹۴۷	۱/۹۱۰	۱/۷۲۰

مقاطع قبل بوده و در محل برداشت نسبت به مقاطع قبل از آن تغییرات محسوس نیست و این نشان دهنده تأثیر ایجاد برهم زدگی لایه‌های رسوبی در محل برداشت بر این آماره می‌باشد. آماره‌های قطر ظاهری، کرویت و نسبت پهنی به‌دلیل متأثر بوده از اقطار سه گانه ذره رسوبی تقریباً رفتاری مشابه آنها در مقاطع قبل و بعد از محل برداشت داشته‌اند (جداول ۴ و ۵).

نتایج آزمون همگنی و نرمال بودن داده‌ها نشان دهنده این است که داده‌ها همگن و نرمال می‌باشند (جدول ۶). سپس به‌منظور بررسی سطح اختلاف معنی‌داری از آزمون واریانس چندگانه (MANOVA) استفاده شد و مشاهده گردید که به‌جز آماره R_c بقیه آماره‌های رسوبی دارای اختلاف معنی داری نیستند بنابراین برای مقایسه آماری این آماره در قبل و بعد از مکان برداشت از آزمون دانکن و برای بقیه آماره‌ها از آزمون توکی استفاده گردید (جداول ۷ و ۸).

با توجه به جدول (۷) مشاهده می‌شود که اختلاف میانگین آماره‌های رسوبی قطر بزرگ، متوسط و کوچک ذره رسوبی در مقاطع بعد از منطقه برداشت نسبت به مقاطع قبل از مکان برداشت منفی بوده و بیانگر کاهش این آماره‌های بعد از مکان برداشت به‌دلیل شکستگی ذرات رسوبی در محل برداشت

جدول ۶. بررسی نرمال بودن و همگنی داده‌های ریخت‌سنجی رسوبات به‌روش کلموگروف- اسمیرنوف و لیون

آماره	تعداد	پارامترهای نرمال		آزمون کلموگروف – اسمیرنوف		آزمون لیون
رسوبی	داده‌ها	میانگین	انحراف معیار	Kolmogorov-Smirnov	Sig.	۰/۱۲
a	۹۰/۰۰	۶۷/۶۹	۳۷/۷۵	۰/۱۴	۰/۱۷۲	۰/۱۱
b	۹۰/۰۰	۴۷/۴۷	۲۵/۸۵	۰/۱۳	۰/۲۲۰	۰/۲۳
c	۹۰/۰۰	۲۶/۱۱	۱۳/۸۳	۰/۰۹	۰/۱۴۳	۰/۱۴
Rc	۹۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۴۲۶	۰/۳۲
Sf	۹۰/۰۰	۰/۵۱	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۲۳۹	۰/۵۴
D	۹۰/۰۰	۴۰/۱۹	۲۱/۸۲	۰/۱۰	۰/۳۸۰	۰/۹۷
S	۹۰/۰۰	۰/۶۱	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۵۴۱	۰/۹۴
W	۹۰/۰۰	۲/۲۱	۰/۶۰	۰/۱۱	۰/۱۷۱	۰/۱۲

جدول ۷. نتایج مقایسه آماری ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات در مقاطع قبل و بعد از محل برداشت با استفاده از آزمون توکی (A: مقاطع بعد از محل برداشت؛ B: مقاطع قبل از محل برداشت و C: محل برداشت)

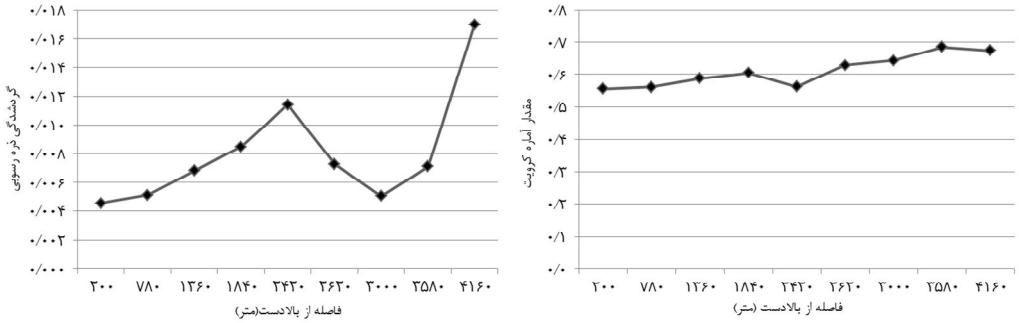
مکان نمونه برداری		آماره‌های رسوبی													
		a		b		c		Sf		D		S		W	
		اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.	اختلاف میانگین	Sig.
A	B	-۴۵/۹۸*	۰/۰۰	-۲۷/۵۳*	۰/۰۰	-۱۳/۱۳*	۰/۰۰	-۰/۱۰*	۰/۰۱	-۲۲/۸۰*	۰/۰۰	-۰/۰۸*	۰/۰۰	-۰/۳۹*	۰/۰۱
	C	-۲۰/۷۵	۰/۱۵	-۵/۲۵	۰/۷۹	-۲/۲۶	۰/۸۷	-۰/۰۲	۰/۹۳	-۳/۰۲	۰/۹۰	-۰/۰۹*	۰/۰۳	-۰/۳۸	۰/۱۶
C	B	-۲۵/۲۴	۰/۰۶	-۲۲/۲۸*	۰/۰۲	-۱۰/۸۷*	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۷	-۱۹/۷۸*	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۹۲	-۰/۰۲	۱/۰۰

