

## گزارش فنی

 تغییرات مکانی و زمانی توزیع اندازه‌ی ذرات رسوبات  
 معلق رودخانه‌ی کجور

 سیدحمیدرضا صادقی<sup>۱</sup> و محبوبه کیانی هرچگانی<sup>۲</sup>  
 تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۸

## چکیده

اندازه ذرات معلق یکی از اساسی‌ترین ویژگی‌های رسوبات است که بر فرآیند انتقال، رسوب گذاری و کنترل آن‌ها تاثیر می‌گذارد، ولی تا کنون بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه با هدف دانه بندی رسوبات معلق در دو بخش از یک بازه و طی یک رگبار در حوزه‌ی آبخیز جنگلی آموزشی دانشگاه تربیت مدرس با مساحت ۱۳۲۶۳ هکتار انجام پذیرفت. بررسی دانه بندی رسوبات معلق بر اساس قانون استوکس و کاربرد روش پیپت اصلاح شده در محیط نرم افزاری GRADISTAT انجام شد. تجزیه و تحلیل نمونه‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج نشان دهنده‌ی تغییرپذیری معنی دار مکانی و زمانی توزیع اندازه‌ی رسوبات معلق در رودخانه‌ی کجور بوده است.

واژه‌های کلیدی: دانه بندی رسوبات معلق، رگبار، مقیاس مکانی، حوزه‌ی آبخیز کجور و مازندران

## مقدمه

ژئومورفولوژیست‌ها و هیدرولوژیست‌ها، رسوبات معلق را به دلیل فراهم سازی داده‌های مهمی درباره‌ی فرآیند فرسایش و تولید رسوب [۱۰] مد نظر قرار می‌دهند. رسوبات معلق دارای تغییرات مکانی و زمانی هستند که مطالعات بسیار کمی به وسیله‌ی پژوهشگران در این زمینه در جهان انجام گرفته است. والینگ و همکاران [۱۲] به بررسی ویژگی‌های اندازه‌ی ذرات معلق در

رودخانه‌ی Tweed با شیوه‌ی اشعه‌ی لیزر پرداخته‌اند. نتایج ایشان دلالت بر تغییرپذیری مکانی اندازه‌ی رسوبات معلق داشته است. هم چنین ویلیامز و همکاران [۱۳] نیز ویژگی‌های اندازه‌ی ذرات رسوبات معلق در رودخانه‌ی Exe در ایستگاه Thorverton را در مقیاس‌های زمانی گوناگون بررسی کردند. نتایج به دست آمده از پژوهش آن‌ها نیز دلالت بر تغییرپذیری زیاد دانه بندی رسوبات در مقیاس‌های زمانی گوناگون داشته است. نتایج بررسی پژوهش‌ها نشان داد که مطالعات مربوط به دانه بندی رسوبات و به ویژه رسوبات معلق با وجود اهمیت موضوعی آن‌ها بسیار محدود بوده و ضرورت انجام مطالعات گسترده در این زمینه را توجیه می‌نماید. از این رو طی این پژوهش، دانه بندی رسوبات معلق در مقیاس مکانی و زمانی در سه بخش، ماسه ریز (بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون)، لای (۲ تا ۶۳ میکرون) و رس (کوچک‌تر از ۲ میکرون) [۱ و ۴ و ۱۲] در حوزه‌ی آبخیز جنگلی آموزشی دانشگاه تربیت مدرس به عنوان بخشی از حوزه‌ی آبخیز کجور به دلیل امکان دسترسی، داده برداری مناسب و برخورداری از داده‌های پایه مد نظر قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

