فصلنامه علمی-پژوهشی
پژوهش‌های فرسایش محیطی
سال سوم، شماره ۱۱، پاییز ۱۳۹۲، صص ۶۳-۵۵
www.magazine.hormozgan.ac.ir

تغییرات زمانی و مکانی غلظت رسوب معلق در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه

محمدعلی ذاکری [۱*]، سید حمیدرضا صادقی [۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، zakeri.3132@gmail.com
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، sadeghi@modares.ac.ir

چکیده

رشد روزافزون جمعیت سبب نیاز بیش‌تر جوامع بشری به استفاده از منابع طبیعی مانند شن و ماسه شده است. برداشت مستقیم شن و ماسه از بستر رودخانه منجر به افزایش غلظت رسوبات معلق در پایین‌دست محل برداشت و بروز مشکلات مختلفی از جمله پر شدن مخازن سدها، تغییر خصوصیات هیدرولیکی کانال و خسارات محیط زیستی می‌گردد. حال آن‌که دامنه تاثیرپذیری زمانی و مکانی این دخالت‌ها تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی غلظت رسوب معلق پس از برداشت شن و ماسه در رودخانه‌ی کجور در حوزه‌ی آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در استان مازندران انجام شد. برای این منظور، تاثیر برداشت‌های معمول شن و ماسه از بستر رودخانه در فاصله‌ی زمانی و مکانی به‌ترتیب صفر تا ۴ ساعت و صفر تا ۲۰۰ متر مدنظر قرار گرفت و سپس تغییرات غلظت در بازه‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که غلظت رسوب معلق پس از یک برداشت کوچک محلی، تا فاصله‌ی مکانی ۱۰۰ متر و فاصله‌ی زمانی حدوداً ۲ ساعت دارای تغییرات محسوسی بوده است. هم‌چنین نتایج تحلیل آماری با استفاده از آزمون مدل خطی عمومی اندازه‌گیری تکرار شده نیز نشان داد که افزایش غلظت رسوب معلق در بازه‌ی ۵۰ متری پس از محل برداشت شن حدود ۳۰ دقیقه ($P=۰/۰۵$) و در بازه‌های صفر تا ۲۰۰ متر پس از محل برداشت نسبت به نمونه قبل از برداشت شن حدود ۱۰ دقیقه ($P=۰/۰۱$) معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی:

برداشت معادن، تولید رسوب، رودخانه‌ی کجور، مدیریت بهره‌برداری معادن.

Quarterly Journal of
Environmental Erosion Researches
No. 11, Autumn 2013, pp: 55-63
www.magazine.hormozgan.ac.ir

Temporal and Spatial Variation of Suspended Sediment Concentration at Downstream of a Sand Mine

Mohamad Ali Zakeri [*], Seyed Hamid Reza Sadeghi [2]

1- Former MSc Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

2- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

Abstract

The growing population led to greater human need to use natural resources such as sand and gravel mines. Direct removal of sands from the bed river leads to increase suspended sediment concentrations in downstream of harvested area and creates other problems viz. filling reservoirs, change in hydraulic characteristics of the channel and environmental damages. However, the range of temporal and spatial effectibility of such human interferes has been rarely considered. The present study, therefore, aimed to investigate the spatial and temporal variation of suspended sediment concentration in the Kojour River in Educational and Research Forest Watershed of Tarbiat Modares University in Mazandaran Province, Iran. Towards this attempt, the effect of a conventional sand and gravel mining on suspended sediment concentrations was studied in a range of 0 to some 4 h and 0 to some 200 m from the beginning and location of mining, respectively. The results showed that the exploitation from a local small sand and gravel mines had remarkable impact on suspended sediment concentration at a distance of approximately 100m and 2 h after mine exploitation. The statistical results by General Linear Model in Repeated Measure factor verified the increasing trend in suspended sediment in range of 50m after about 30 min of mining (P=0.05), while the effect of mining on increasing suspended sediment concentration could be recognized up to 200 m from the location of study up to about 10 min (P=0.01) of time of sand mining.