جدول ۸. نتایج مقایسه آماره R_c رسوبات در مقاطع قبل و بعد از محل برداشت با استفاده از آزمون دانکن

آماره	مقاطع نمونه‌برداری	تعداد داده‌ها	میانگین	Sig.
Rc	B	۴۰	۰/۰۰۶۲	۰/۲۵۱
	C	۱۰	۰/۰۱۱۴	
	A	۴۰	۰/۰۰۹۱	

می‌باشد. همچنین اختلاف این آماره‌های در مکان برداشت و مقاطع قبل از مکان برداشت این امر را تأیید می‌کند. آماره Rc دارای اختلاف معنی‌داری بین مقاطع قبل و بعد از محل برداشت نبوده و کاهش آن با توجه به شکل مربوط به بازهٔ بین مقطع شماره ۵ تا ۷ می‌باشد. بنابراین تغییرات آماره‌های رسوبی a، b، c، Sf، D، S و W در مقاطع قبل و بعد از مکان برداشت دارای اختلاف معنی‌داری است ولی آماره Rc اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

با درنظر گرفتن فاصله بین مقاطع (جدول ۱) تغییرات آماره‌های رسوبی را نیز می‌توان در طی بازه مورد نظر مطالعه و بررسی کرد که برای آماره کرویت (شکل ۳) مقدار آن در مقطع شماره ۵ (محل برداشت شن و ماسه) کاهش یافته است. آماره گرد شدگی نیز براساس شکل (۳) بعد از مکان برداشت تا مطقع شماره ۷ (به طول ۶۰۰ متر) کاهش یافته است و سپس افزایش می‌یابد.



شکل ۳. تغییرات مقدار آماره کرویت و گردشدگی در مقاطع مورد بررسی در جهت پایین دست رودخانه

تغییرات آماره کرویت از بالادست به سمت پایین دست در حال افزایش بوده ولی در مقطع برداشت شن و ماسه (مقطع شماره ۵) کاهش پیدا می‌کند، که این ناشی از تغییر در ترکیب رسوبات بستر رودخانه در مکان برداشت می‌باشد در مقاطع بعد از مکان برداشت، رودخانه فعالیت طبیعی خود را ادامه داده و در نتیجه تغییر آماره کرویت فقط محدود به مکان برداشت می‌باشد. آماره گردشدگی نیز از بالادست به سمت‌پایین دست در حال افزایش بوده که بعد از منطقه برداشت (مقطع شماره ۵) روند کاهشی پیدا می‌کند. دلیل این امر را می‌توان این‌طور بیان نمود که رسوبات به‌هم ریخته و زاویه‌دار در عمق بستر و یا کناره‌ها توسط فعالیت‌های برداشت به سطح آمده و با هم ترکیب شده‌اند و بخشی از آنها توسط جریان تا مقطع شماره ۷ (به فاصله حدود ۶۰۰ متر) حمل شده‌اند. از طرفی برخی رسوبات در مقطع ۵ (محل برداشت شن و ماسه) به‌دلیل فعالیت ماشین آلات از جمله لودر و بولدوزر شکسته شده و با گردشدگی کمتری در سطح ظاهر شده و در اختیار جریان برای حمل قرار می‌گیرند. نتایج این تحقیق نشان داد که برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه موجب اختلال در روند تغییرات ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات بستر رودخانه در بازه مورد نظر گشته است که با نتایج (۲، ۱۳ و ۱۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی اثرات برداشت شن و ماسه بر سامانه رودخانه زارم رود و به ویژه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی رسوبات که یکی از مهم‌ترین فاکتورها در تعیین رفتار رودخانه و هیدرولیک رسوب می‌باشد، انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات ویژگی‌های مورفومتری نمونه‌های رسوب بستر رودخانه در محل برداشت شن و ماسه قابل ملاحظه است. همچنین برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه موجب اختلال در روند تغییرات ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات وکوچک شدن اندازه ذرات بدلیل خردشدگی در اثر ماشین آلات در مقاطع بعد از محل برداشت می‌شود. بدلیل کم شدن قطر ذرات رسوبی در مقاطع بعد از مکان برداشت توان جریان در حمل آنها بیشتر خواهد شد در نتیجه ممکن است در آینده تغییرات فرم بستر، مورفولوژی آبراهه، پایین افتادگی بستر رودخانه و همچنین افزایش بار رسوبی را به دنبال داشته باشد. برای کم کردن این اثرات لازم است با محاسبه بار کل رسوبی رودخانه مورد نظر، ظرفیت برداشت مصالح تعیین گردد. بطوریکه با برداشت غیرمجاز و بیش از ظرفیت برداشت تعیین شده تغییرات مورفولوژیکی و هیدرولیکی محتمل خواهد بود.