حوزه‌ی آبخیز کجور در ارتفاعات جنگلی کجور در جنوب شرقی شهرستان نوشهر در محدوده‌ی طول جغرافیایی ۴۱° ۸' ۵۱" تا ۴۹° ۴۰' ۵۱" و عرض ۲۴° ۶' ۳۶" تا ۳۲° ۳۳' ۳۶" قرار گرفته است [۲]. برای انجام این پژوهش ابتدا نمونه برداری از آب محتوی رسوبات معلق به وسیله‌ی ظروف پلاستیکی دو لیتری به روش انتگراسیون عمقی و در امتداد قائم در بازه‌ای به طول تقریبی ۷۰۰ متر حد فاصل محل ایستگاه هیدرومتری آبخیز تا بالاترین نقطه‌ی قابل دسترس و بالادست منطقه‌ی برداشت معدن شن و ماسه و هم چنین هر ساعت و طی وقوع رگبار مورخ ۸۷/۳/۹ از رودخانه صورت گرفت [۳؛ ۵ و ۹]. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در بشرهای یک لیتری ریخته شده و به مدت ۴۸ ساعت به صورت یکنواخت قرار داده شدند تا عمل ته نشینی رسوبات صورت پذیرد. پس از دو روز آب روی نمونه‌ها را خالی کرده، باقی مانده‌ی رسوبات را با آب مقطر شستشو داده و در داخل ظرفی آلومینیومی با وزن اولیه‌ی مشخص ریخته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون بادمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک شدند [۶ و ۸]. رسوبات خشک همراه با ظروف آلومینیومی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم وزن و در نهایت از وزن

۱ نویسنده مسئول و دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور sadeghi@modares.ac.ir  
 ۲ دانش‌آموخته‌ی گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

ساعت قرار داده شدند. پس از ۱۶ ساعت عمل شیکر با دست مزورها را تکان داده سپس دو نمونه برداری با استفاده از قانون استوکس با فاصله‌های زمانی حدود ۶ ثانیه و ۱۰۵ دقیقه با توجه به درجه‌ی حرارت آزمایشگاه صورت گرفت. به این صورت که با پیست ۲/۵ میلی لیتر از ۲/۵ سانتی متر بالای نمونه برداشته می شد و در درون ظروف فویلی توزین شده ریخته و در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه خشک و دوباره توزین صورت می گرفت [۷]. از اختلاف وزن دو توزین صورت گرفته، وزن ماسه‌ی ریز و رس در ۲/۵ میلی لیتر نمونه به دست آمده و سپس درصد ماسه‌ی ریز و سیلت و رس در حجم ۴۰ میلی لیتر محاسبه گردید.

### نتایج و بحث

به منظور بررسی تغییرات مکانی دانه بندی رسوبات معلق در رودخانه‌ی کجور، تمامی داده‌های ۲۱ نمونه‌ی جمع‌آوری شده طی دوره‌ی مطالعاتی و مربوط به بالا و پایین دست بازه، در جدول (۱) نشان داده شده است. هم‌چنین نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل دانه بندی رسوبات معلق طی ۹ نمونه برداری در طول رگبار مورخ ۸۷/۲/۹ در جدول (۲) خلاصه شده است. دقت در جدول (۱) به خوبی نشان دهنده‌ی تغییرات در مقیاس مکانی توزیع اندازه‌ی رسوبات معلق می باشد به گونه‌ای که نتایج کاربرد آزمون t غیر جفتی برای مجموعه داده‌های به دست آمده نیز مشخصاً دلالت بر اختلاف معنی دار ذرات ماسه و سیلت ( $P=0/001$ ) و عدم اختلاف معنی دار مقادیر رس در دو مقطع مورد بررسی ( $P=0/71$ ) داشته است، یافته‌ی یاد شده با اظهارات والینگ و همکاران [۱۲]