Keywords:

Kojour River, Mines exploitation management, Mining, Sediment Yield

۱. مقدمه

یکی از پیامدهای رشد جمعیت افزایش ساخت و ساز و استفاده بیشتر از منابعی مانند شن و ماسه است. شن و ماسه به عنوان یک ماده معدنی مهم و مورد نیاز برای جوامع بشری محسوب می‌گردد. هم‌چنین معادن شن و ماسه رودخانه‌ای به دلایل مختلفی از جمله دوام بالا، جورشدگی مناسب و از همه مهم‌تر قابلیت دسترسی، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده ساکنان حوزه‌های آبخیز قرار می‌گیرند (Kondolf, 1994). افزایش بی‌رویه‌ی برداشت شن و ماسه در سال‌های اخیر سبب بروز مشکلات محیط زیستی شده است. تغییر رنگ، کاهش اسیدیته، افزایش هدایت الکتریکی، افزایش غلظت یون‌های سولفات و آهن و فلزات سنگین سمی و کاهش اکسیژن محلول آب برخی مشکلاتی است که به سبب افزایش دخالت‌های بشری در رودخانه ایجاد شده است (Saviour, 2012). برداشت شن و ماسه به طور مستقیم از درون جریان آب باعث تغییر هندسه کانال و ارتفاع بستر می‌گردد و ممکن است منجر به انحراف جریان، انباشت رسوب و حفر چاله‌های عمیق گردد (Sandecki,1989). برش ناشی از برداشت شن در رودخانه ممکن است تا چند کیلومتر در بالادست رودخانه اصلی (Scott, 1973; Stevens et al., 1990) و شاخه‌های فرعی ادامه پیدا کند (Harvey and Schumm, 1987). تخریب پل‌ها و سایر سازه‌های آبی و نیز کاهش قدرت تخم‌ریزی آبزیان از دیگر مواردی است که ناشی از افزایش رسوبات در اثر برداشت بی‌رویه‌ی شن و ماسه می‌باشد (Kondolf, 1994).

مطالعات متعددی در رابطه با تاثیر برداشت معادن شن و ماسه بر شاخص‌های محیط زیستی و همچنین فیزیکی و هیدرولیکی رودخانه‌ها انجام پذیرفته است. Kondolf, 1997، Simon & Rinaldi (1998) و Kondolf et al., 2002 با مطالعه تاثیر برداشت شن و ماسه بر رژیم جریان و انتقال بار رسوبی در مناطق مختلف جهان به این نتیجه رسیدند که چاله‌های ایجاد شده در اثر برداشت شن و ماسه علاوه بر افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست و افزایش انتقال رسوبات بستری، سبب گسترش چاله‌های برداشت به سمت بالادست شده است. Marston et al., 2003 با پژوهش‌های خود بر میزان رسوبات رودخانه Malnant فرانسه نشان دادند که برداشت شن و ماسه باعث جابه‌جایی ۱۶۳۰۰۰ متر مکعب رسوب در سال در این رودخانه شده است. Rovira et al., 2005 میزان رسوب حمل شده در رودخانه Tordera در اسپانیا در بازه زمانی طولانی پس از برداشت شن و ماسه را بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که پس از گذشت ۱۵ سال از پایان برداشت شن و ماسه از این رودخانه، اختلاف ارتفاعی در حدود ۲ متر در طول بازه برداشت ایجاد شده است. Wishart et al., 2008 نیز به بررسی اهمیت استخراج شن درون کانال رودخانه و اثر آن در پلان سایش رودخانه در شمال انگلستان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که در ۱۵۰ سال گذشته الگوی کلی بازه‌ای از رودخانه که در آن استخراج صورت گرفته مشابه بازه‌ای است که در آن استخراج شن انجام نشده بود که این امر نشان‌دهنده‌ی تمایز سخت عملکرد فاکتورهای دارای مقیاس حوضه‌ای و محلی است. Martin-vid et al., 2010 داده‌های تاریخی مربوط به استخراج شن و ماسه از رودخانه Gallego اسپانیا را مورد بررسی قرار دارند. نتایج نشان داد میزان استخراج شن و ماسه در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه یک میلیون تن و میزان تولید آبرفت برابر دو میلیون تن بوده است.

در ایران نیز نوحه‌گر و محمودی (۱۳۸۲) اثرات برداشت شن و ماسه بر شکل بستر و رژیم رودخانه‌ی میناب را مورد بررسی قرار دادند و میزان متوسط برداشت ۲۷۵۰۰۰ متر مکعب در سال را برای این رودخانه مناسب ارزیابی نمودند. ایشان همچنین بیان نمودند که چاله‌های ناشی از برداشت شن و ماسه سبب افزایش فرسایش در بالادست و کاهش اندازه‌ی ذرات در پایین‌دست شده است. صادقی و خالدی‌درویشان (۱۳۸۵) با پژوهش‌های خود در رودخانه‌ی واز مازندران اعلام نمودند برداشت شن و ماسه از این رودخانه سبب کاهش چشمگیر حد آستانه‌ی حرکت ذرات و افزایش شایستگی جریان در حمل رسوب شده است. صادقی و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر برداشت شن و ماسه بر خصوصیات ریخت‌سنجی رسوبات بستر رودخانه‌ی واز مازندران را بررسی نمودند. نتایج نشان داد با وجود شرایط هیدرولیکی نسبی مشابه در مقاطع قبل و بعد از معادن مورد مطالعه، اغلب خصوصیات ریخت‌سنجی بررسی شده در پایین‌دست معادن تغییر یافته است. جباری و فرضی (۱۳۸۸) تغییرات بار رسوبی معلق در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه در رودخانه رازآور را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در محل برداشت شن و