منابع مورد استفاده

۱. شفاعی بجستان، م. ۱۳۹۰. *مبانی نظری و عملی هیدرولیک انتقال رسوب*. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. اهواز. ۵۵۰ ص.

۲. صادقی، س. ح. ر. و ع. و. خالدی درویشان. ۱۳۸۵. بررسی نقش برداشت شن و ماسه بر افزایش توان حمل رسوب رودخانه. هفتمنی سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۸ ص.

۳. صادقی، س. ح. ر.، س. قره محمودلی و ع. و. خالدی درویشان. ۱۳۹۳. تغییرپذیری مقدار و ویژگی‌های دانه‌بندی و ریخت سنجی رسوبات بستر رودخانه در اثر برداشت معادن شن و ماسه. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸(۱): ۲۱۸-۲۰۳.

۴. صمدی بروجنی، ح.، ک. هدایتی‌پور و ا. هنربخش. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه از کناره رودخانه‌ها بر خصوصیات هیدرولیکی جریان با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه خشکه رود فارسان). هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۹ ص.

۵. کاویان، ع.، ف. آدینه، ق. وهاب‌زاده و ع. و. خالدی درویشان. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر در جهت پایاب رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قلعه‌سر ساری). نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران ۶۶(۱): ۱۴۴-۱۳۱.

6. Ako, T. A., U. S. Onoduku, S. A. Oke, B. I. Essien, F. N. Idris, A. N. Umar and A. A. Ahmad. 2014. Environmental effects of sand and gravel mining on land and soil in Luku, Minna, Niger State, North central Nigeria. J. of Geosciences and Geomatics 2(2): 42-49.
7. Ashraf, M. A., M. J. Maah, I. Yusoff, A. Wajid and K. Mahmood. 2011. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. Sci. Res. Essays 6(6): 1216-1231.
8. Ayenagbo, K., J. N. Kimatu, J. Gondwe and W. Rongcheng. 2011. The Transportation and marketing implications of sand and gravel and its environmental impact in Lome-Togo. J. of Econ. and Int. Finance 3(3): 125-138.
9. Cao, Z. and G. Pender. 2004. Numerical modeling of alluvial rivers subject to interactive sediment mining and feeding. Advanced in Water Resour. 27(5): 533-546.
10. Chang, H. 1998. Generalized computer program fluvial-12 mathematical model for erodible channels. user manual, PP 58. Rancho Santa Fe, CA 92067-4492.
11. Dogan, E., S. Isik, L. Kalin, M. Sasal and N. Agriralioglu. 2008. Effect of anthropogenic activities on the Lower Sakarya River. Catene 75: 172-181.
12. Frip, J. B. and P. Diplas. 1993. Surface sampling in gravel stream. J. of Hyd. Eng. 119(4): 473-490.
13. Healy, T. and K. Wo. 2002. Sediment characteristics and bed level changes in relation to sand extraction and damming of a sand-gravel river: The lower Waikato River, New Zealand. J. of Hyd. (NZ) 41(2): 175-196.
14. Jose Luis Lopez, S. 2004. Channel response to gravel mining activities in mountain rivers. J. of Mountain Sci. 1(3): 264-269.
15. Kim, C. 2005. Impact analysis of river aggregate mining on river environment. Water Eng. 9(1): 45-48.
16. Kinghton, A. D. 1999. The gravel-sand transition in disturbed catchment. Geomorphology 27(3-4): 325-341.
17. Kondolf, G. M. 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental Manage. 21(4): 533-551.
18. Lagasse, P. F., D. B. Simons and B. P. Winkely. 1980. Impact of gravel mining on river system stability. J. of the Waterway Port Costal and Ocean Division 106(3): 389-404.
19. Leeder, M. R. 1988. Sedimentology: process and product. Fletcher & Son Ltd. 344 pages.
20. Marston, R. A., J. P. Bravard and T. Green. 2003. Impacts of reforestation and gravel mining on the Malnant River, Haute-Savoie, French Alps. Geomorphology 55(1-4): 65–74.
21. Martin-Vide, J. P., C. Ferrer-Boix and A. Ollero. 2010. Incision due to gravel mining: modeling a case study from the Gállego River, Spain. Geomorphology 117: 261-271.
22. McDonald, S. J., A. D. Watts, S. Laswell and J. M. Brooks. 2002. Determination of particle size distribution (gravel, sand, silt and clay) in sediment samples. College Station, Texas 77845. 22 pages.
23. Mosely, M. P. and D. S. Tindale. 1985. Sediment variability and bed material sampling in gravel-bed Rivers. Earth Sur. Proc. Land. 10(5): 465-482.
24. Padmalal, D., K. Maya, S. Sreebha and R. Sreeja. 2008. Environmental effects of river sand mining: a case from the

