نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۳

ISSN 2251-7480

تأثیر برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای بر تغییرپذیری ماهانه غلظت رسوب معلق

سیّدحمیدرضا صادقی[1*]، سودابه قره‌محمودلی[2]، عبدالواحد خالدی‌درویشان[3]، حسین خیرفام[4]، محبوبه کیانی‌هرچگانی[4] و پری سعیدی[4]

۱) استاد؛ گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

۲) دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد؛ گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

۳) استادیار؛ گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

۴) دانشجویان دکتری؛ گروه مهندسی آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشکده منابع طبیعی؛ نور؛ ۷۶۴۸۹-۴۶۴۱۷؛ مازندران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۳۰

چکیده

آگاهی از نوع، میزان و نحوه‌ی انتقال بار رسوبی در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت، به‌منظور پایش رفتار هیدرولیکی کانال و جریان متأثر از فعالیت‌های معدن‌کاوی و مدیریت مناسب‌تر برداشت شن و ماسه ضروری است. حال آن‌که ابعاد مختلف تأثیر بهره‌برداری معادن شن و ماسه و تغییرپذیری آنها در مقیاس‌های زمانی و مکانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر به بررسی تأثیر معادن واز علیا با برداشت شدت کم و به‌صورت سنتی، واز سفلی با برداشت نیمه صنعتی و با استفاده از ماشین‌آلات نیمه سنگین و معدن آلش‌رود با برداشت صنعتی و با استفاده از ماشین‌آلات سنگین در استان مازندران بر میزان غلظت بار معلق به‌صورت ماهانه از بهمن ۱۳۹۰ تا دی ۱۳۹۱ پرداخته است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، مقدار غلظت بار معلق در بالادست معدن واز علیا در ماه‌های خرداد، آذر، بهمن و اسفند به‌ترتیب ۴۰، ۵، ۲۳ و ۷۵ درصد در معدن واز سفلی در ماه‌های فروردین، مرداد و بهمن به‌ترتیب ۲، ۱۲ و ۳۶ درصد و در معدن آلش‌رود نیز در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و اسفند به‌ترتیب ۷۱، ۵۰ و ۹۴ درصد نسبت به پایین‌دست افزایش و در دیگر ماه‌ها کاهش یافت. لذا مقدار غلظت بار معلق در شرایط فعالیت معدن و شدت برداشت، افزایش بیشتری نسبت به قبل از معدن داشت. همچنین، دامنه اثر محدود و حداکثر در حدود چند صد متری محل برداشت بر غلظت رسوبات معلق و قاعدتاً هم‌زمان با مدت برداشت نیز مورد تائید قرار گرفت.

کلید واژه‌ها: بار معلق؛ رفتار رسوبی؛ معدن کاوی

مقدمه

سامانه‌های رودخانه‌ای به‌عنوان شریان‌های اصلی زیست‌بوم‌های زمینی تلقی می‌شوند و مجموعه‌ای از فعالیت‌های طبیعی و انسانی زمینه‌ساز تغییر و تحول در آن می‌باشد. افزایش روز افزون جمعیت همراه با افزایش برداشت شن و ماسه در مسیر رودخانه‌ها به‌منظور فعالیت‌های اقتصادی است که باعث تغییر در رفتار پویای رودخانه‌ها، الگو و میزان انتقال رسوب توسط جریان می‌شود (جباری و فرضی، ۱۳۸۸). رسوبات انتقالی توسط جریان رودخانه‌ای به‌صورت بار معلق[1] و بار بستر[2] می‌باشند. بار معلق به موادی اطلاق می‌شود که درون آب و بالاتر از لایه بستر در حرکت می‌باشد و وزن آنها توسط

[1] Suspended Load
[2] Bed Load

جریان تحمل می‌شود و به‌مدت قابل توجهی به‌صورت معلق در آب باقی می‌مانند (رستمی و اردشیر، ۱۳۸۰؛ صادقی و ذاکری، ۱۳۹۲). تعادل حرکت مواد متحرک نیز در لایه‌ی مرزی بستر کانال، با تغییر در رژیم جریان، شکل و زبری مقطع کانال بر هم خواهد خورد (Putjaroon and Pongewn, 1987). بر همین اساس برداشت شن و ماسه با تغییر در رژیم جریان باعث تغییر در میزان بار رسوبی انتقالی و فرسایش کنار رودخانه‌ای خواهد شد (Walling and Fang, 2003).

مطالعات پراکنده‌ای در سرتاسر جهان در رابطه با ارتباط برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها صورت گرفته است. در همین راستا (Brown *et al.,* 1998) با نمونه‌گیری از قبل و بعد از به‌ترتیب ۱۱ و ۳٤ معدن برداشت شن و ماسه از رودخانه‌های King و Illinois در امریکا به این نتیجه رسیدند که مقدار گل‌آلودگی و اندازه‌ی رسوبات ریز و بستر بعد از محل معادن تغییر کردند. آنها تغییرات حاصل در خصوصیات ریخت‌سنجی رسوبات بستر را به دخالت‌های ایجاد شده طی برداشت معادن نسبت دادند. (Kondolf *et al.,* 2002) با مطالعه تأثیر برداشت شن و ماسه بر رژیم جریان و انتقال بار رسوبی در مناطق مختلف جهان به این نتیجه رسیدند که برداشت شن و ماسه و ایجاد چاله‌های برداشت نه تنها باعث افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست و افزایش انتقال رسوبات بستری شده بلکه باعث گسترش چاله‌های برداشت به‌سمت بالادست نیز شده است. (Vignati, 2003) ویژگی‌های رسوبات بستر و بار معلق در رودخانه Po در ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند و تغییرپذیری زمانی و مکانی کاملاً معنی‌دار و دو نما بودن توزیع‌های اندازه ذرات در رسوبات بستر و ناشی از تغییرات شرایط هیدرولوژیک را گزارش کردند.