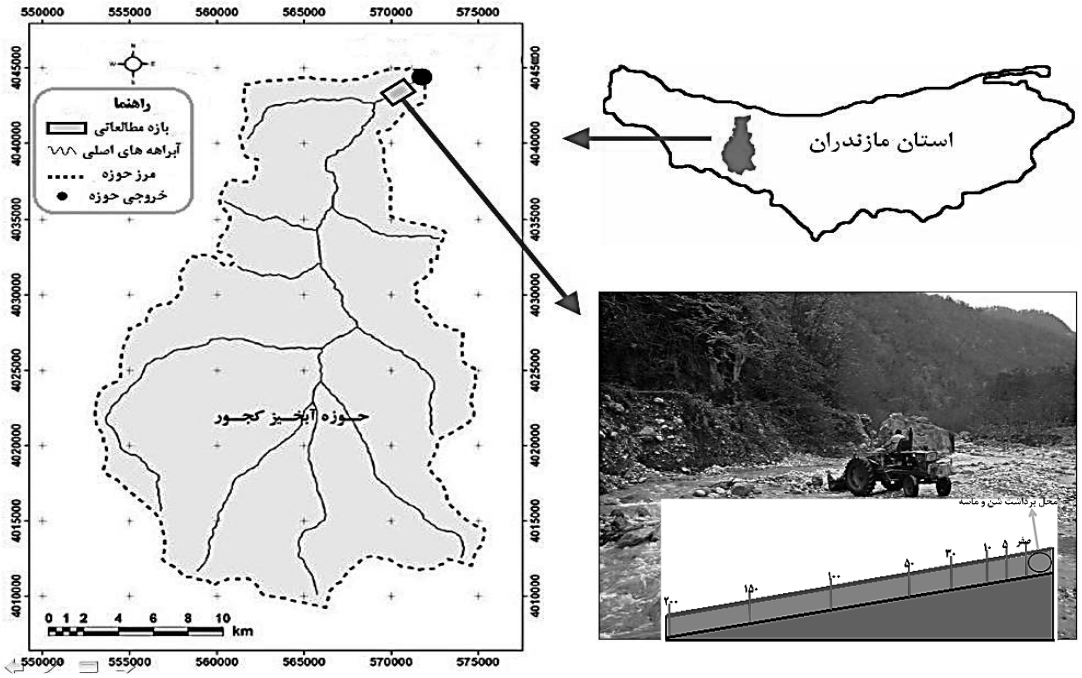
ماسه تا فاصله ۲۰۰ متری میزان بار رسوبی به شدت افزایش یافته و در فاصله‌ی ۶۰۰ متری از محل برداشت به حالت تعادل بازگشته است. صادقی و خیرفام (۱۳۹۰) نیز تاثیر برداشت شن و ماسه بر میزان انتقال بار بستر و معلق را در رودخانه‌ی کجور مازندران بررسی نمودند. نتایج نشان داد که پس از برداشت شن و ماسه از این رودخانه، بار معلق به میزان ۱۸ تا ۳۳ درصد و بار بستر نیز به طور متوسط ۴۵ درصد نسبت به حالت بدون برداشت افزایش داشته است.

بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که برداشت شن و ماسه باعث تغییرات متفاوت در الگوی هیدرولیکی رودخانه و میزان بار رسوبی شده است. بررسی میزان تخریب، تاثیر برداشت شن بر شاخه‌های فرعی رودخانه، میزان فرسایش در بالادست محل برداشت و تاثیر برداشت شن و ماسه بر دانه‌بندی رسوبات در پژوهش‌های گذشته مورد توجه بوده است؛ اما بررسی همزمان تغییرات مکانی و زمانی رسوب معلق در پایین دست محل برداشت کمتر مورد توجه بوده است. بر این اساس پژوهش حاضر با هدف بررسی دامنه زمانی و مکانی تاثیر برداشت معمول از یک معدن شن و ماسه در حوزه‌ی آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس به سبب دسترسی، وجود مطالعات پایه و امکان مدیریت و نظارت اجرای پژوهش مدنظر قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه در حوزه‌ی آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس با مساحت ۵۰۰ کیلومتر مربع انجام گرفت. این منطقه در حد واسط طول‌های جغرافیایی ″۲۰ ′۳۵ °۵۱ شرقی تا ″۳۰ ′۵۱ °۵۱ و عرض‌های ″۳۰ ′۱۳ °۳۶ تا ″۵۰ ′۳۲ °۳۶ شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط حوضه حدود ۲۰۰۰ متر و به‌طور عمده در طبقه‌ی شیب ۴۰ تا ۶۰ درصد قرار گرفته و از لحاظ زمین‌شناسی به‌طور عمده به دوران دوم زمین‌شناسی تعلق دارد (Sadeghi & Saeidi, 2010). حوزه‌ی آبخیز مذکور در فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری از دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس و در غرب آن واقع است (شکل ۱).

به‌علت وجود مناطق مسکونی متعدد در این حوزه‌ی آبخیز، برداشت شن و ماسه از مقطع رودخانه گاهی تا چند مرتبه در روز و حتی در فصل زمستان نیز صورت می‌پذیرد. وجود سد خاکی آویدر در خروجی این حوزه‌ی آبخیز از مواردی است که لزوم توجه به تغییرات زمانی و مکانی غلظت رسوب را پس از برداشت شن و ماسه نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمایی از حوزه‌ی آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در استان مازندران، بازه مطالعاتی و الگوی عمومی مکان‌های برداشت نمونه رسوب معلق

برای این منظور فواصل مکانی صفر، ۵، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه تعیین و نشانه‌گذاری گردید. نمونه‌برداری رسوب معلق در هر یک از این ۸ نقطه در ۸ زمان مختلف قبل از شروع برداشت شن و ماسه (۱۳:۵۰)، اندکی پس از شروع برداشت شن و ماسه (۱۴:۰۰)، در زمان اتمام برداشت شن و ماسه (۱۴:۱۵)، ۱۵ دقیقه پس از اتمام برداشت (۱۴:۳۰)، ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت (۱۵:۰۰)، ۱ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت (۱۶:۰۰)، ۲ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت (۱۷:۰۰) و ۳ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت (۱۸:۰۰) صورت پذیرفت. برای نمونه‌برداری رسوب معلق ابتدا ظروف پلاستیکی نمونه‌برداری شسته شد و سپس به روش انتگراسیون عمقی نمونه‌برداری از وسط جریان عبوری از رودخانه صورت گرفت (مهدوی، ۱۳۸۶؛ Edwards & Glysson, 1999). عملیات میدانی این پژوهش در ۲۹ بهمن ماه ۱۳۹۱ انجام شد. برداشت شن و ماسه به‌وسیله‌ی تراکتور از بستر و کناره‌های رودخانه و به صورت کاملاً محلی، سنتی و معمول صورت گرفت و حجمی در حدود ۲ تن شن و ماسه برداشت گردید.

اندازه‌گیری سرعت آب و دبی در محل مورد نیز به‌وسیله‌ی جسم شناور و اندازه‌گیری سطح مقطع صورت گرفت و به‌ترتیب برابر ۱/۴ متر بر ثانیه و ۹۰۰ لیتر بر ثانیه برآورد گردید. به منظور حصول اطمینان از صحت نمونه‌برداری و مستند بودن نتایج، برداشت نمونه در هر مقطع با توجه به سرعت آب و محاسبه‌ی زمان شروع از نقطه‌ی اول انجام گرفت. به عنوان مثال نمونه‌ی واقع در نقطه‌ی ۲۰۰ متری، ۱۴۳ ثانیه پس از برداشت نمونه نقطه واقع در محل صفر برداشت شد و برای سایر نقاط نیز این اختلاف زمانی در برداشت نمونه رعایت گردید. بر این اساس در مجموع تعداد ۶۴ نمونه رسوب معلق برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه غلظت رسوب نیز با استفاده از روش برجاگذاری (Sadeghi et al., 2008) تعیین شد. برای این کار حدود یک لیتر از نمونه تهیه شده به مدت ۴۸ ساعت به صورت ثابت قرار داده شد تا عمل ته‌نشینی رسوبات صورت پذیرد. بعد از دو روز آب روی نمونه‌ها خالی شده و باقی‌مانده‌ی رسوبات با آب مقطر شستشو و در داخل ظروف آلومینیومی با وزن اولیه مشخص ریخته شد (Putjaroon & Pongewn, 1987) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (Sadeghi et al., 2009). رسوبات خشک همراه با ظروف آلومینیومی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم وزن شده و نهایتاً از وزن اولیه ظروف کسر و سپس غلظت بر حسب گرم بر لیتر به‌دست آمد.

