اثر حساسیت به فرسایش و کاربری اراضی بر خصوصّیات مورفومتری رسوب بستر (مطالعه موردی: رودخانه وازرود)

عبدالواحد خالدی‌درویشان[1*]، سیّدحمیدرضا صادقی[2] و لیلا غلامی[1]

تاریخ دریافت: 89/11/9 تاریخ پذیرش : 90/6/23

1و2- دانشجویان دکتری و استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، نور، مازندران

مسئول مکاتبه : E-mails:a.khaledi@modares.ac.ir

چکیده

بررسی عوامل مؤثر بر خصوصّیات مورفومتری رسوبات بستر رودخانه‌ها می‌تواند منجر به درک بهتر فرآیندهای رسوب‌گذاری و حمل رسوب و طبعاً مدیریت کارآتر و استفاده بهینه از آنها شود. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات تغییر حساسیت به فرسایش سازندها، کاربری اراضی و برداشت شن و ماسه بر خصوصّیات مورفومتری رسوبات بستر در مسیری به طول 30 کیلومتر از رودخانه وازرود در استان مازندران انجام گرفت. به‌همین منظور تعداد 9 مقطع برای نمونه-برداری در این رودخانه به‌گونه‌ای تعیین شدند که بتوان این اثرات را بررسی کرد. نمونه رسوبات بستر در این مقاطع با شیوه ترکیبی برداشت و خصوصّیات مورفومتری شامل میانگین، جورشدگی، چولگی، کشیدگی، قطرهای ده، پنجاه و نود درصد، بافت، کرویت و گردشدگی با استفاده از روش الک کردن و نرم افزار GRADISTAT محاسبه گردید. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که تغییر حساسیت به فرسایش سازندها، کاربری مسکونی و برداشت شن و ماسه در این رودخانه روند تغییرات طبیعی پارامترهای اندازه رسوبات (میانگین، d_{10}، d_{50}، d_{90} و بافت) و نیز گردشدگی رسوبات بستر رودخانه را تحت تأثیر قرار داده و در برخی مقاطع روند را معکوس نموده‌اند.

واژه‌های کلیدی: دانه‌بندی، رسوب بستر، گردشدگی، مازندران، مورفومتری رسوب، وازرود

Effects of Erosion Sensitivity and Different Land Uses on Morphometric Characteristics of Bed Sediments (Case Study: Vazrood River)

AV Khaledi Darvishan[1*], SHR Sadeghi [2] and L Gholami[1]

Received: 29 January 2011 Accepted: 14 September 2011
[1,2] PhD Students and Prof., Dept. of Watershed Manag. Engin., College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares Univ., Noor, Mazandaran, Iran
*Corresponding author: E-mails: a.khaledi@modares.ac.ir

Abstract

Study of effective factors on morphometric characteristics of bed sediments may lead to better understanding of sediment transportation and deposition processes and finally, their efficient control or optimal utilization. The present study was aimed to evaluate the effects of erosion sensitivity of formations, land use and sand and gravel mining on morphometric characteristics of bed sediments at a 30 km reach of Vazrood River in Mazandaran Province, Iran. To achieve the study purposes, 9 sampling sections were selected so that the desired effects could be assessed. The bed sediments were then sampled using combining technique and the morphometric characteristics viz. mean, sorting, skewness, kurtosis, d_{10}, d_{50}, , d_{90}, texture, sphericity and roundness were determined using sieving and GRADISTAT software. The results of the study revealed that erosion sensitivity of the formations, residential use and sand and gravel mining in the river all affected the natural trends of the sediments size parameters (mean, d_{10}, d_{50} and d_{90} and sediment texture) as well as roundness, and reversed the trend in some sections.

Keywords: Bed sediment, Granolumetry, Mazandaran, Roundness, Sediment morphometry, Vazrood.

مقدمه

نیاز رو به رشد جوامع بشری به‌واسطه افزایش مستمّر جمعیت و نیز تغییر در الگوی زندگی پیامدهای گسترده‌ای در سرتاسر کرهٔ زمین داشته است. تغییر کاربری‌های مختلف سرزمین و غالباً بدون توجّه به استعدادهای ذاتی آن از معمول‌ترین دخالت‌های بشری تلقی شده و همواره پدیده‌هایی از قبیل سیلاب و فرسایش خاک را به دنبال دارد (لوندکوام و همکاران 2003). تولید رسوب نیز یکی از پیامدهای مشخص و مهّم فرسایش خاک بوده و در اشکال مختلف اثرات درون و برون منطقه‌ای ویژه‌ای را منجر می‌شود. رسوبات بستر[1] تنها قسمتی از رسوبات هستند که در هنگام حرکت عمدتاً در تماس با سطح بستر آبراهه و یا کانال بوده و پس از جریان سیلابی به‌جا می‌مانند. از طرف دیگر خصوصیّات مختلف شکل، ابعاد و دیگر پارامترهای آماری این رسوبات مستقیماً منعکس‌کننده شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی حاکم بر آنها می‌باشد (ویلیامز 1983). اگر

[1] Bed sediments

چه مطالعات مقدماتی مربوط به اندازه‌گیری شکل و گردشدگی رسوبات برجای گذاشته شده طی سیلاب‌ها به وسیله کرومباین (1940) در درّه سان گابریل[1] کالیفرنیا انجام شد، لکن تحقیق راجع به روند تغییر آنها در طول مسیر رودخانه‌ها و عوامل مؤثر بر آن از جمله اثرات کاربری‌های مختلف اراضی بر مورفومتری رسوب بستر رودخانه تنها طی سال‌های اخیر مورد توجّه بسیار قرار گرفته است. آن‌چه که از نتایج تحقیقات بسیاری از محقّقین (کرومباین 1940، ویلیامز 1983، دمیر 2003) می‌توان استنباط نمود این است که کاهش اندازه ذرّات به سمت پایین‌دست رودخانه با افزایش فاصله طی شده از سراب (بالادست رودخانه) رابطه مستقیم دارد. امروزه ثابت شده که هرگونه تغییر در خصوصّیات هندسی و هیدرولیکی مقاطع رودخانه که بر اثر کاربری‌های مختلف انسانی در حاشیه و بستر رودخانه‌ها اتفّاق می‌افتد در بیشتر موارد عواقب زیان باری از قبیل تخریب زیستگاه‌های آبزیان (براون و همکاران 1998)، افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی و تهاجم آب شور (ماس‌پلا و همکاران 1999، مارستونا و همکاران 2003) و همچنین تخریب طولی و عرضی کانال رودخانه و سازه‌های احداثی در آنها (رینالدی و همکاران 2005، گوردون و مینتمیر 2006) را به‌دنبال دارد.