river catchments of Vembanad lake, Southwest coast of India. Environ. Geology 54: 879-889.
25. Rinaldi, M. 2003. Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy. Earth Sur. Proc.and Lan. 28(6): 587–608.
26. Rinaldi, M., B. Wyzga and N. Surian. 2005. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. River Res. Appl. 21(7): 805–828.
27. Rovira, A., R. J. Batalla and M. Sala. 2005. Response of a river sediment budget after historical gravel mining (the lower Tordera, NE Spain). River Res. and Appl. 21: 829-847.
28. Simons, D. B. and P. F. Lagasse. 1976. Impact of dredging on river system morphology. In Proceedings of Conference Rivers. American Society of Civil Engineers: New York, 435-457.
29. Sracek, O., K. Bohdan, M. Martin, M. Vladimir, V. Frantisek, V. Zbynek and N. Imasiku. 2012. Mining-related contamination of surface water and sediments of the Kafue River drainage system in the Copperbelt district, Zambia: An example of a high neutralization capacity system. J. of Geochem. Explor. 112: 174-188.
30. Surian, N. and M. Rinaldi. 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. Geomorphology 50: 307-326.
31. Willis, K. G. and D. Garrod. 1999. Externalities from extraction of aggregates regulation by tax or land-use controls. Resour. Policy 25: 77-153.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 3, Fall 2017, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Investigation the Effect of Sand and Gravel Mining on Bed Sediment Morphometric Characteristics (Case Study: Zaremrood River, Mazandaran Province)

S. H. Roshun[1*], Gh.Vahabzadeh[1], K. Solaimani[1] and A. Khaledi Darvishan[2]

(Received: Feb. 09-2016 ; Accepted: Jan. 04-2017)

Abstract

Sand and gravel mining from the most of our country rivers causes morphological, hydrological and geomorphological changes in these rivers. This study investigates the effects of removal of sand and gravel from the river bed on sedimentological features of Zaremrood River in Mazandaran province. For this purpose, by determining four sections before and four sections after the sand removing point, the river bed sediments sampling in combined approach and in a plot within the river were performed and sedimentology features such as the large, medium and small diameters (a, b and c), roundness (R_c), form factor (S_f), normal diameter (D), sphericity (S), and width ratio (W), were measured and calculated in the laboratory and analyzed by SPSS software. The results showed that the variations of sediment statistics a, b, c, Sf, D, S and W in the pre- and post- harvest location has a significant difference but the Rc statistic does not show any significant difference. The reduction of the triple diameters after the excavation site is caused by the fracture of the sediments in the mining area, so that the sphericity of grains also decreased in the mining area. Roundness of sediment particles after the excavation site is decreasing up to 600 meters reach and then it tends to increase.

Keywords: Sand and Gravel Mining, Combined Approach, Sediment Morphometric, and Mazandaran Province.

1. Dept. of Watershed Manage. Eng., Faculty of Natural Resour. Sari Univ. of Agric. Sci. and Natural Resour., Sari, Iran.
3. Dept. of Watershed Manage. Eng., Faculty of Natural Resour. and Marine Sci., Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: H.Roshun@stu.sanru.ac.ir