بررسی تاثیر برداشت معدن در فواصل زمانی و مکانی مورد مطالعه نیز از دو روش تحلیلی و آماری انجام پذیرفت. در روش تحلیلی از تفسیر نتایج ترسیمی و الگوی ظاهری تغییرات بهره گرفته شد. حال آن‌که مقایسه آماری نتایج با استفاده از آزمون مدل خطی عمومی[۱] و عامل اندازه‌گیری تکرار شده[۲] به سبب عدم وجود تکرار در آزمایش‌ها و ضرورت مطالعه ارزش خطی متغیرهای مورد بررسی با یکدیگر استفاده شد. کلیه‌ی تحلیل‌های آماری و ارزیابی نتایج در محیط نرم‌افزاری SPSS 19 و Excel 2010 انجام شد.

۳. نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات غلظت رسوب معلق در فواصل زمانی و مکانی مختلف در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه صورت پذیرفت. برای این منظور در ۲۹ بهمن ۱۳۹۱، تعداد ۶۴ نمونه در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه در فواصل و زمان‌های مختلف پس از برداشت و به شیوه توضیح داده شده در روش کار تهیه شد. مقادیر به‌دست آمده برای غلظت رسوبات معلق در جدول ۱ آمده است. هم‌چنین نمایش ترسیمی غلظت‌های اندازه‌گیری شده در مکان‌ها و زمان‌های مورد نظر در شکل ۲ ارائه شده است.