تحقیق در مورد روند و چگونگی تغییرات خصوصّیات مختلف رسوبات بستر (میانگین[2]، d_{10}، d_{50}، d_{90}، بافت[3]، انحراف معیار یا جورشدگی[4]، چولگی[5]، کشیدگی[6]، کرویت[7] و گردشدگی[8]) در طول رودخانه‌ها سابقه‌ای نسبتاً طولانی دارد (ویلیامز 1983، ویلیامز و کوستا 1988، کرچه و بیکر 1988، گومز 2001، کلیفورد 2001، احمد بکری و همکاران 2002، دمیر 2003، ویگنات 2003، پیزوتو و همکاران 2007، هیتمولر و هادسون 2009، اسنلدر و همکاران 2011). اما تحقیقات راجع به نقش کاربری های مختلف اراضی (جنگلی، زراعی و مسکونی) و فعالیّت‌های انسانی مانند برداشت شن و ماسه در تغییر خصوصّیات مورفومتری رسوبات بستر رودخانه‌ها بسیار محدود می‌باشد و بیشتر تحقیقات انجام شده اثرات کاربری اراضی را بر روان‌آب، گل-آلودگی و غلظت رسوب معلق را بررسی نموده‌اند (گوردون و مینتمیر 2006، پیزوتو و همکاران 2007، مولر و همکاران 2009، وانگ و همکاران 2010) که البته در نهایت با تغییر انرژی و توان حمل جریان منجر به تغییر اندازه و مقدار رسوبات بستر نیز خواهد شد. لاگاس و همکاران (1980) با مطالعه‌ای در امریکا تغییرات معنی‌دار مورفولوژی رودخانه و اندازه ذرّات رسوبی در بازه‌های پایاب رودخانه می‌سی‌سی‌پی در اثر برداشت شن از این رودخانه را تأیید نمودند. لی و همکاران (1993) با مطالعه‌ای در تایوان نشان دادند که دخالت‌های انسانی از قبیل برداشت مصالح رودخانه‌ای پایداری بستر رودخانه را تضعیف کرده به‌طوری که در محل‌های برداشت شن و ماسه گودی‌هایی در بستر رودخانه به-وجود می‌آیند که به‌تدریج موجب ایجاد رودخانه شریانی[9] (چند شاخه شدن مسیر رودخانه)، افزایش گل-آلودگی، ناپایداری و جابه‌جایی بستر رودخانه می‌شوند. هیلی و وو (2002) نیز نشان دادند که یکی از دلایل عمدهٔ ایجاد اختلال در روند تغییرات خصوصّیات ریخت‌سنجی رسوبات بستر رودخانه‌ها، تاثیرات فعالیّت‌های مختلف انسانی در مناطق مسکونی و زراعت در حاشیه رودخانه‌ها می‌باشد که می‌تواند شدّت تغییرات طبیعی پارامترهای مورفومتری رسوبات بستر را کاهش داده و در برخی موارد نیز روند آنها را معکوس نماید. رینالدی و همکاران (2005) تاثیر نوع کاربری معادن شن و ماسه رودخانه‌ای در پنج رودخانه آبرفتی در ایتالیا و لهستان بر خصوصّیات فیزیکی و مدیریتی آنها را بررسی نمودند. آنها ضمن ارائه اثرات سوء برداشت رسوبات در این رودخانه‌ها بر محدودسازی این گونه اقدامات در مناطق با قابلیت جایگزینی رسوب و مستعد به رسوب-گذاری تاکید داشتند. گوردون و مینتمیر (2006) با مطالعاتی در امریکا نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی و احداث سد با تغییر در دبی حداکثر و عرض مؤثر رودخانه موجب تغییر انرژی مؤثر جریان و در

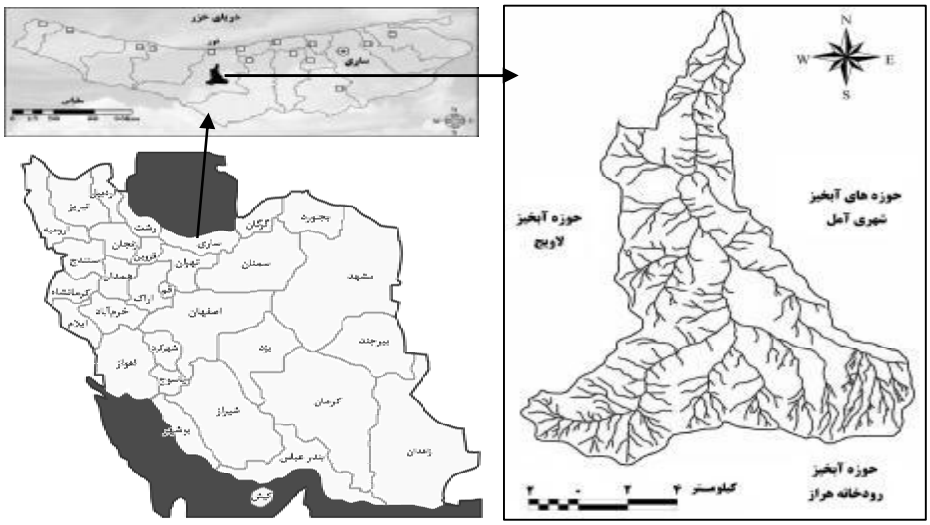
[1] San Gabriel
[2] Mean
[3] Texture
[4] Sorting
[5] Skewness
[6] Kurtosis
[7] Sphericity
[8] Roundness
[9] Braided river