اولیه ظروف کسر و وزن رسوبات یادداشت شد. سپس در مرحله‌ی آماده سازی نمونه‌ها برای حذف کربنات‌ها و یا نمک‌های محلول در پیش تیمارها، نمونه‌ی رسوب خشک شده را در لوله‌های سانتریفوژ ۵۰ میلی لیتر ریخته و ۱۰ میلی لیتر آب دیونیزه و ۱ میلی لیتر استات سدیم یک مولار ( $pH=5$ ) اضافه و مخلوط گردید. در ادامه نمونه‌های تهیه شده در سانتریفوژ به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰ دور قرار داده شد. سپس آب روی آن خالی و رسوبات به دست آمده به درون مزورهای با حجم ۵۰ میلی لیتر ریخته شدند. برای حذف مواد آلی پس از جدا کردن کربنات‌ها ۱۰ میلی لیتر از آب دیونیزه و ۵ میلی لیتر آب اکسیژنه اضافه شد و سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه جهت تسریع در انجام عمل جداسازی مواد آلی از رسوبات در شیکر قرار داده شدند [۶]. در مرحله‌ی بعد، برای خارج کردن اکسیدهای آهن، ۲۰ میلی لیتر محلول ۰/۳ مولار سترات سدیم و بی کربنات پتاسیم به پیش نمونه‌ها اضافه و در آب با دمای ۸۰ درجه‌ی سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده و به گونه‌ی متناوب هم زده شد. سپس ۱/۵ میلی لیتر از محلول کلرید سدیم ده درصد اضافه شد. در صورت قهوه‌ای شدن رنگ نمونه‌ها سترات سدیم و بی کربنات سدیم به نمونه‌ها اضافه شد، ولی اگر نمونه‌ها به رنگ خاکستری متمایل به سبز درمی آمدند، محلول ده درصد کلرید سدیم اضافه می شد. در نهایت پس از حدود ۰/۵ تا ۱ ساعت و دو بخشی شدن نمونه، در حالی که محلول رویی به رنگ آجری که نشان گر جدایش اکسیدهای آهن از رسوبات معلق و انحلال آن‌ها در محلول رویی بود، محلول رویی با دقت تمام تخلیه گردید. در مرحله‌ی آخر ۴۰ میلی لیتر هگزا متافسفات سدیم به نمونه‌ها اضافه و در شیکر به مدت ۱۶

جدول ۱- آماره‌های توصیفی و ویژگی‌های ریخت شناسی رسوبات معلق در بازه‌ای از رودخانه‌ی کجور

پایین دست بازه			بالا دست بازه			متغیرهای مورد بررسی
بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	
۱۴/۴۸	۱/۷۵	۰/۰۸	۱/۶۲	۰/۴۱	۰/۰۹	SSC( $grli^{-1}$ )
۸۴/۵۸	۸۱/۶۹	۷۸/۷۵	۸۸/۹۳	۸۱/۲۳	۶۷/۴۲	ماسه (%)
۴/۷۴	۲/۵۲	۰/۴۵	۱۸/۵۶	۴/۷۵	۰/۷۷	سیلت (%)
۱۹/۰۱	۱۵/۷۹	۱۲/۷۴	۱۹/۳۹	۱۴/۰۲	۱۰/۳۰	رس (%)
۲۴۰/۹۰	۲۰۶/۹۴	۱۷۰/۹۰	۲۵۸/۲۰	۲۲۰/۱۰	۱۶۷/۳۰	میانگین
۴/۴۳	۳/۸۱	۳/۳۲	۴/۵۰	۳/۵۴	۳/۰۹	جورشدهگی
-۰/۲۳	-۰/۲۹	-۰/۳۷	-۰/۱۰	-۰/۲۴	-۰/۳۸	چولگی
۱/۴۲	۱/۳۸	۱/۳۳	۱/۴۰	۱/۳۳	۱/۱۹	کشیدگی
۱۰			۱۱			تعداد داده

جدول ۲- دانه بندی رسوبات معلق طی رگبار ۱۳۸۷/۳/۹

رس (%)	سیلت (%)	ماسه (%)	غلظت رسوب معلق (gr/li)	پارامترها ساعت
۱۵/۶۲	۵/۷	۷۸/۶۹	۳/۱۲	۷/۵
۲۵/۱	۱۵/۹۴	۵۸/۹۸	۳/۱۶	۸/۵
۳۹/۱۷	۱۱/۶۵	۴۹/۱۸	۳/۰۷	۹/۵
۳۰/۰۲	۱۲/۸۶	۵۷/۱۲	۵/۷۶	۱۰/۵
۴۱/۶۶	۳۰/۵۳	۲۷/۸۱	۶/۷۱	۱۱/۵
۳۶/۱	۵۰/۴	۱۴/۳۰	۳۷/۹۴	۱۲/۵
۳۹/۱۵	۳۱/۴۹	۲۹/۳۴	۲۴/۰۹	۱۳/۵
۳۴/۷۵	۲۶/۸۸	۳۸/۳۷	۲۱/۹۴	۱۴/۵
۲۹/۸۲	۳۰/۴۶	۳۹/۷۱	۵/۵۲	۱۵/۵

افزایش تولید رسوب. در لوح فشرده دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، تهران، ۲۰-۲۱ خرداد، ۱۳۸۷: ۲۲۷ ص. ۳- مهدوی، م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۲، چاپ سوم، تهران، ۴۳۷ ص.