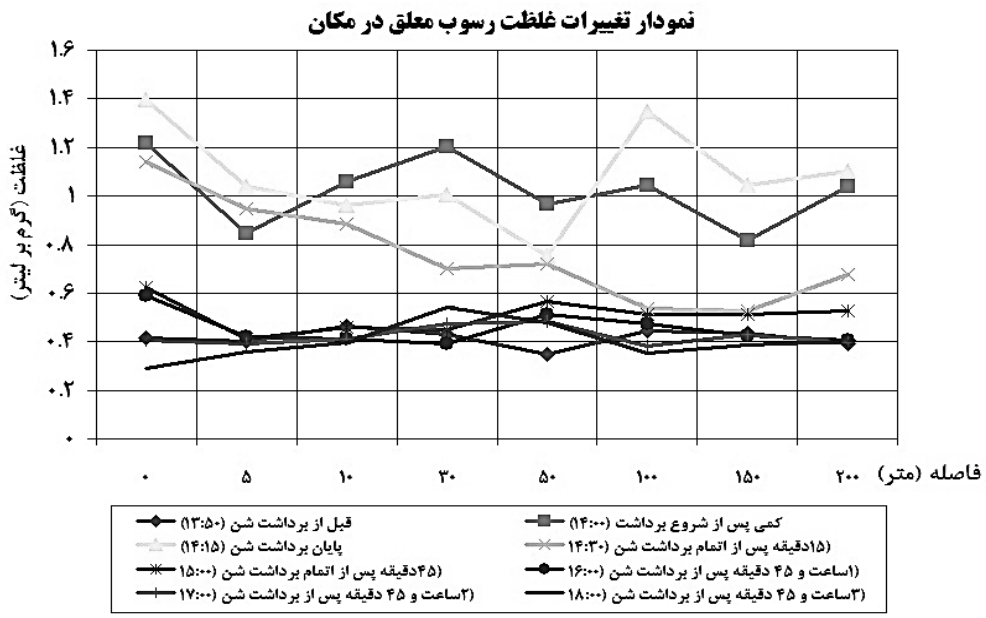
---

[۱] General Linear Model, GLM

[۲] Repeated Measures

جدول ۱. غلظت رسوبات معلق (گرم بر لیتر) در زمان و مکان‌های مختلف نمونه‌برداری

زمان / فاصله (متر)	قبل از برداشت شن ۱۳:۵۰	اندکی پس از شروع برداشت ۱۴:۰۰	پایان برداشت شن و ماسه ۱۴:۱۵	۱۵ دقیقه پس از اتمام برداشت ۱۴:۳۰	۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت ۱۵:۰۰	۱ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت ۱۶:۰۰	۲ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت ۱۷:۰۰	۳ ساعت و ۴۵ دقیقه پس از اتمام برداشت ۱۸:۰۰
۰	۰/۴۱۷	۱/۲۲۰	۱/۳۹۹	۱/۱۴۲	۰/۶۲۳	۰/۵۹۱	۰/۴۰۸	۰//۲۹۲
۵	۰/۴۰۳	۰/۸۴۶	۱/۰۳۷	۰/۹۴۹	۰/۴۱۱	۰//۴۲۲	۰/۳۹۱	۰/۳۵۹
۱۰	۰/۴۶۲	۱/۰۶۰	۰/۹۶۳	۰/۸۸۶	۰/۴۵۷	۰/۴۰۹	۰/۴۱۳	۰/۳۹۸
۳۰	۰/۴۳	۱/۲۰۶	۱/۰۰۴	۰/۶۹۹	۰/۴۵۰	۰/۳۹۳	۰/۴۷۴	۰/۵۴۰
۵۰	۰/۳۶۴	۰/۹۶۷	۰/۷۵۴	۰/۷۱۹	۰/۵۶۵	۰/۵۱۰	۰/۴۸۵	۰/۴۷۷
۱۰۰	۰/۴۴۷	۱/۰۴۵	۱/۳۴۸	۰/۵۳۵	۰/۵۱۴	۰/۴۷۲	۰/۳۸۴	۰/۳۵۵
۱۵۰	۰/۴۳۷	۰/۸۱۸	۱/۰۴۶	۰/۵۲۶	۰/۵۱۳	۰/۴۲۵	۰/۴۳۱	۰/۳۸۸
۲۰۰	۰/۳۹۳	۱/۰۴۰	۱/۱۰۳	۰/۶۷۸	۰/۵۲۷	۰/۴۰۴	۰/۳۹۸	۰/۴۰۰



شکل ۲. نمودار تغییرات غلظت رسوب معلق در زمان‌ها و مکان‌های مختلف پس از برداشت شن و ماسه در رودخانه کجور در حوزه آبخیز آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس

نتایج به‌دست آمده از آزمون آماری مورد استفاده در پژوهش نیز در جدول ۲ آمده است. در این جدول نمونه‌های شماره ۱ تا ۸ به ترتیب نمونه‌های برداشت شده در ساعت‌های ۱۳:۵۰، ۱۴:۰۰، ۱۴:۱۵، ۱۴:۳۰، ۱۵:۰۰، ۱۶:۰۰، ۱۷:۰۰ و ۱۸:۰۰ هستند.

از نتایج به‌دست آمده از جدول ۱ و شکل ۲ می‌توان چنین استنباط نمود که به‌طور کلی غلظت رسوب معلق پس از برداشت شن و ماسه افزایش یافته که این تغییرات تا فاصله‌ی زمانی حدود ۲ ساعت پس از برداشت شن و ماسه مشهود است. تغییرات مکانی غلظت رسوب معلق نیز تا فاصله‌ی ۱۰۰ متری در پایین‌دست محل برداشت به‌طور محسوسی در نمودارها مشخص می‌باشد که با نتایج جباری و فرضی (۱۳۸۸) مبنی بر مسافت تاثیرپذیری حدود ۶۰۰ متر مطابقت ندارد که این امر به دلیل تفاوت در حجم و میزان برداشت شن و ماسه بوده است.

از مقایسه‌ی غلظت رسوبات در دو زمان ابتدا و انتهای برداشت شن و ماسه نیز می‌توان استناد نمود که به‌طور کلی غلظت رسوبات در انتهای برداشت بیش‌تر شده که این امر می‌تواند ناشی از افزایش احتمالی شدت عملکرد تراکتور در پایان برداشت و یا افزایش توان جریان در حمل رسوبات به دلیل بالا رفتن غلظت آب و افزایش قدرت تخریب کناره‌ها و بستر رودخانه باشد. تحلیل مشابه توسط صادقی و خالدی درویشان (۱۳۸۵) در حوزه آبخیز واز در استان مازندران گزارش شده است.

جدول ۲. نتایج مقایسه جفتی نمونه‌ها با نمونه شاهد از طریق آزمون اندازه‌گیری تکرار شده

فاصله (متر)	نمونه شاهد	نمونه مورد مقایسه	سطح معنی‌داری
۵۰	۱	۲	۰/۰۰۶
		۳	۰/۰۳۲
		۴	۰/۰۴۰
		۵	۱/۰۰۰
۱۰۰	۱	۲	۰/۰۰۱
		۳	۰/۰۱۲
		۴	۰/۰۹۷
		۵	۱/۰۰۰
		۶	۱/۰۰۰
۱۵۰	۱	۲	۰/۰۰۱
		۳	۰/۰۰۳
		۴	۰/۱۳۹
		۵	۱/۰۰۰
		۶	۱/۰۰۰
		۷	۱/۰۰۰
۲۰۰	۱	۲	۰/۰۰۰
		۳	۰/۰۰۱
		۴	۰/۰۷۵
		۵	۰/۶۱۳
		۶	۱/۰۰۰
		۷	۱/۰۰۰
		۸	۱/۰۰۰