نتیجه تغییر مورفولوژی رودخانه در جهت افزایش نظم و کاهش تغییرپذیری آن می‌شوند. از جمله مهم‌ترین دلایل تغییر در مورفولوژی رودخانه به تغییر دبی متوسط و به ویژه دبی حداکثر جریان در رودخانه و تغییر بار رسوب معلق اشاره شده است که موجب تغییر در انرژی جریان و متوسط اندازه رسوبات بستر انتقال یافته می‌شوند و این فرآیند در نهایت منجر به تغییرات در آورد رسوب بستر و مورفولوژی رودخانه شده است. کانگ و مارستون (2006) با مطالعه سه رودخانه در امریکا نشان دادند که تغییر کاربری روستایی به شهری تغییر معنی-داری در مورفولوژی و نسبت‌های عرض به عمق و شیب طولی رودخانه ندارد اما تغییر در شرایط سنگ‌شناسی به صورت محلی می‌تواند اثرات تغییر کاربری را کاهش داده و یا حتی معکوس نماید. پیزوتو و همکاران (2007) با انجام مطالعاتی در امریکا نشان دادند که سناریوهای مختلف تغییر اقلیم اثرات متفاوتی بر تغییر کاربری اراضی و به ویژه تغییر دبی رودخانه داشته و به همین دلیل موجب تغییرات متفاوتی در میزان ورودی رسوب به جریان در بالادست، اندازه رسوبات بستر، بار بستر، غلظت رسوب معلق و بار معلق، شیب و ارتفاع بستر و محتوای رس و سیلت در لایه فعال بستر رودخانه خواهند شد. سناریوی تغییر اقلیم و تغییر کاربری به سمت شهری شدن نسبت به دیگر سناریوها اثرات بیشتری بر افزایش شدت و فراوانی وقایع سیلابی و در نتیجه افزایش دبی و گل آلودگی جریان و دبی رسوب معلق و بستر دارد. هیتمولر و هادسون (2009) نیز با مطالعه‌ای در امریکا نشان دادند که روند تغییرات مورد انتظار هیدرولوژیکی که موجب کاهش اندازه ذرات در جهت پایاب رودخانه می‌گردد در برخی مقاطع به دلیل تغییر در خصوصیات سنگ‌شناسی و حساسیت‌های مختلف به فرسایش، تشدید، تضعیف و حتی گاهی معکوس شده است. مولر و همکاران (2009) در اسپانیا به مدل‌سازی اثر تغییر کاربری اراضی در یک دوره 36 ساله بر روان آب و بار رسوب معلق پرداختند. نتایج نشان داد که قبل از تغییر کاربری اراضی در سال 1957 مقدار آورد رسوب معلق 75 درصد نسبت به 36 سال بعد (سال 1993) کم‌تر بوده در حالی که روان‌آب تقریباً مقدار ثابتی داشته است. وانگ و همکاران (2010) نیز در تحقیق مشابهی در امریکا به شبیه‌سازی اثرات متقابل کاربری اراضی و خاک بر دبی آب و رسوب در مقیاس حوضه آبخیز پرداختند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که تغییر کاربری اراضی می‌تواند موجب تغییرات کاملاً معنی‌دار در گل‌آلودگی و در نتیجه توان حمل جریان شود که به نوبه خود میزان و اندازه رسوبات بستر انتقالی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. اسنلدر و همکاران (2011) به مدل‌سازی تجربی الگوهای اندازه ذرات سطح بستر رودخانه در چندین بازه با طول‌های مختلف از رودخانه‌های فرانسه با دامنه وسیعی از شرایط مختلف زمین‌شناسی، توپوگرافی، دبی و پرداختند. نتایج نشان داد که مدل‌های نهایی با دقت قابل قبول می‌توانند در تخمین متوسط اندازه رسوبات بستر در دامنه وسیعی از رودخانه‌های فرانسه مورد استفاده قرار گیرند. بررسی سوابق تحقیق محدود ضمن تأئید تأثیر معنی‌دار و متفاوت کاربری‌های مختلف اراضی و دخالت‌های انسانی بر ضرورت انجام مطالعات منطقه‌ای تأکید داشته‌اند. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف بررسی نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی و کاربری‌های جنگل، کشاورزی و مسکونی و برداشت شن و ماسه بر تغییر خصوصیّات مورفومتری رسوبات بستر در رودخانه وازرود در استان مازندران به‌دلیل تنوّع سازندها و کاربری‌ها و نیز موجودیّت کارگاه های برداشت شن و ماسه و اطلاعات پایه انجام پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثرات حساسیت به فرسایش و کاربری‌های مختلف جنگلی، زراعی و مسکونی و فعالیّت-های انسانی مانند برداشت شن و ماسه در تغییر خصوصیّات مورفومتری رسوبات بستر رودخانه‌ها، رودخانه وازرود در استان مازندران انتخاب گردید. مساحت حوزهٔ آبخیز این رودخانه 14029 هکتار (تا قبل از روستای چمستان) و دارای جریان آب دائمی می‌باشد که در دامنه 51 درجه و 55 دقیقه و 15 ثانیه الی 52 درجه و 12 دقیقه و 15 ثانیه طول شرقی و 36 درجه و 12 دقیقه و 30 ثانیه الی 36 درجه و 26 دقیقه و 13 ثانیه عرض شمالی گسترش یافته و با کاهش تدریجی ارتفاع به سمت شمال به مناطق جلگه‌ای دریای خزر متصّل می

شود (خالقی 1377). شکل 1 شمای کلی و موقعیت حوضه آبخیز وازرود را نشان می‌دهد. به‌منظور ارزیابی اثرات حساسیت به فرسایش و کاربری اراضی و برداشت شن و ماسه بر خصوصیّات مورفومتری رسوبات بستر رودخانهٔ وازرود با توجّه به شبکه زهکشی حوضه و نقشهٔ حساسیت به فرسایش و کاربری اراضی و هم‌چنین موقعیت مناطق مسکونی و نقاط اصلی فعالیّت‌های برداشت شن و ماسه، تعداد 7 مقطع روی رودخانه اصلی وازرود و 2 مقطع روی شاخه فرعی گزناسرا انتخاب گردید.