4- Beuselinck, L., Govers, G., Poesen, J. and Degraer Froyen, G. 1998. Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. *Catena*, 32: 193-208.

5 -Das, G. 2000. Hydrology and soil conservation engineering. Prentice-Hal of India Press, 486 p.0

6- Gasparotto, E., Malo, D.D. and Gelderman, R.H. 2003. Impact of organic matter removal on particle size analysis by pipette and hydrometer. *Soil/Water Research*. Available at [http://plantsci.sdstate.edu/soiltest/REPORTSPAGE\\_CATEGORY.cfm](http://plantsci.sdstate.edu/soiltest/REPORTSPAGE_CATEGORY.cfm)

7- Gavlok, R., Horneck, D., Miller, R.O. and Kotuby-Amacher, J. 2003. Soil, Plant and Water Reference Methods for the Western Region. WREP 125. 2nd Edition WCC-103 Publication (<http://cropandsoil.oregonstate.edu/wera103/Methods/WCC-103-Manual-2003-Soil%20Sand-Silt-Clay.PDF>).

8- Sadeghi, S.H.R., Aghabeigi, Amin, S.,

پیرامون تغییرات مکانی رسوبات معلق حوزه ی آبخیز Tweed هم خوان است و دقت در جدول (۲) نشان می دهد که درصد وزنی ماسه در طی این رگبار تا هنگام اوج رسوب نگار از سیر نزولی برخوردار بوده حال آن که تغییرات درصد وزنی سیلت به صورت صعودی و درصد وزنی رس بدون تغییرات چشم گیر بوده است که با نتایج ویگناتی و همکاران [۱۱] و ویلیامز و همکاران [۱۳] در خصوص تغییر پذیری زمانی دانه بندی رسوبات مطابقت دارد.

### نتیجه گیری

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات مکانی و زمانی توزیع اندازه ی رسوبات معلق در رودخانه ی کجور انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات مکانی و زمانی ماسه و سیلت چشم گیر بوده، ولی رس عدم تغییرات مکانی و زمانی داشته است، لذا برای دست یابی به نتایج احتمالی دقیق تر و آرایه ی جمع بندی های جامع و قاطع انجام مطالعات مشابه در سایر حوزه های آبخیز و حتی با روش های مدرن و با دقت بالاتر در حوزه ی آبخیز مورد نظر، پیشنهاد می شود.

### منابع

۱- حبیبی، م. ۱۳۷۹. کاربرد روش های محاسبه بار معلق در رودخانه های منتخب، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش و رسوب، خرم آباد، ۲۶ تا ۲۹ شهریور، ۱۳۷۹: ۱۲۷-۱۳۶.

۲- صادقی، س.ح.ر.، سعیدی، پ. و کیانی هرچگانی، م. ۱۳۸۷. اثرات زیست محیطی برداشت معدن شن و ماسه از طریق

Ugaziob, G., Thomasa, R. and Dominik, J. 2003. Characterisation of bed sediments and suspension of the river Po (Italy) during normal and high Flow conditions. *Water Research*, 37: 2847-2864.

12- Walling, D.E., Owens, Ph. N., Waterfall, B.D., Leeks, G.J.L. and Wass, P. D. 2000. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK. *The Science of the Total Environment*, 251/252:205-222.

13- Williams, N.D., Walling, D.E., Leeks, G.J.L. 2007. High temporal resolution in situ measurement of the effective particle size characteristics of fluvial suspended Sediment. *Water Research*, 41: 1081-1093.

Vafakhah, M., Yasrebi, B. and Esmaeili Sari, A., 2006. Suitable drying time for suspended sediment samples. Iran, In: proceeding of International Sediment Initiative Conference, Khartoum, Sudan, 2006, Nov. 12-16: 71.

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

10- Siakeu, J., Oguchi, T., Aokic, T., Esaki, Y. and Jarvie, H.P. 2004. Change in riverine suspended sediment concentration in central Japan in response to late 20th century human activities. *Catena*, 55: 231-254.

11- Vignati, D., Pardosa, M., Diserens, J.,

Archive of SID