(Rinaldi *et al.,* 2005) با بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی اثرات برداشت شن و ماسه و تجزیه و تحلیل آن در لهستان و اسپانیا به این نتیجه دست یافتند که تغییر در رفتار پویایی و شکل رودخانه به شدت برداشت و نوع مواد تشکیل دهنده‌ی رودخانه بستگی داشته است. هم‌چنین در شرایطی که کناره‌های رودخانه از مواد محکم تشکیل نشده باشد به‌دلیل افزایش قدرت حمل جریان تحت تأثیر برداشت شن و ماسه در بالادست، رودخانه تبدیل به پیچان‌رود شده و اگر کناره‌های رودخانه از مواد محکم تشکیل شده باشد افزایش عمق رودخانه و افت سطحی را در پی داشته است. (Ryan and Dioxon, 2008) تغییرپذیری زمانی و مکانی مقادیر بار بستر، معلق و انحلالی در دو حوزه آبخیز جنگلی Little Granite Creek و Cache Creek امریکا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که انتقال بار معلق و انحلالی متأثر از بارش، آب حاصل از ذوب برف و زمین لغزش‌های بالادست بوده است. (Ashraf *et al.,* 2011) با بررسی اثرات زیست محیطی چند معدن شن و ماسه در مالزی و با استفاده نمونه‌برداری از مقاطع و رسوبات رودخانه‌ای و نرم افزار HEC-RAS، اعلام نمودند که برداشت شن و ماسه، بار بستر در محل برداشت را کاهش و قدرت حمل جریان در پایین‌دست را افزایش داده، فرسایش بالادست و کناره‌ی رودخانه را در پی داشته و میزان گل‌آلودگی و اندازه و نوع رسوبات انتقالی را نیز تغییر داده است. (Sracek *et al.,* 2012) با استفاده از اندازه‌گیری رسوبات انتقالی جریان و عناصر چسبیده به رسوبات به بررسی تأثیر برداشت معدن شن و ماسه و عناصر قیمتی دیگر در رودخانهٔ Kafue در زامبیا پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش برداشت معدن، مقدار رسوبات معلق افزایش یافته و به‌تبع آن نیز عناصری هم‌چون مس، کبالت و منگنز با اثرات سوء زیست محیطی در پایین‌دست افزایش داشته است. هم‌چنین در ماه‌های خشک مقدار رسوب معلق و عناصر مذکور نسبت به فصول مرطوب کاهش داشته است. (Bayram *et al.,* 2013) با مطالعه‌ای در ترکیه به بررسی تغییرات مکانی و زمانی غلظت رسوب معلق در حوزه آبخیز Harsit پرداختند و به این نتیجه رسیدند که

فاضلاب شهری، سد و معادن شن و ماسه کیفیت آب را به شدت تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش غلظت رسوب معلق و گل‌آلودگی می‌شوند.

در ایران نیز (صادقی و خالدی‌درویشان، ۱۳۸۵) با مطالعه‌ای در رودخانه واز در استان مازندران نشان دادند که برداشت شن و ماسه سبب افزایش توان حمل رسوب در رودخانه مذکور شد. این افزایش از طریق تغییر در دانه‌بندی رسوبات و به‌ویژه بالا بردن غلظت رسوبات معلق و در نتیجه افزایش انرژی جریان آب اتفاق افتاده است. هم‌چنین (سعیدی و صادقی، ۱۳۸۹) در مطالعه‌ای به تحلیل رسوب‌نمودها و حلقه‌های سنجه مشاهداتی رگبارها در حوزهٔ آبخیز آموزشی دانشگاه تربیت مدرس پرداختند که نتایج به‌دست آمده از بررسی رسوب‌نمودها بیانگر وقوع زود هنگام اغلب آنها به طور متوسط ۲/۸۸۱±۲/۶۰۰+ ساعت در مقایسه با آب‌نمودها و در واقع ایجاد حلقه‌های سنجه ساعت‌گرد بوده است. ولی رفتار آن در شرایط برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و نیز مناطق تحت پوشش رگبارها متفاوت بوده است که دلالت بر شرایط پیچیده حاکم بر سامانه آبخیز جنگلی مورد مطالعه بوده است. (جباری و فرضی، ۱۳۸۸) پس از بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه بر پویایی حمل رسوب و شکل بستر رودخانه‌ی رازآور کرمانشاه اعلام نمودند که در محل برداشت مصالح، مقدار غلظت بار معلق به شدت افزایش یافته ولی به‌تدریج از مقدار غلظت آن کاسته شده و بعد از فاصله تقریباً ۶۰۰ متری از محل برداشت، به حالت سابق خود برگشته است. (صادقی و خیرفام، ۱۳۹۰) در پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه بر میزان انتقال بار معلق و بستر در رودخانه کجور به این نتیجه دست یافتند که پس از برداشت شن و ماسه از رودخانه بار معلق بین ۱۸ تا ۳۳ درصد افزایش یافته است و بار بستر نیز به طور متوسط ۴۵ درصد بیشتر از حالت بدون برداشت مصالح بوده است. از جمع‌بندی سوابق مرتبط با پژوهش می‌توان اظهار نمود که علی‌رغم ضرورت برداشت معدن از لحاظ اجتماعی و اقتصادی، پایش اثرات برداشت به‌منظور مدیریت و کاهش اثرات سوء زیست محیطی ضروری می‌باشد. از طرفی با توجه به اهمیت رسوبات معلق، ضرورت انجام مطالعات گسترده‌تر و در تعامل با برداشت معادن به‌خوبی توجیه می‌شود. از این رو، در این پژوهش سعی گردیده است تا تأثیر معادن برداشت شن و ماسه با شرایط مختلف و در شرایط زمانی و طبعاً هیدرولوژیکی متفاوت بر میزان غلظت بار معلق مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. نتایج به‌دست آمده زمینه‌ساز مدیریت جامع منابع آب و خاک و طبعاً تأمین نیازهای جوامع انسانی و در عین حال کمینه‌سازی پیامدهای اکولوژیک آن خواهد بود

مواد و روش‌ها

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر معادن مختلف برداشت شن و ماسه بر تغییرات غلظت رسوبات معلق طی دوره یک‌ساله می‌باشد. به‌همین منظور ابتدا کلیهٔ اطلاعات پایه شامل نقشه‌ها، عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای قدیمی و جدید رودخانه‌های مهم استان مازندران در مقیاس موجود و در نزدیکی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرّس به‌سبب امکان دسترسی راحت و انجام آنالیزهای مربوطه جمع‌آوری شد. در این خصوص از تصاویر ماهواره‌ای موجود و مطالعات پیشین (صادقی و خالدی درویشان، ۱۳۸۵؛ صادقی و همکاران، ۱۳۸۷) نیز استفاده شد. همچنین مطالعات تکمیلی از طریق کنترل‌های زمینی و به‌هنگام نمودن اطلاعات و نقشه‌های جدید با استفاده از مراجعه‌ی حضوری در منطقه، مصاحبه با افراد محلی صورت گرفت. در ادامه موقعیت دقیق معادن برداشت شن و ماسه به کمک اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی و با استفاده از GPS[۳] مشخص و اطلاعات مربوط به سال تأسیس، مقدار کل تقریبی برداشت سالانه و حتی میزان فعالیت آن‌ها تعیین گردید.