شکل 1- شمای کلی و موقعیت حوزهٔ آبخیز وازرود

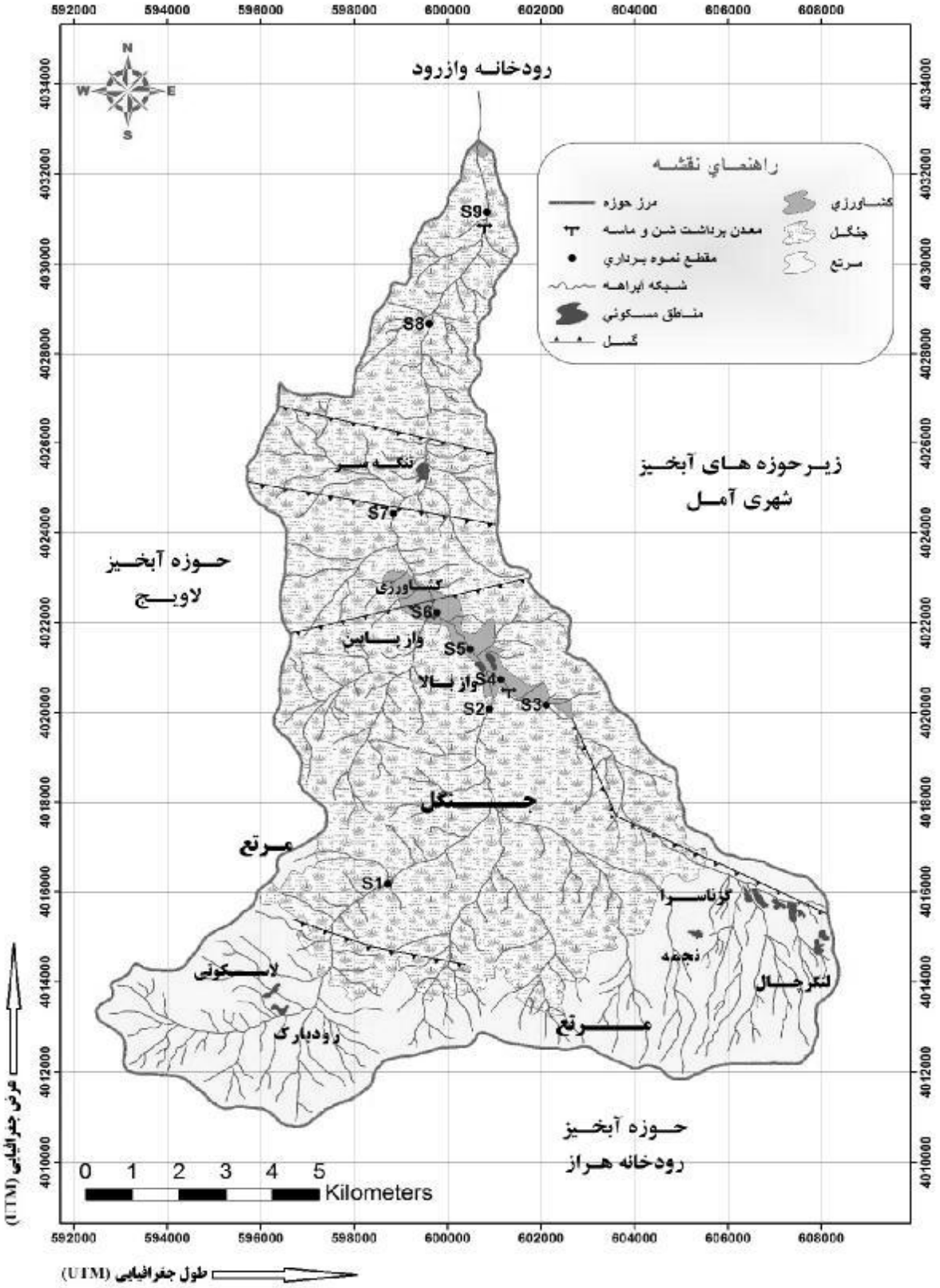
روی این رودخانه دو معدن برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای فعالیّت دارند که یکی از آنها در حد فاصل مقاطع 3 و 4 (شاخه فرعی گزناسرا) و دیگری در حد فاصل مقاطع 8 و 9 در نزدیکی خروجی حوضه آبخیز وازرود قرار دارند. بنابراین انتخاب مقاطع به‌گونه‌ای صورت گرفت که بتوان اثرات کاربری‌های اراضی اصلی (جنگلی، زراعی و مسکونی)، تغییرات طبیعی (پیوستن شاخه های فرعی، گسل و حرکات توده‌ای) و هم‌چنین فعالیّت‌های برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای را ردیابی نمود. شکل 2 و جدول 1 نقشه و مساحت کاربری‌های مختلف اراضی و شکل 3 و جدول 2 نقشه و مساحت سازندها با حساسیت‌های مختلف در برابر فرسایش در حوضه آبخیز وازرود (خالقی 1377)، شبکه زهکشی و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در رودخانه وازرود را نشان می‌دهد. گسل‌ها و سازندهای مختلف زمین‌شناسی با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدیدهای میدانی تهیه شده است (خالقی 1377).