از بررسی نمودارها در شکل ۲ می‌توان چنین گفت که در غلظت‌های پایین رسوب معلق نتایج تقریباً مشابهی به‌دست آمده که این امر ممکن است به‌دلیل خطاهای احتمالی در اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاهی در غلظت‌های پایین رسوب معلق باشد. از داده‌های به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط نمود که پس از برداشت شن و ماسه و با توجه به دبی در زمان نمونه‌برداری (۹۰۰ لیتر بر ثانیه)، در مکان صفر (نزدیک‌ترین مکان به محل برداشت) در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه، ۲ ساعت و ۴ ساعت پس از شروع نمونه‌برداری، غلظت رسوب معلق نسبت به نمونه‌ی شاهد (نمونه قبل از برداشت شن و ماسه) به‌ترتیب به میزان ۶۸، ۵۱ و ۳۴ در صد افزایش داشته است. هم‌چنین در نقطه واقع در ۲۰۰ متری از محل برداشت شن و ماسه (دورترین نقطه نسبت به محل برداشت) در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه، ۲ ساعت و ۴ ساعت پس از شروع نمونه‌برداری، غلظت رسوب معلق نسبت به نمونه‌ی شاهد به‌ترتیب به میزان ۶۳، ۳۷ و ۲۳ درصد افزایش داشته است که این امر به‌طور کلی با نتایج صادقی و خیرفام (۱۳۹۰) مشابه است و با نتایج Kondolf (1994)، Simon & Rinaldi (1998) و Kondolf et al, 2002 مبنی بر افزایش قدرت حمل رسوب در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه نیز تطابق دارد.

همچنین داده‌های به‌دست آمده از طریق آزمون آماری GLM و فاکتور Repeated Measures در نرم افزار SPSS Statistics 19 (جدول ۲) مورد تحلیل قرار گرفت. با بررسی معنی‌دار بودن تغییرات زمانی در بازه‌های مختلف طولی مشخص

شد در فاصله ۵۰ متری نسبت به محل برداشت شن و ماسه اختلاف غلظت رسوب معلق نسبت به نمونه‌ی شاهد (نمونه قبل از شروع برداشت شن و ماسه) از زمان شروع برداشت تا فاصله زمانی ۱۵ تا ۴۵ دقیقه پس از پایان برداشت شن و ماسه (P=۰/۰۵) معنی‌دار بوده است. همچنین در بازه‌های طولی بیش از ۵۰ متر نسبت به محل برداشت شن و ماسه (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر) اختلاف غلظت رسوب معلق نسبت به نمونه شاهد از زمان شروع برداشت تا فاصله زمانی پایان برداشت شن تا ۱۵ دقیقه پس از پایان برداشت (P=۰/۰۱) معنی‌دار بوده است.

۴. نتیجه‌گیری

برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه منجر به افزایش بار رسوبی رودخانه و صدمات محیط زیستی و افزایش هزینه‌های ناشی از تخریب رسوبات می‌گردد. پژوهش حاضر نشان داد در یک برداشت معمول و محلی شن و ماسه از بستر رودخانه کجور حجم نسبتاً زیادی از رسوب، به بار رسوبی رودخانه افزوده می‌گردد که دامنه‌ی زمانی و مکانی تاثیرگذاری آن به‌ترتیب در حدود ۲ ساعت و ۱۰۰ متر است. شناسایی دامنه‌ی تاثیر زمانی و مکانی تغییرات غلظت رسوب می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و صدمات موثر باشد و در مواردی مانند آب‌گیری سدهایی که در بالادست آن‌ها معدن شن و ماسه وجود دارد سبب کاهش رسوبات ورودی سد و افزایش عمر مفید آن گردد. اگرچه نتایج پژوهش حاضر نمایان‌گر بخش مهمی از تغییرات بار رسوبی معلق در فواصل زمانی و مکانی مختلف در پایین‌دست محل برداشت شن و ماسه می‌باشد، لکن امید است با الهام گرفتن سایر محققین و مدیران حوزه‌های آبخیز از این پژوهش و انجام پژوهش‌های گسترده‌تر در بازه‌های زمانی و مکانی طولانی‌تر و در شدت‌های مختلف برداشت نتایج جامعی به‌دست آید.