[۳] Global Positioning System

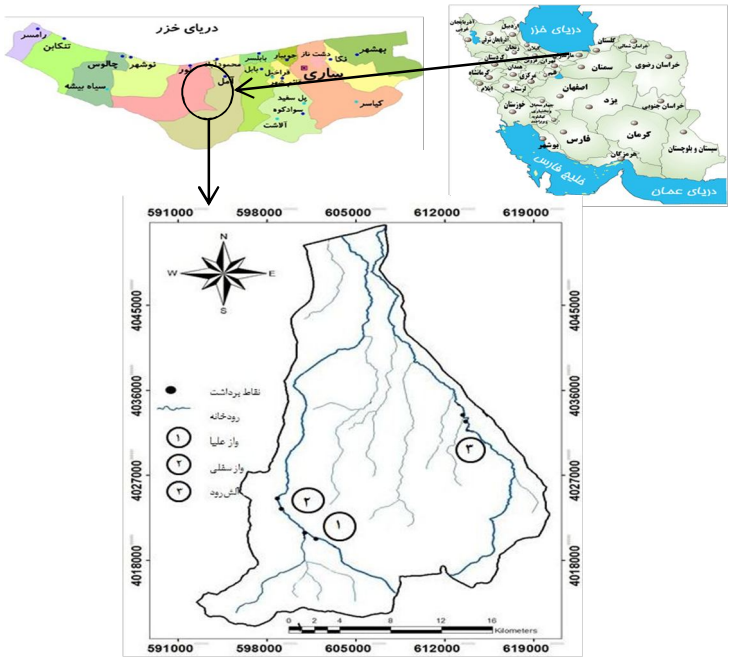
معادن واز علیا با شدت کم و برداشت به‌صورت دستی توسط مردم بومی در بالادست روستای واز علیا در انتهای رودخانه فرعی گزناسرا در رودخانه‌ی واز و هم‌چنین معدن واز سفلی با برداشت توسط تجهیزات نیمه سنگین در فاصله ۵ کیلومتری شمال روستای واز سفلی و در جهت پایین دست رودخانه وازرود در حوزه‌ی آبخیز واز با مساحت ۱٤۱۰۲ هکتار در ارتفاعات جنوبی بخش چمستان، از توابع شهرستان نور قرار گرفته است. معدن آلش‌رود نیز با برداشت به‌صورت کاملاً صنعتی و با ادوات سنگین در فاصله حدود ۱۰ کیلومتری مسیر چمستان به آمل در حوزه‌ی آبخیز آلش‌رود با مساحت ۲٤۱۵ هکتار در استان مازندران به‌عنوان محل انجام پژوهش انتخاب شدند. حوزه آبخیز واز در ″۱۵ ′۵۵ °۵۱ تا ″۱۵ ′۱۲ °۵۲ طول شرقی و ″۳۰ ′۱۲ °۳٦ تا ″۱۳ ۱۲ °۳٦ عرض شمالی قرار دارد. حوزهٔ آبخیز مذکور با کاهش تدریجی ارتفاع به سمت شمال به مناطق جلگه‌ای دریای خزر متصل می‌شود (خالقی، ۱۳۷۷). شیب متوسط حوضه ٤۰ درصد، ارتفاع حداقل و حداکثر حوضه نیز ۲۷۰ و ۳۳۵۰ متر و ارتفاع متوسط آن ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد (متولی، ۱۳۷٤). حوزه‌ی آبخیز آلش‌رود نیز در حاشیه جاده اصلی چمستان به آمل و در حد واسط طول جغرافیای″۳۰ ′۱۸ °۵۲ تا ″۰۰ ۱۵ °۵۲ شرقی و عرض ″۲۵ ۲۵ °۳٦ تا ″۵۰ ′۲۰ °۳٦ شمالی گسترش یافته است. شیب متوسط منطقه مورد مطالعه نیز ۲۰ درصد می‌باشد (اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ۱۳۸۲).

از آنجایی که شناخت تأثیرات برداشت شن و ماسه بر غلظت رسوبات معلق نیازمند برداشت نمونه رسوبات معلق در قبل و بعد از محل برداشت شن و ماسه می‌باشد، لذا کلیه‌ی شرایط حاکم بر مقاطع مورد نظر از قبیل امتداد مستقیم بازه، عرض حداقل، دسترسی آسان، ثبات شرایط نسبی هیدرولیکی در عرض و در بین مقاطع در نظر گرفته شد و همچنین با لحاظ اطمینان از عدم برداشت و حداقل دخالت‌های انسانی، مقاطع مورد نظر در بالادست و پایین‌دست معادن مطالعاتی، انتخاب شدند. نمونه‌برداری طی یک دوره‌ی یک‌ساله به‌صورت ماهانه در هر ماه یک‌بار نمونه‌برداری از بهمن ۱۳۹۰ تا دی ماه ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. به‌طوری که برای نمونه‌برداری رسوب معلق ابتدا ظروف نمونه‌برداری پلاستیکی یک لیتری شسته شد (Fernández *et al.,* 2008). سپس به روش انتگراسیون عمقی و در امتداد قائم از رودخانه نمونه‌برداری صورت گرفت (Edwards and Glysson, 1999؛ مهدوی، ۱۳۸٦). هم‌زمان با نمونه‌برداری، ویژگی‌های نمونه‌های برداشت شده از قبیل ساعت، تاریخ و شماره روی ظروف نمونه درج شدند.

سپس حجم معینی از نمونه رسوبات در ظروف یک لیتری ریخته شده تا با استفاده از روش برجای‌گذاری[4] (Sadeghi *et al.,* 2008) به‌مدت ٤۸ ساعت به‌صورت یکنواخت قرار داده تا عمل ته‌نشینی رسوبات صورت پذیرد.

بعد از دو روز، آب روی نمونه‌ها را خالی نموده و باقی‌مانده رسوبات را با آب مقطر شستشو داده (Sadeghi *et al.,* 2006) در داخل ظروفی آلومینیومی با وزن اولیه مشخص ریخته (Pongewn and Putjaroon، 1987؛ صادقی و همکاران، ۱۳۸٤) و سپس به‌مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (Sadeghi *et al.,* 2006؛ Sadeghi *et al.,* 2009؛ Sadeghi, Saeidi and 2010). رسوبات خشک همراه با ظروف آلومینیومی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم وزن و نهایتاً از وزن اولیّه ظروف کسر و سپس غلظت رسوبات معلق در هر نمونه به‌دست آمد.