جدول 1- مساحت کاربری های مختلف اراضی

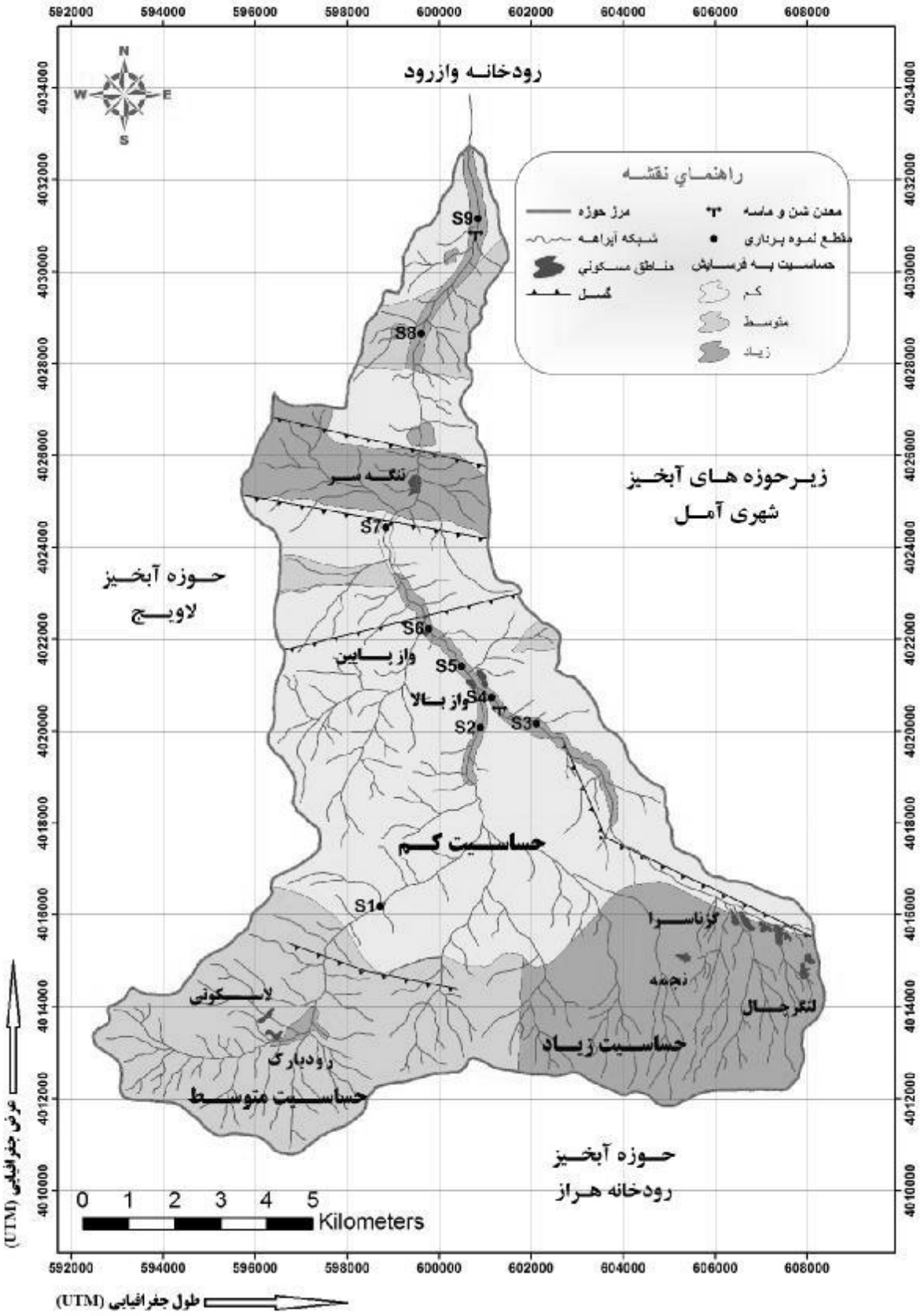
ردیف	کاربری اراضی	مساحت (ha)	مساحت (%)
1	جنگل	9285/38	66/19
2	مرتع	4420/75	31/51
3	کشاورزی	262/50	1/87
4	مسکونی	60/61	0/43

جدول 2- مساحت حساسیت های مختلف سازندها در برابر فرسایش

ردیف	حساسیت به فرسایش سازندها	مساحت (ha)	مساحت (%)
1	کم	6885/92	49/08
2	متوسط	3492/06	24/89
3	زیاد	3651/26	26/03



شکل 2- نقشهٔ کاربری اراضی، شبکه زهکشی و موقعیت نقاط نمونه‌برداری نه‌گانه در رودخانه وازرود



شکل 3- نقشهٔ حساسیت به فرسایش، شبکه زهکشی و موقعیت نقاط نمونه‌برداری نه‌گانه در رودخانه وازرود

پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری در رودخانه رسوبات بستر نمونه‌برداری و برای اندازه‌گیری خصوصیّات موفومتری به آزمایشگاه منتقل شدند. برداشت نمونه‌ها در تحقیق حاضر به‌روش ترکیبی (فریپ و دیپلاس 1993) انجام شد. در این روش رسوبات بستر در محل نمونه‌برداری به عرض تقریباً 1 متر در طولی برابر با عرض رودخانه و با عمق مناسب برداشت و با هم‌دیگر ترکیب شده و سپس مقدار رسوب مورد نیاز از این نمونه ترکیبی جدا گردید. برداشت نمونه‌ها از رسوبات ترکیب شده به‌نحوی صورت گرفت که وزن بزرگ‌ترین ذرهٔ رسوب در داخل نمونه بیش از 5% وزن کل نمونه نباشد (موسلی و تیندل 1985). بر این اساس وزن تقریبی نمونه‌های برداشت شده در هر مقطع بین 50 تا 100 کیلوگرم تعیین گردید. رسوبات برداشت شده به آزمایشگاه حمل و مواد آلی آنها توسط آب اکسیژنه حذف شده (لییدر 1988) و با استفاده از آون با دمای 70 درجهٔ سانتی‌گراد خشک گردید. سپس با استفاده از روش الک کردن رسوبات به طبقات قطری استاندارد تفکیک و سپس وزن‌های به دست آمده به نرم افزار گرادیسات[1] (بلات و پی 2001) وارد شده و مقادیر میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی نمونه‌های رسوب تهیّه شده به‌روش ترسیمی (هندسی) و با استفاده از روابط 1 تا 4 محاسبه شد (بلات و پی 2001).

$$M_g = \exp\frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3} \qquad [1]$$

$$\sigma_g = \exp\left(\frac{\ln P_{16} - \ln P_{84}}{4} + \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{6.6}\right) \qquad [2]$$

$$SK_g = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{25} - \ln P_5)} \qquad [3]$$

$$K_g = \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{2.44(\ln P_{25} - \ln P_{75})} \qquad [4]$$

که در آنها M_g میانگین (میلی‌متر)، σ_g انحراف معیار(میلی‌متر)، SK_g چولگی (بدون بعد)، K_g کشیدگی (بدون بعد)، P_5 تا P_{95} مقادیر اندازه‌های ذرّات رسوبی (میلی‌متر) در منحنی تجمعی دانه‌بندی رسوبات با درصدهای وزنی پنج، شانزده، بیست و پنج، پنجاه، هفتاد وپنج، هشتاد و چهار و نود و پنج درصد می‌باشد.

دیگر خصوصیّات مهّم مورفومتری رسوبات بستر شامل قطرهای ده، پنجاه و نود درصد و بافت رسوبات از نرم افزار ماکروی گرادیسات استخراج گردید (بلات و پی 2001). کرویت (بدون بعد و بین صفر و یک) که نشان دهنده نسبت اقطار سه‌گانه ذره رسوبی به همدیگر است که با استفاده از اندازه‌گیری قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک ذرّات رسوب و روابط مزبور محاسبه گردید (شفاعی‌بجستان 1373). گردشدگی (بدون بعد و بین صفر و یک) که نشان دهنده نسبت شعاع تیزترین گوشه ذره به شعاع تقریبی حجم کامل ذره است نیز با استفاده از روش ترسیم تصویر ذرّات بزرگ‌تر از 32 میلی‌مترو اندازه‌گیری قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک و شعاع کوچک‌ترین دایره محیط در گوشه‌ها برای این ذرات (به طور متوسط 100 الی 200 ذره برای هر نمونه) به‌دست آمد (شفاعی‌بجستان 1373). کرویت نزدیک به یک نشان دهنده کروی یا مکعبی بودن و گردشدگی نزدیک به یک نشان دهنده سائیدگی کامل تمامی گوشه های ذره رسوبی است.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیّات مورفومتری رسوب بستر در 9 مقطع متأثر از کاربری‌ها و یا دخالت‌های مختلف انسانی در طول مسیر رودخانهٔ وازرود انجام و نتایج مربوطه در جدول 3 خلاصه شده است.