۵.سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله نویسندگان از زحمات آقایان مهندس سعید خسروبیگی‌بزچلویی و سعید جانی‌زاده، دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، به سبب مساعدت ایشان در عملیات میدانی پژوهش تقدیر و تشکر می‌نمایند.

۶. منابع

۱. جباری، ا.، و ه. فرضی.، ۱۳۸۸. تولید شن و ماسه و نتایج آن در تغییر الگوی حمل بار رسوب رودخانه رازآور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۴ (۲): ۱۴۵- ۱۶۰.

۲. صادقی س.ح.ر.، و ع.و. خالدی درویشان.، ۱۳۸۵. بررسی نقش برداشت شن و ماسه بر افزایش توان حمل رسوب رودخانه، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، ۲۴ تا ۲۶ بهمن ۱۳۸۵: ۸۸-۸۹.

۳. صادقی س.ح.ر.، ع.و. خالدی درویشان.، ل. غلامی.، ۱۳۸۷. تاثیر برداشت شن و ماسه بر خصوصیات ریخت‌سنجی رسوبات بستر رودخانه، زمین‌شناسی مهندسی، ۱(۲): ۷۵- ۸۶.

۴. صادقی، س.ح.ر.، ح. خیرفام.، ۱۳۹۰. تاثیر 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 صفحه.

۵. مهدوی م.، ۱۳۸۶. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، ۴۲۴ ص.

۶. نوحه‌گر، ا.، محمودی .ف.ا.، ۱۳۸۲. بررسی اثرات برداشت مصالح (شن و ماسه) بر شکل بستر و رژیم رودخانه‌ی میناب، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۵: ۴۵- ۵۸.

7. Edwards, T.K., and G.D. Glysson., 1999. Field methods for measurement of fluvial sediment, USGS Open-file Report Book 3 (Chapter 2): 1-97.
8. Harvey, M. D., S. A. Schumm., 1987. Response of Dry Creek, California, to land use change, gravel mining and dam closure. *In:* Proceedings of the Corvallis Symposium on Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim, August 1987: 451-460.
9. Kondolf, G.M., 1994. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning*, 28(2-3): 225-243.
10. Kondolf .G.M., 1997. Effects of Dams and Gravel Mining on Rivers. *Environmental Management*, 21(4): 533–551.
11. Kondolf G.M., M. Smeltzer., and L. Kimball., 2002. Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues. Herrera Environmental Consultants,122 pp.
12. Marston R.A., J. 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.
13. Martin-vide, J.P., C. Ferrer-Boix., A. Ollero., 2010. Incision due to gravel mining: Modeling a case study from the Gallego River, Spain. *Geomorphology*, 117: 261-271.
14. Putjaroon, W., K. Pongewn., 1987. Amount of runoff and soil losess from various landuse sampling plots in province, Thailand. In: Proceeding of Forest Hydrology and Watershed Management, August 1987, IAHS-AISH, Publication, 167-198.
15. Rinaldi M., A. Simon., 1998. Bed-Level adjustments in Arno River, central Italy. Geomorphology, 22: 57-71.
16. Rovira, A., R.J. Batalla., M. Sala., 2005. Response of a River Sediment Budget After Historical Gravel Mining (The Lower Tordera, NE Spain). *River Research and Applications*, 21: 829-847.
17. Sadeghi, S.H.R., T. Mizuyama., S. Miyata., T. Gomi., K. Kosugi., T. Fukushima., S. Mizugaki., and Y. Onda., 2008. Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed, *Journal of Hydrology*, 356: 271-282.
18. Sadeghi, S.H.R., T. Mizuyama., J.K. Singh., B. Tofighi., 2009. Applicability of instantaneous unit sediment graph model in an Iranian large watershed**.** *International Journal of Ecological Economics & Statistics*, USA, 13 (9): 30-45.
19. 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.
20. Sandecki, M., 1989. Aggregate mining in river systems. *California Geology*. 42(4):88-94.
21. Saviour M.N., 2012. Environmental Impact of Soil and Sand Mining: A Review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 1(3): 125-134.
22. Scott, K. M., 1973. Scour and fill in Tujunga Wash- a fanhead valley in urban southern California-1969. US Geological Survey Professional Paper, 732-B, 29 p.
23. Stevens, M. A., B. Urbonas., L. S. Tucker., 1990. Public private cooperation protects river. APWA Reporter September: 25: 7–27.
24. Wishart, D., J. Warburton., L. Bracken., 2008. Gravel extraction and plan form change in a wandering gravel-bed river: The River Wear, Northern England. *Geomorphology*, 94(1-2): 131-152.