[4] Decantation



شکل ۱. موقعیت قرارگیری معدن‌های مورد مطالعه در استان مازندران

نتایج و بحث

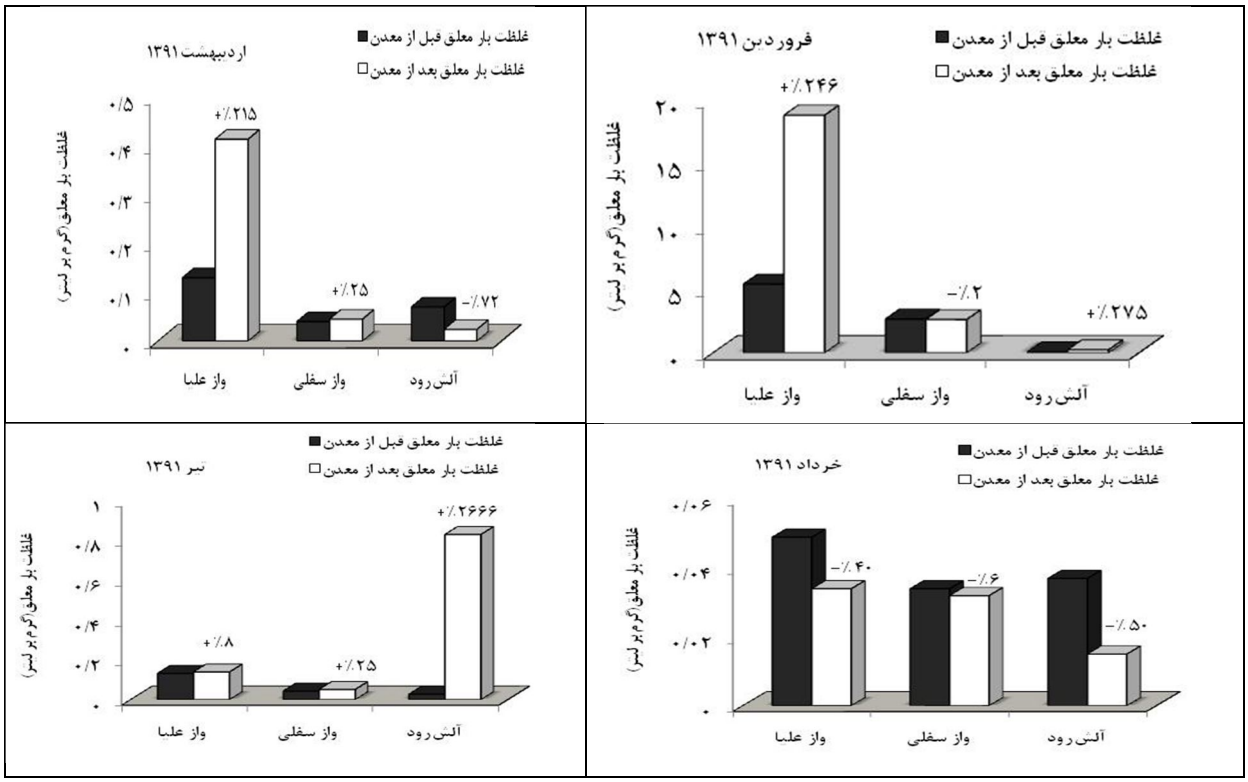
نتایج حاصل از غلظت رسوبات معلق به‌منظور بررسی تاثیر برداشت معدن شن و ماسه با شدت‌های فعالیت و زمان‌های مختلف از بهمن ۱۳۹۰ تا دی ۱۳۹۱ در بالادست و پایین‌دست سه معدن واز علیا، واز سفلی و آلش‌رود طی برداشت نمونه‌های رسوب معلق به‌مدت یک سال در مقیاس ماهانه در جدول ۱ و شکل ۲ ارائه شده است.

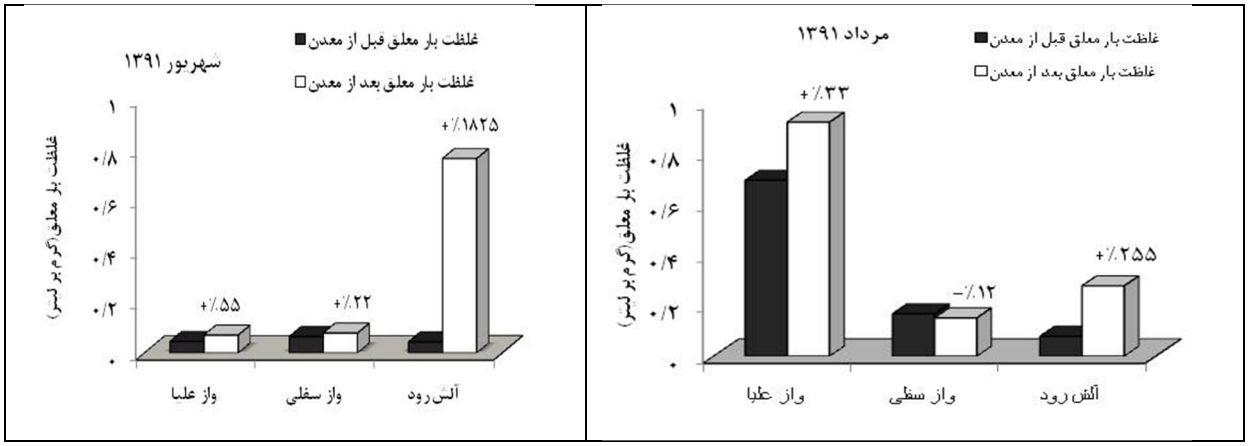
.جدول ۱- مقادیر غلظت رسوب معلق (گرم در لیتر) اندازه‌گیری شده قبل و بعد از معدن‌های مورد مطالعه

معدن / زمان	واز علیا		واز سفلی		آلش‌رود	
	بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست
فروردین ۱۳۹۱	۵/۴۴	۱۸/۸۳	۲/۶۸	۲/۶۳	۰/۰۶	۰/۲۴
اردیبهشت ۱۳۹۱	۰/۱۳	۰/۴۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۲
خرداد ۱۳۹۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲
تیر ۱۳۹۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۸۳
مرداد ۱۳۹۱	۰/۶۹	۰/۹۲	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۲۸
شهریور ۱۳۹۱	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۷۷
مهر ۱۳۹۱	۰/۱۶	۰/۴۷	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۲۰
آبان ۱۳۹۱	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۲۶
آذر ۱۳۹۱	۲/۹۷	۲/۸۴	۰/۷۲	۰/۹۶	۰/۰۹	۰/۱۱
دی ۱۳۹۱	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۰۴	۱/۲۸	۰/۰۳	۰/۱۴
بهمن ۱۳۹۰	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۸
اسفند ۱۳۹۰	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۵	۱/۰۸	۰/۰۶