[1] GRADISTAT

جدول 3- خصوصّیات مورفومتری رسوب بستر در مقاطع نمونه‌برداری در رودخانه وازرود

شماره مقطع	گردشدگی (بدون بعد)	کرویّت (بدون بعد)	بافت رسوبات (درصد)			d_{90} (میلی‌متر)	d_{50} (میلی‌متر)	d_{10} (میلی‌متر)	کشیدگی (بدون بعد)	چولگی (بدون بعد)	جورشدگی (میلی‌متر)	میانگین (میلی‌متر)
			رس	ماسه	شن							
1	0/126	0/654	0/35	14/52	85/14	241/86	41/85	0/84	0/90	-0/36	8/62	27/39
2	0/306	0/670	0/37	15/75	83/89	218/70	34/07	0/67	0/94	-0/35	9/00	22/55
3	0/122	0/688	0/34	9/32	90/34	227/79	42/26	2/11	0/92	-0/28	6/24	33/12
4	0/149	0/698	0/93	12/45	86/61	216/25	18/41	1/22	0/90	-0/06	7/62	20/11
5	0/219	0/681	1/27	19/88	78/85	166/30	14/36	0/28	0/97	-0/20	10/43	11/65
6	0/259	0/629	0/59	16/43	82/98	188/72	20/40	0/72	0/91	-0/21	8/61	17/34
7	0/233	0/674	0/26	11/04	88/70	245/22	54/41	1/30	1/19	-0/40	7/48	38/45
8	0/237	0/664	0/24	11/19	88/58	180/92	28/21	1/50	0/97	-0/24	6/65	24/23
9	0/257	0/666	1/71	19/62	78/67	174/45	23/86	0/18	0/92	-0/40	12/88	12/39

اثرات تغییر کاربری اراضی در برخی نقاط غیرقابل تفکیک از اثرات دیگر عوامل از جمله تغییرات شیب، وجود لغزش‌ها و یا تغییر در خصوصّیات سنگ شناسی و ... می‌باشد و از همه مهم‌تر برخی تغییرات در خصوصّیات مورفومتری رسوب بستر رودخانه از جمله اندازه رسوبات در جهت پایاب (پایین‌دست رودخانه) کاملاً طبیعی بوده و وجود آن مستلزم تغییر در کاربری‌های اراضی نیست. از طرف دیگر گاهی اثر برخی فعالیّت‌های انسانی از قبیل فعالیّت معادن شن و ماسه می‌تواند به تنهایی مهّم‌تر از تمامی عوامل دیگر باشد و در نهایت می‌توان گفت که اثرات برخی عوامل گاهی در راستای تقویت و گاهی در جهت تضعیف یک-دیگر عمل می‌کنند و به‌همین دلیل اثرات تلفیقی آنها نیز می‌بایست مدّ نظر قرار گیرد. به‌عنوان مثال سست بودن و حساسیت بالای سازندها به فرسایش می‌تواند موجب کاهش پوشش جنگلی شود در حالی‌که کاهش پوشش جنگلی نیز خود موجب افزایش فرسایش می‌گردد. بنابراین این دو خصوصّیت می‌توانند در جهت تقویت یک‌دیگر و در راستای افزایش فرسایش عمل کنند. در حالت دیگر اثر گسل‌های فعّال در منطقه هم افزایش-دهنده فرسایش و هم کاهش‌دهنده پوشش گیاهی است. بنابراین یک گسل فعّال به‌دلیل افزایش فرسایش می‌تواند مواد ریزدانه را در رسوبات بستر افزایش دهد در حالی‌که با فعالیّت تخریبی خود در سنگ‌ها و ایجاد اختلاف ارتفاع در سنگ‌ها می‌تواند مواد تخریبی درشت-دانه در حد شن را نیز به مقطع رودخانه اضافه نماید.

فعالیّت‌های معادن برداشت شن و ماسه در شاخه فرعی گزناسرا علاوه بر تغییر دادن برخی پارامترها از مقطع 3 به 4 موجب تغییر خصوصّیات مورفومتری رسوبات رودخانه اصلی وازرود بعد از محل پیوستن به آن شده است. ازجمله این پارامترها گردشدگی رسوبات بستر است. همان‌طور که از نتایج می‌توان استنباط نمود در مقطع شماره 2 گردشدگی 0/31 است در حالی‌که پس از پیوستن شاخه فرعی گزناسرا در مقطع شماره 5 گردشدگی شدیداً کاهش یافته است. حال آنکه بر طبق نتایج منطقی تحقیقات سایر محققین (ویلیامز 1983، دمیر 2003) گردشدگی می‌بایست با افزایش فاصله از سراب و اثر فرآیندهای مختلف سایش در یک فاصله بیش‌تر، افزایش پیدا کند. بنابراین اثرات تلفیقی دو نوع کاربری معدن برداشت مصالح رودخانه‌ای و وجود مناطق مسکونی دقیقاً قبل از مقطع شماره 5 موجب اختلال در روند طبیعی افزایش گردشدگی و حتی

معکوس ساختن این روند شده است که با نظر لاگاس و همکاران (1980)، مارستونا و همکاران (2003)، دمیر (2003) و رینالدی و همکاران (2005) در خصوص نقش معنی‌دار معادن شن و ماسه بر خصوصیّات رسوب هم‌خوانی دارد. روند طبیعی افزایش گردشدگی در جهت پایاب را می‌توان از مقطع 1 به مقطع 2 مشاهده نمود. پس از مقطع شماره 7 نیز گردشدگی روند طبیعی افزایشی خود را تا انتهای رودخانه ادامه می‌دهد. بنابراین مهّمترین عامل اختلال در روند طبیعی تغییرات گردشدگی در جهت پایاب برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای است که با فعالیّت های مختلفی از قبیل رفت و آمد مکرّر ماشین‌آلات در بستر رودخانه، ساخت حوضچه‌های تله‌اندازی رسوب، فعالیّت دستگاه‌های سنگ‌شکن و تخریب دیواره‌های آبرفتی کناره رودخانه همراه می‌باشد.

نکته جالب توجّه دیگر تغییرات میانگین اندازه ذرّات رسوب بستر در فاصله مقاطع شماره 3، 4 و 5 می‌باشد. دلیل کاهش ناگهانی میانگین اندازه ذرّات در فاصله مقطع شماره 3 و 4 فعالیّت ماشین‌آلات سنگ‌شکن، رفت و آمد انواع ماشین‌آلات در داخل بستر رودخانه و در اثر اقدامات غیراصولی برای افزایش برداشت شن و ماسه در این بازه می‌باشد که با نتایج تحقیقات هیلی و وو (2002) نیز هم‌خوانی دارد. میانگین اندازه ذرّات در مقطع شماره 5 نسبت به مقاطع 2 و 4 کاهش شدیدی نشان داده است و همان‌طور که در نقشه دیده می‌شود تنها دلیل این کاهش ناگهانی تداوم کاربری زراعی در حاشیه رودخانه و بالاخص کاربری مسکونی و انواع مختلف دخالت‌های انسانی در این بازه از رودخانه می‌باشد. جورشدگی (انحراف معیار) رسوبات بستر در مقطع شماره 5 افزایش قابل ملاحظه‌ای به نسبت مقاطع قبل از خود دارد. در واقع افزایش انحراف معیار نشان‌دهنده عدم یکنواختی رسوبات و پراکندگی بیش‌تر اندازه آنها از میانگین می‌باشد. دلیل این امر نیز تا حدی می‌تواند به کاربری مسکونی در قبل از این مقطع نسبت داده شود. کاربری مسکونی و زراعی در این بخش از بازه با کاهش مقادیر زیادی از رسوبات در حد شن و افزایش رسوبات در حد ماسه و ریزتر از آن به افزایش انحراف معیار در مقطع 5 انجامیده است.

فعالیّت معادن شن و ماسه، کاربری زراعی و کاربری مسکونی هر 3 به صورت توأم موجب کاهش درصد شن و افزایش درصد ماسه و سیلت و رس در رسوبات بستر رودخانه شده‌اند. مقاطع شماره 2 و 3 در آخرین بخش‌های کاربری جنگلی در دو شاخه وازرود و گزناسرا قرار دارند و دقیقاً مقاطع شماره 4 و 5 مقاطع بعدی آنها و در داخل کاربری‌های زراعی و مسکونی انتخاب شده‌اند و در حالی‌که در فاصله مقاطع 6 و 7 نتیجه کاملاً برعکس است یعنی کاربری از زراعی و مسکونی به جنگل تغییر کرده و بنابر این درصد شن افزایش و درصد ماسه و سیلت و رس کاهش داشته است. این موضوع ثابت می‌کند که کاربری زراعی و مسکونی مواد دانه ریزی را به رودخانه اضافه نموده و در واقع گل‌آلودگی جریان را افزایش می‌دهند. جالب آن است که از مقطع شماره 7 به بعد بیش‌تر خصوصیّات مورفومتری رسوبات بستر روند طبیعی و منطقی خود را به سمت پایین دست رودخانه از سر می‌گیرند که این موضوع نیز ثابت‌کننده اثرات تغییرات کاربری بر اختلال در روند تغییرات خصوصیّات مورفومتری رسوب می‌باشد. هر چند کاربری مسکونی موجود در حد فاصل مقاطع شماره 7 و 8 نیز اختلالاتی در روندهای مذکور را ایجاد نموده است. نکتهٔ جالب دیگر این است که اثر فعالیّت های برداشت شن و ماسه و کاربری های مسکونی در تغییرات اندازه ذرّات بیش‌تر در d_{50} و d_{10} خود را نشان داده است. به‌عنوان مثال d_{90} در حد فاصل مقاطع 3، 4 و 5 تغییرات شدیدی از خود نشان نمی‌دهد، در حالی‌که d_{50} و d_{10} در این فاصله کاهش‌های شدیدی داشته‌اند. در حد فاصل مقاطع شماره 7 و9 تغییرات معکوسی در نتیجه تبدیل کاربری زراعی به جنگل ایجاد شده است. همان‌طور که در نتایج دیده می‌شود مقاطع 4، 5 و 6 که مشخصاً در داخل منطقه تحت کاربری غیرجنگل (زراعی و مسکونی) قرار دارند دارای درصد سیلت و رس بیش‌تری نسبت به دیگر مقاطع می‌باشند هم‌چنین پارامتر d_{10} در این مقاطع نسبتاً کم‌تر از مقاطع

دیگر است. تا جایی که در مقطع شماره 5 که تحت بیش-ترین تأثیر کاربری مسکونی قرار دارد d_{10} کم‌ترین مقدار در بین تمامی مقاطع می‌باشد.

روند طبیعی کرویّت در رودخانه از سمت سراب به پایاب کاهشی است و در واقع حالت کروی و مکعبی به سمت حالت صفحه‌ای میل می‌کند. در بازه مورد بررسی انواع مختلف کاربری‌ها و فعالیّت‌های انسانی به آن اندازه که بر گردشدگی رسوبات بستر رودخانه اثر داشته‌اند در کرویّت رسوبات تاثیر زیادی اعمال ننموده‌اند و در واقع می‌توان گفت که این فعالیّت‌ها و کاربری‌ها سعی در از بین بردن زوایای تیز گوشه‌های یک ذرّه رسوبی داشته‌اند اما حجم کلی یک ذرّه رسوبی و میزان تطابق آن با یک کره را تغییر نداده‌اند. این موضوع شاید به این دلیل باشد که تغییر کرویّت مستلزم وجود بازه طولانی‌تر و یا اثرات شدیدتر تغییر کاربری‌های اراضی و فعالیّت‌های انسانی است.