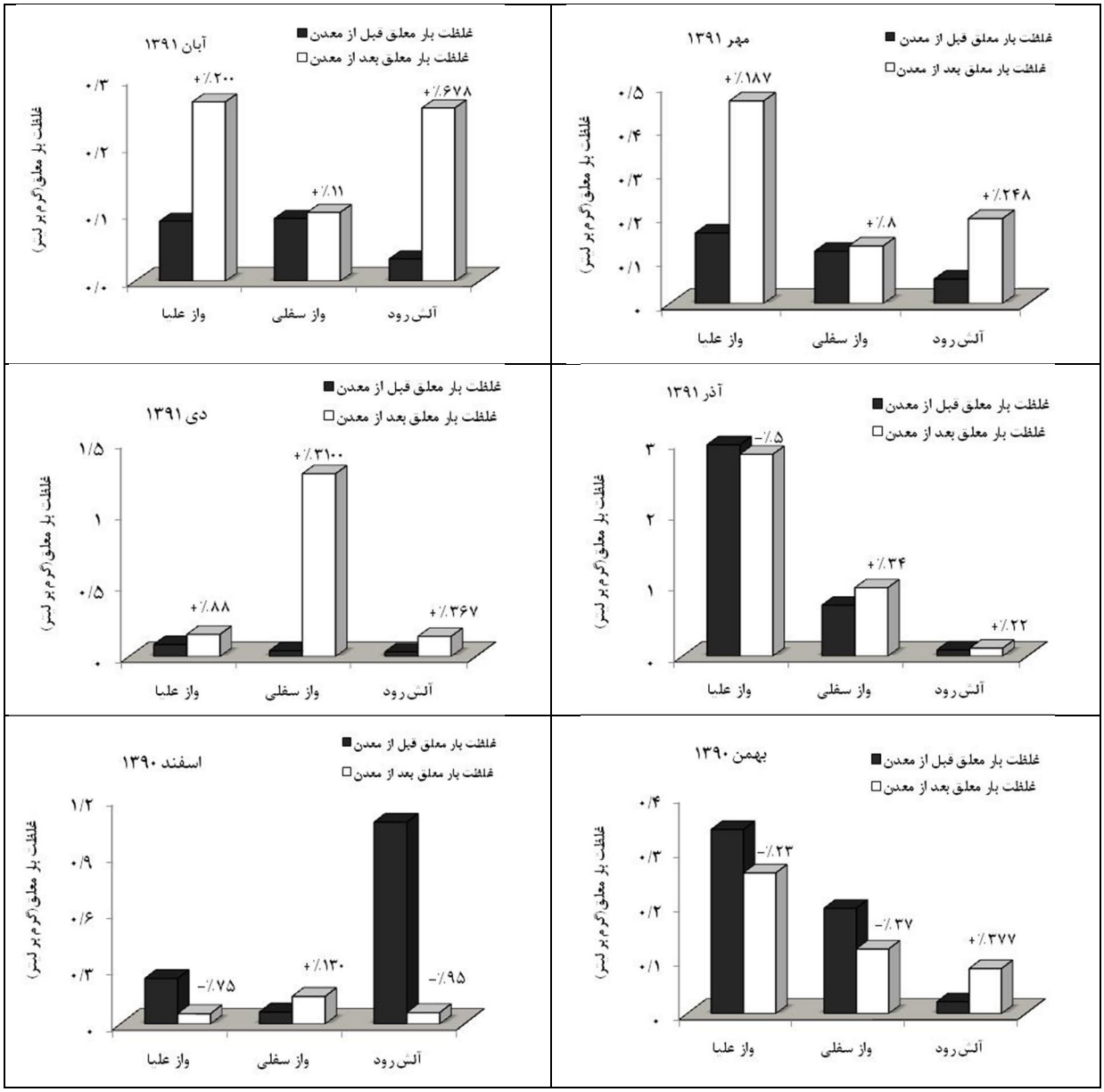
نتایج مربوط به تغییرات غلظت بار معلق در ماه‌های مختلف در سه ایستگاه مطالعاتی با توجه به روش کار ارائه شده، محاسبه گردید. جدول ۱ و شکل ۲ نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت بار معلق را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود و با توجه به جدول ۱، نتایج به‌دست آمده در فروردین ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که در معدن واز علیا، برداشت شن و ماسه در شرایط سیلابی در بالادست و پایین‌دست معدن صورت گرفته، علاوه بر این‌که باعث تغییرات مکانی جریان و عرض بستر در پایین‌دست شده، غلظت بار معلق در بعد از معدن با مقدار ۱۸/۸۳ گرم در لیتر حدود ۲/۵ برابر نسبت به بالادست افزایش یافته است. نتایج مذکور با (Kumar and Das, 2000)، (Lana-Renault and Regues, 2007) و (سعیدی و صادقی ۱۳۸۹) مبنی بر افزایش بار معلق علاوه بر دبی، متأثر از بارش و تغییرات زمانی، مطابقت دارد. حال آن‌که تغییرات گزارش شده در معدن واز سفلی، واقع در چند کیلومتری پایین‌تر از محل معدن و با شرایط مشابه با شرایط حاکم بر واز علیا تطابق ندارد. شیب بیش‌تر و هم‌چنین دخالت زیادتر ناشی از برداشت معدن واز علیا از دلایل مهم برای توجیه تغییرات گزارش شده می‌باشد. در معدن آلش‌رود، تأمین شن و ماسه در محل دپو از طریق برداشت کناره‌های رودخانه صورت پذیرفته و هم‌چنین گودال‌هایی ناشی از برداشت در ماه‌های قبل، در اثر فعالیت‌های جدید یا از بین رفته و یا تغییر کرده‌اند. لذا این فعالیت‌ها باعث افزایش غلظت بار معلق حتی با وجود تغییر کم در دبی جریان در پایین‌دست معدن نسبت به بالادست معدن و در حد ۲۷۵ درصد شده است.





شکل ۲. نمودار تغییرات ماهانه غلظت بار معلق قبل و بعد معدن در ایستگاه‌های مورد مطالعه



ادامه شکل ۲. نمودار تغییرات ماهانه غلظت بار معلق قبل و بعد معدن در ایستگاه‌های مورد مطالعه

در اردیبهشت ۱۳۹۱ نیز بر اساس شکل ۲، فعالیت و برداشت در معدن واز علیا، باعث افزایش قابل توجه غلظت بار معلق (بیش از دو برابر) در پایین‌دست نسبت به بالادست شده است. عدم فعالیت معدن در واز سفلی باعث گردید تا برای دومین ماه متوالی غلظت بار معلق در قبل و بعد از معدن ثابت و بدون تغییر باشد. حال آن‌که در معدن آلش‌رود با توجه به ثبات شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی و عدم فعالیت در مقطع رودخانه، غلظت بار معلق در بالادست معدن بیش‌تر از پایین‌دست معدن بوده است. وجود گودال‌ها در بستر رودخانه (Kondolf *et al.,* 2002) ناشی از بهره‌برداری و هم‌چنین پهن‌شدگی زیاد بستر آن بعد از معدن (Chen, 2011) به عنوان عوامل اصلی کاهش غلظت بار معلق پس از معدن محسوب می‌شوند. در خرداد ۱۳۹۱ نیز عدم فعالیت در ایستگاه واز علیا و آلش‌رود به‌دلیل شرایطی از قبیل کاهش شیب، پهن‌شدگی مقطع و ایجاد گودال‌ها باعث کاهش غلظت بار معلق بعد از معدن شده است. در معدن واز سفلی نیز به نظر می‌رسد پس از گذشت زمان و تعطیلی معدن تغییرات غلظت بار معلق در قبل و بعد از معدن بسیار کم بوده است.

نتایج غلظت بار معلق در تیر ۱۳۹۱ با توجه به شکل ۲ و داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که در معدن واز علیا با توجه به این‌که برداشت شن و ماسه در محل معدن صورت گرفته است ولی به‌دلیل وقوع بارندگی، غلظت بار معلق در بالادست نیز به‌سبب وجود دیواره‌های ریزدانه، سست و با شیب تند و انتقال رسوبات آن توسط رواناب‌ها به مقطع رودخانه، به نسبت غلظت بار معلق در پایین‌دست افزایش یافت. در معدن واز سفلی نیز افزایش غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن فقط متأثر از اضافه شدن رسوبات کنار رودخانه‌ای توسط رواناب‌ها در فاصله‌ی بین دو محل نمونه‌برداری در بالادست و پایین‌دست بوده است. اما در معدن آلش‌رود، غلظت بار معلق در پایین‌دست رودخانه نسبت به بالادست آن با افزایش بسیار بالا و به‌میزان ۳۰ برابری بوده است. یکی از مهم‌ترین دلایل آن افزایش برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه می‌باشد.