مقدار چولگی صرف‌نظر از علامت آن نشان‌دهنده شدّت ریز یا درشت بودن ذرّات غالب می‌باشد. چولگی رسوبات بستر از مقاطع 1 به مقطع 2 افزایش نشان می-دهد. به‌عبارت دیگر نسبت وزن ذرّات ریز به وزن کل رسوبات بستر در این بازه بیش‌تر شده است. در شاخه فرعی گزناسرا به‌دلیل فعالیّت‌های مختلف کاربری معادن شن و ماسه چولگی رسوبات بستر در مقطع 4 به نسبت مقطع 3 کاهش شدیدی را نشان می‌دهد و به-عبارت دیگر غلبه ذرّات درشت بر ذرّات ریز بیش‌تر شده است. همین تغییرات موجب شده تا چولگی در مقطع 5 نسبت به مقطع 2 مقدار منفی کم‌تری را داشته باشد مه با اظهارات هیلی و وو (2002) نیز تأیید می-گردد.

از نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان جمع‌بندی نمود که تغییر حساسیت به فرسایش سازندها، کاربری مسکونی و برداشت شن و ماسه در این رودخانه روند تغییرات طبیعی پارامترهای اندازه رسوبات (میانگین، d_{10}، d_{50}، d_{90} و بافت) و نیز گردشدگی رسوبات بستر رودخانه را تحت تأثیر قرار داده و در برخی مقاطع روند را معکوس نموده اند. از طرفی دیگر، اگرچه نتایج تحقیق حاضر نمایانگر بخش مهمّی از تغییرات فرآیندی حاصل از دخالت‌های انسانی در رودخانه وازرود می-باشد لکن انجام تحقیقات گسترده‌تر با بازه‌های زمانی و مکانی بیش‌تر به‌منظور حصول نتایج جامع پیشنهاد می-شود.

منابع مورد استفاده

خالقی پ، 1377. نیمرخ جنگل‌های خزر، جنگل تحقیقاتی وازرود. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

شفاعی بجستان م، 1373. هیدرولیک رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز.

Ahmad Bakri AG, Aminuddin, ABG, Nor Azazi Z, Zorkeflee AH and Chang CK, 2004. Determination of Manning's flow resistance coefficient for rivers in Malaysia, Pp. 104-110. 1st International Conference on Managing Rivers in the 21st Century: Issues and Challenges, September 2004, Penang, Malaysia.

Blott SJ and Pye K, 2001. Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediment. Earth Surf Proc Land 10(26): 1237-1248.

Brown AV, Lyttle MM and Brow KB, 1998. Impacts of gravel bed streams. T Am Fish Soc 127(6): 979-994.

Clifford NJ, 2001. Conservation and the river channel environment, Pp. 68-104. In: Warren A and French JR. (eds). Habitat Conservation, John Wiley and Sons Ltd, London.

Demir T, 2003. Downstream changes in bed material size and shape characteristics in a small upland stream, Cwm Treweryn, in South Wales, Pp. 33-47. Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Turkey.

Fripp JB and Diplas P, 1993. Surface sampling in gravel stream. J Hydraul Eng. ASCE 119 (4): 473-490.

Gomez B, 2001. Downstream mining in a rapidly aggrading gravel bed river. Water Resour Res 37 (6): 1813-1823.

Gordon E and Meentemeyer RK, 2006. Effects of dam operation and land use on stream channel morphology and riparian vegetation. Geomorphology 82: 412–429.

Healy T and Wo K, 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 Hydrol (NZ) 41(2): 175-196.

Heitmuller F and Hudson PF, 2009. Downstream trends in sediment size and composition of channel-bed, bar, and bank deposits related to hydrologic and lithologic controls in the Llano river watershed, central Texas, USA. Geomorphology 112: 246–260.

Kang RS and Marston RA, 2006. Geomorphic effects of rural-to-urban land use conversion on three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma. Geomorphology 79: 488–506.

Koche RC and Baker V, 1988. Paleoflood analysis using slack water deposits, Pp. 357-376. Flood Geomorphology. John Wiley and Sons Publications.

Krumbein WC, 1940. Flood gravel of San Gabriel Canyon, California. Geol Soc Am Bull 51: 639-676.

Lagasse PF, Simons DB and Winkley BR, 1980. Impact of gravel mining on river system stability. J Waterway, Part C 106(3): 389-404.

Lee H, Fu DT and Song M, 1993. Migration of rectangular mining pit composed of uniform sediments. J Hydraul Eng, ASCE 119(1): 64-80.

Leeder MR, 1988. Sedimentology: Process and Product, Fletcher & Son Ltd.

Lundekvam HE, Romstad E and Oygarden L, 2003. Agricultural policies in Norway and effects on soil erosion. Environ Sci & Policy 6:57–67.

Marstona RnA, Bravard JP and Greenc T, 2003. Impacts of reforestation and gravel mining on the Malnant River, Haute-Savoie, French Alps. Geomorphology 55: 65-74.

Mass-Plaa J, Montanerb J and Solab J, 1999. Groundwater resources and quality variations caused by gravel mining in coastal streams. J Hydrol 216:197-213.

Mosley MP and Tindale DS, 1985. Sediment variability and bed material sampling in gravel-bed rivers. Earth Surf Proc Land 10(5): 465-482.

Mueller EN, Francke T, Batalla RJ and Bronstert A, 2009. Modelling the effects of land-use change on runoff and sediment yield for a meso-scale catchment in the Southern Pyrenees. Catena 79: 288–296.

Pizzuto J, Moglen G, Palmer M and Nelson K, 2007. Two model scenarios illustrating the effects of land use and climate change on gravel riverbeds of suburban Maryland, USA. Developments in Earth Surface Processes 11: 359-381.

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

Snelder TH, Lamouroux N and Pella H, 2011. Empirical modelling of large scale patterns in a bed surface grain size. Geomorphology 127: 189–197.

Vignat D, 2003. Characterization of bed sediment and suspension of the river Po (Italy) during normal and high flow conditions. Water Resour Res (37): 2847-2864.

Wan X, Shang S, Yang W, Clary CV and Yang D, 2010. Simulation of land use–soil interactive effects on water and sediment yields at watershed scale. Ecological Engineering 36: 328–344.

Williams GP, 1983. Paleohydrological methods and some examples from Swedish fluvial environment, cobble and boulder deposits. Geogr Ann 65A: 227-243.

Williams GP and Costa J, 1988. Geometric Measurement after a Flood, Flood Geomorphology. John Wiley and Sons Publications. London.