بر اساس شکل ۲ و با توجه به جدول ۱ در مرداد ۱۳۹۱ می‌توان این‌گونه بیان کرد که در معدن واز علیا غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن ۳۳/۰٤ درصد بیش‌تر از بالادست معدن بوده است. برداشت در معدن توسط افراد بومی در مقاطع کناری رودخانه صورت می‌گرفت. در معدن واز سفلی نیز مقدار غلظت بار معلق در بالادست معدن ۱۲ درصد بیش‌تر از پایین‌دست معدن بود. دلیل این امر فعال نبودن معدن مذکور در زمان برداشت نمونه بوده است. در معدن آلش‌رود نیز برداشت شن و ماسه در اطراف رودخانه و فعالیت‌های شدید با استفاده از تجهیزات نسبتاً سنگین برداشت شن و ماسه از قبیل لودر در محل دپو صورت می‌گرفت. در معدن آلش‌رود، پایین‌دست معدن نسبت به بالادست آن به‌دلیل برداشت معدن در بستر رودخانه و در محل دپو توسط تجهیزات سنگین غلظت بار معلق ۲۵۵/۱۲ درصد نسبت به قبل از معدن افزایش یافت. تحلیل نتایج به‌دست آمده از تغییرات بار معلق در مرداد ماه برای هر یک از معادن مورد مطالعه نشان داد که در هر شرایطی هم‌زمان با برداشت شن و ماسه و با هر شیوه برداشت، غلظت بار معلق پس از معدن افزایش یافته است.

دقت در شکل ۲ در شهریور ۱۳۹۱ نشان می‌دهد که در معدن واز علیا در بالادست و پایین‌دست معدن به‌دلیل برداشت شن و ماسه توسط افراد بومی، غلظت بار معلق بعد از معدن ۵۵/۵۵ درصد بیش‌تر از قبل معدن بود. برداشت شن و ماسه باعث ایجاد چاله‌های کوچکی شده که نه تنها باعث افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست و افزایش انتقال رسوبات بستری شده بلکه باعث گسترش چاله‌های برداشت به سمت بالادست (Kondolf *et al.,* 2002) نیز شده است. در معدن واز سفلی به‌دلیل فعالیت در محل دپو تفاوت اندکی (۲۱/۸۷

درصدی) در میزان غلظت بار معلق در معدن مشاهده شد. در معدن آلش‌رود، غلظت بار معلق پایین‌دست معدن نسبت به بالادست معدن به نسبت قابل توجهی حدود ۱۷ برابر افزایش یافته است. در این ماه فعالیت شدید برداشت شن و ماسه در محل دپو انجام می‌گرفت که باعث ورود جریان گل‌آلود از طریق روان‌آب‌های محل دپوی شن و ماسه به رودخانه می‌شد.

داده‌های مربوط به مهر ۱۳۹۱ در جدول ۱ و شکل ۲ نیز نشان می‌دهد که در معدن واز علیا با افزایش برداشت شن و ماسه از رودخانه، میزان غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن نسبت به بالادست آن حدود ۱۸۷/۳۰ درصد افزایش داشته است. در معدن واز سفلی غلظت بار معلق در بالادست و پایین‌دست معدن تقریباً ثابت بوده و تغییر محسوسی نداشت. در معدن آلش‌رود برداشت شن و ماسه از رودخانه و فعالیت معدن باعث افزایش ۲٤۸/۲۱ درصدی غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن شد به‌نحوی که در بالادست معدن آب رودخانه کاملاً صاف و زلال ولی در پایین‌دست گل‌آلود بود.

در آبان ۱۳۹۱ نیز نتایج حاکی از آن است که در معدن واز علیا در اثر فعالیت برداشت شن و ماسه با تراکتور و ترددهای متعدد، تغییرات زیادی در میزان غلظت بار معلق مشاهده شد به‌نحوی که غلظت بار معلق در پایین‌دست این ماه به ۰/۲۷ گرم در لیتر رسید. در معدن واز سفلی نیز افزایش غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن متأثر از اضافه شدن رسوبات کنار رودخانه‌ای در اثر ریزش‌ها و شستشوی جریان در فاصله‌ی بین دو محل نمونه‌برداری در بالادست و پایین‌دست بوده است. در معدن آلش‌رود نیز در اثر فعالیت شدید معدن شن و ماسه، غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن نسبت به بالادست معدن ٦۷۸/۷۸ درصد افزایش یافت.

مطابق شکل ۲ و جدول ۱ در آذر ۱۳۹۱، در معدن واز علیا برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه توسط افراد بومی با تراکتور به‌شدت در حال انجام بود. در این ماه علاوه بر برداشت شن و ماسه از رودخانه، ذوب ناگهانی برف، بارش یافته طی روزهای گذشته در بالادست منطقه و روان‌آب ناشی از آن نیز باعث افزایش انتقال ذرات ریز به داخل رودخانه شده که باعث افزایش غلظت بار معلق نسبت به ماه‌های قبل شد. نتایج حاصل با افزایش بار شسته از سطح حوزه آبخیز و تغییر در دانه‌بندی رسوبات به دلایل گفته شده با یافته‌های Ryan and Dioxon, (2008؛ Ashraf *et al.,* 2011 و Sracek *et al.,* 2012) در این خصوص مطابقت دارد. در معدن واز سفلی مقدار غلظت بار معلق پایین‌دست معدن حدود ۳٤ درصد نسبت به بالادست معدن بیش‌تر شده است. در این ماه برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و محل دپو توسط لودر و کامیون انجام می‌گرفت. در این ماه در اثر فعالیت‌های صورت گرفته و تغییر بستر رودخانه در محل برداشت شن و ماسه، گودال‌هایی به‌وجود آمده بود که باعث کاهش سرعت آب و ایجاد فرصت ته‌نشینی رسوبات حمل شده توسط جریان شد. در معدن آلش‌رود به‌دلیل فعالیت معدن در محل دپو و خارج از بستر رودخانه، غلظت بار معلق در بعد از معدن تغییر محسوسی نداشته است.

نتایج تحلیل در دی ۱۳۹۱ نشان داد که در هر سه معدن شن و ماسه مقدار غلظت بار معلق در پایین‌دست معادن نسبت به بالادست آن‌ها به‌ترتیب ۱۸۳، ۳۲۰ و ٤۳۰ درصد افزایش داشته است. افزایش غلظت رسوب معلق پس از معدن هم‌چون سایر ماه‌های واجد تغییرات با نتایج (Brown *et al.,* 1998) در امریکا، (Ashraf *et al.,* 2011) در مالزی، (صادقی و خیرفام، ۱۳۹۰) در حوزه آبخیز کجور مطابقت دارد. با توجه به این امر که پس از برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌های شنی و درشت‌دانه چاله‌هایی در بستر آن‌ها به‌وجود آمده که جریان، رسوبات خود را در این چاله‌ها بر جای گذاشته و پس از آن‌که ظرفیت و توان حمل جریان بیش‌تر شده، با برداشت رسوبات ریزدانه‌ای که قبلاً جریان ظرفیت حمل آن را

نداشته است، غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن افزایش محسوسی را داشته است. (Lee *et al.,* 1993؛ Nalluri and Featherstone, ؛Walling and Fang, 2003 2001؛ Ashraf *et al.,* 2011؛ صادقی و خالدی‌درویشان، ۱۳۸۵و جباری و فرضی، ۱۳۸۸) نتایج مشابهی را گزارش داده‌اند.

نتایج در بهمن ۱۳۹۰ نیز نشان می‌دهد که در معدن واز علیا با وجود برداشت معدن یک روز قبل از نمونه‌برداری مقدار غلظت بار معلق قبل از معدن حدود ۲۳ درصد نسبت به بعد از معدن بیش‌تر بود. سست بودن دیواره‌های مقطع رودخانه در بالادست معدن و انتقال ذرات ریز در اثر روان‌آب حاصل از بارندگی و ذوب برف به داخل رودخانه را می‌توان دلیل آن برشمرد که با نتایج پژوهش‌گران پیشین از قبیل (Matinez-Mena *et al.,* 2001؛ Rinaldi *et al.,* 2005؛ Ryan and Dioxon, 2008) مطابق است. اما با توجه به این‌که پس از معدن، عرض رودخانه افزایش و طبعاً سرعت آب کاهش می‌یابد لذا امکان افزایش ته‌نشینی ذرات معلق وجود داشته که باعث کاهش غلظت بار معلق در بعد از معدن شده است. در معدن واز سفلی نیز مقدار غلظت بار معلق ۳۶ درصد در بالادست معدن بیش‌تر از پایین‌دست معدن بود. دلیل این امر را می‌توان به فعال نبودن معدن مذکور در زمان برداشت نمونه و هم‌چنین شرایط طبیعی رودخانه در مقاطع نمونه‌برداری نسبت داد. اما در معدن آلش‌رود نیز به‌دلیل صنعتی بودن و برداشت معدن توسط تجهیزات سنگین، بستر رودخانه در محل معدن و هم‌چنین به‌دلیل دانه‌ریز بودن رسوبات بستر، رودخانه دارای شرایط سیستم ناپایداری بوده که افزایش غلظت بار معلق پایین‌دست معدن مذکور تا ۳۷۷ درصد نسبت به بالادست معدن شده است.

نتیجه شکل ۲ مربوط به اسفند ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که در معدن واز علیا به علت ذوب برف و انتقال رسوبات کناره‌ی رودخانه به داخل رودخانه (Matinez-Mena *et al.,* 2001)، غلظت بار معلق در مقطع بالادست معدن ۳/۵۲ برابر بیش‌تر از پایین‌دست معدن بود. کاهش شیب و عریض‌تر شدن مقطع رودخانه در پایین‌دست معدن و ته‌نشینی رسوبات جریان را می‌توان دلیل کاهش غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن دانست. در معدن واز سفلی با وجود تعطیلی معدن شن و ماسه، غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن ۱۳۰ درصد افزایش یافته که علاوه بر تأثیر تخریب مقطع رودخانه در محل معدن، ذوب برف و افزایش غلظت بار معلق از بالادست به پایین‌دست را می‌توان عامل مؤثر دیگر در افزایش غلظت بار معلق در پایین‌دست معدن نسبت به بالادست دانست. به‌طور کلی نتایج بیانگر افزایش مقدار غلظت بار معلق در قبل از معدن واز علیا در برخی از ماه‌ها نسبت به دو معدن دیگر بود، دلیل این امر وجود دیواره‌های سست و عمیق این مقطع از رودخانه بود که ذرات رسوب با بارش باران و یا در اثر روان‌آب حاصل از ذوب برف به‌داخل رودخانه ریخته شده و غلظت بار معلق را افزایش داد که با یافته‌های (Matinez-Mena *et al.,* 2001؛ Rinaldi *et al.,* 2005؛ Ryan and Dioxon, 2008؛ Ashraf *et al.,* 2011 ؛ Sracek *et al.,* 2012) مطابقت دارد. وقوع بارش، سطح و مقدار فعالیت معدن و تغییرپذیری مؤلفه‌های مؤثر بر انتقال رسوب (ریزش دیواره‌ها، تغییر شیب و دبی) و هم‌چنین اثر ترکیبی آن‌ها از عوامل مؤثر بر تغییر غلظت رسوب معلق در معادن مورد نظر ارزیابی شدند. نتایج به‌دست آمده با گزارش‌های (Brown *et al.,* 1998؛ Lee *et al.,* 1993؛ Kondolf, G.M. 1997؛ Rinaldi *et al.,* 2005؛ صادقی و خالدی‌درویشان، ۱۳۸۵؛ جباری و فرضی، ۱۳۸۸ و صادقی و خیرفام، ۱۳۹۰) در این خصوص هم‌سو است. همچنین دامنه تأثیر معنی‌داری حداکثر ۶۰۰ متر، (جباری و فرضی، ۱۳۸۸) و ۱۰۰ متر در تحقیقات مشابه، (ذاکری، ۱۳۹۲) و در خصوص فاصله تأثیر برداشت معدن بر غلظت رسوبات نیز تائید شده است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان

جمع‌بندی نمود که، مقدار غلظت بار معلق در شرایط فعالیت معدن و شدت برداشت افزایش بیش‌تری نسبت به قبل از معدن داشته است. هم‌چنین از عوامل دیگر در تغییر بار معلق می‌توان به جنس مقطع رودخانه و شرایط جوی و شیب اشاره کرد. به هر تقدیر می‌توان اظهار نمود که شرایط سخت حاکم بر زمان و معدن مورد مطالعه از قبیل وقوع بارش، فعالیت معدن، نوع وسیله و ابزار مورد استفاده، میزان دخالت و تغییر حاصل از معدن‌کاوی در بستر رودخانه، حد آستانه متغیرهای مؤثر مثل دبی، اثرات ترکیبی عوامل اشاره شده منجر به تأثیرات مختلف بر غلظت رسوبات معلق رودخانه شده است. همچنین دامنه زمانی و مکانی اثر نیز کاملاً تغییرپذیر بوده لکن ماندگاری زمانی آن طی مدت بسیار محدود و قاعدتاً هم زمان با مدت برداشت و نیز دامنه اثر محدود و حداکثر در حد چند صد متر مورد تائید قرار گرفت. لکن انجام پژوهش‌های مشابه در مقیاس زمانی کوچک‌تر و در فواصل مکانی مختلف از معادن به‌منظور تداوم و حصول نتایج جامع پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از مساعدت‌های صندوق حمایت از پژوهش‌گران و فناوران کشور به‌سبب حمایت از طرح ۱۰۱۱۰۰۰۱۲-۱۲ و زمینه‌سازی اجرای پژوهش حاضر کمال تشکر را دارد.

فهرست منابع

اداره کل منابع طبیعی استان مازندران. ۱۳۸۲. طرح جنگلداری غرب هراز. سری ۵ آلش رود، آبخیز ۵۱، جنگل‌های شمال کشور، صنایع چوب و کاغذ مازندران، ۳۷۹ ص.

جباری ا. و فرضی ه. ۱۳۸۸. تولید شن و ماسه و نتایج آن در تغییر الگوی حمل بار رسوب رودخانه رازآور، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، ۲٤ (۲): ۱٤۵- ۱٦۰.

خالقی پ. ۱۳۷۷. نیمرخ جنگل‌های خزر(وازرود)، انتشارات مؤسسه پژوهشات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ۳۸۰ص.

رستمی م. و اردشیر ع. ۱۳۸۰. ارائه روشی به‌منظور بهبود برآورد بار رسوب معلق رودخانه‌ها، سومین کنفرانس هیدرولیک رسوب، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۵-۱۷، ۱-۸ ص.

ذاکری م.ع. ۱۳۹۲. تغییرپذیری زمانی بار رسوبی حوضه‌ای و آبراهه‌ای در رودخانه کجور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندس آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۸۰ ص.

سعیدی پ. و صادقی س. ح.ر. ۱۳۸۹. تحلیل رسوب‌نگارها و حلقه‌های سنجه مشاهداتی رگبارها در حوزه‌ی آبخیز آموزشی دانشگاه تربیت مدرس. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۷(۱): ۹۷-۱۱۷.

صادقی س.ح.ر.، توفیقی ب. و مهدوی م. ۱۳۸٤. تهیه مدل تخمین رسوب لحظه‌ای در حوزه‌ی آبخیز زرین درخت، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(٤): ۷۵۹-۷٦۷.

صادقی س.ح.ر. و خالدی‌درویشان ع. و. ۱۳۸۵. بررسی نقش برداشت شن و ماسه بر افزایش توان حمل رسوب رودخانه، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، ۲٤ تا ۲٦ بهمن، ۱۳۸۵: ۸۸-۸۹.

صادقی س.ح.ر.، خالدی‌درویشان ع.و. و غلامی ل. ۱۳۸۷. تأثیر برداشت شن و ماسه بر خصوصیات ریخت سنجی رسوبات بستر رودخانه، نشریهٔ انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، ۱(۲): ۷۵-۸٦

صادقی س.ح.ر. و خیرفام ح. ۱۳۹۰. تأثیر برداشت شن و ماسه بر میزان انتقال بار معلق و بستر در رودخانه‌ی کجور. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، ۱۰ تا ۱۱ اسفند، ۷ ص.

صادقی، ح. و ذاکری، م. ۱۳۹۲. توزیع اندازه ذرات رسوب معلق در فواصل زمانی معین در رودخانه کجور. مجله حفاظت منابع آب و خاک، ۳ (۲): ۷۳-۸۲

متولی ص. ۱۳۷٤. مکانیسم فرسایش توده‌ای و روش‌های پیشگیری و مبارزه با آن در حوزه آبخیز واز بخش چمستان نور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، ۲٤۳ص.

مهدوی م. ۱۳۸٦. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ٤۲٤ ص.

Ashraf, M.A., Maah, M.J., Yusoff, I., Wajid, A. & Mahmood. K., 2011. Sand mining effects, causes

sampling plots in Province, Thailand, In: Proceeding of Forest Hydrology and Watershed Management, August 1987, IAHS-AISH Publication, 22: 167-198.

Rinaldi, M., Wyzga, B. & Surian, N., 2005. Sediment mining in alluvial channels: Physical effects and management perspectives, River Research and Applications, 21(7): 805-828.

Ryan, S.E. & Dioxon, M.K., 2008. Spatial and temporal variability in stream sediment loads using examples from the Gros Venter Range, Wyoming, USA, Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration. 6(11): 387-407.

Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi Amin, S., Vafakhah, M., Yasrebi, B. & Esmaeili Sari, A., 2006. Suitable drying time for suspended sediment samples, Iran, International Sediment Initiative Conference, Khartoum, Sudan. Nov. 12-16, 2006: 71.

Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S. & Onda, Y., 2008. Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed, Journal of Hydrology, 356: 271- 282.

Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Singh, J.K. & Tofighi, B., 2009. Applicability of instantaneous unit sediment graph model in an Iranian large watershed. International Journal of Ecological Economics & Statistics, USA, 13 (9): 30-45.

Sadeghi, S.H.R. & Saeidi, P., 2010. Reliability of sediment rating curves for a deciduous forest watershed in Iran, Hydrological Sciences Journal, 55 (5): 821- 831.

Salahuddin, J.S., 2009. River sand mining management guideline, Department of Irrigation and Drainage (DID), River Engineering and Urban Drainage Research Centre (REDAC) Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia, Malaysia, 85 pp.

Sracek, O., Bohdan, K., Martin, M., Vladimír, M., František, V., Zbyněk, V. & Imasiku, N., 2012. Mining-related contamination of surface water and sediments of the Kafue River drainage system in the Copper belt district, Zambia: An example of a high neutralization capacity system, Journal of Geochemical Exploration 112: 174-188.

Vignati, D., 2003. Characterization of Bed Sediment and Suspension of the River Po (Italy) During Normal and High Flow Conditions, Water Research (37): 2847-2864.

Walling, D.E. & Fang, D., 2003. Trends in the suspended sediment loads of the world's rivers, Global and Planetary Change, 39: 111-126.

and concerns. A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia, Scientific Research and Essays, 6(6): 1216-1231.

Bayram, A., Onsoy, H., Kankal, M., Komurcu, M.I., 2013. Spatial and temporal variation of suspended sediment concentration versus turbidity in the stream Harsit Watershed, NE Turkey. Arab J Geosci, DOI 10.1007/s12517-013-1122-z.

Brown, A.V., Littly, M.M. & Brown, K.B., 1998. Impacts of gravel mining on gravel bed streams, Transactions of the American Fisheries Society, 127: 979-994.

Chen, D., 2011. Modeling channel response to in stream gravel mining, Sediment Transport - Flow and Morphological Processes, 250 pp.

Edwards, T.K. & Glysson, G.D., 1999. Field methods for measurement of fluvial sediment, USGS Open-file Report Book 3 (Chapter 2): 1-97.

Fernández, S., Villanueva, U., de Diego, A., Arana, G. & Madariaga, J.M., 2008. Monitoring trace elements (Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn) in deep and surface waters of the estuary of the Nerbioi-Ibaizabal River (Bay of Biscay, Basque Country), Journal of Marine Systems, 72: 332-341.

Kondolf, G.M., 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels, Environmental Management, 21 (4): 533-551.

Kondolf, G.M., Pigay, H. & Landon, N., 2002. Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrast between two catchments, Geomorphology, 45: 35-51.

Kumar, A. & Das. G., 2000. Dynamic model of daily rainfall, runoff and sediment yield for a Himalayan Watershed. Journal of Agricultural Engineering Research. 75: 189-193.

Lana-Renault, N. & Regues, D., 2007. Bedload transport under different flow conditions in a human-disturbed catchment in the Central Spanish Pyrenees, Catena. 71:155-163.

Lee, H.Y., Fu, D.T. & Song, M.H., 1993. Migration of Rectangular Mining Pit Composed of Uniform Sediments, Journal of Hydraulic Engineering, 119(1): 6480.

Matinez-Mena, M., Castillo, V. & Albaladejo, J., 2001. Hydrological and erosional response to natural rainfall in a semi-arid area of South-East Spain, Journal of Hydrological Processes, 15:557 - 571.

Nalluri, C. & Featherstone, R.E., 2001. Civil engineering hydraulics, Blackwell Science, Oxford, UK. 448 pp.

Putjaroon, W. & Pongewn, K., 1987. Amount of runoff and soil losses from various landuse