پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال پنجم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۵
صص. ۲۶-۱٤

بررسی پیامدهای برداشت شن و ماسه بر مورفولوژی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه ده بالا–کرمان)

شیرین محمدخان*– استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
فاطمه نرماشیری– عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی سراوان
احمد یزدان پناه– کارشناس ارشد مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان کرمان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۷ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶

چکیده

رودخانه‌ها سیستم‌هایی کاملاً پویا بوده و مشخصه‌های مورفولوژیکی آن‌ها به‌طور پیوسته تغییر می‌کند. در این پژوهش پیامدهای برداشت شن و ماسه بر مورفولوژی رودخانه ده بالا در استان کرمان با استفاده از روش مقایسه زمانی- مکانی، موردبررسی قرارگرفته است. جهت مقایسه زمانی از عکس‌های هوایی و جهت مقایسه مکانی، طول رودخانه به چهار بازه تقسیم و پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول‌موج، ضریب خمیدگی، شعاع نسبی و زاویه مرکزی اندازه‌گیری شد. تغییرات زاویه مرکزی نشان‌دهنده افزایش پیچان‌رودی شدن از سال ۱۳٦۷ الی ۱۳۸٤ می‌باشد. بر اساس شاخص ضریب خمیدگی میزان خمیدگی رودخانه در طول این دوره افزایش داشته است. افزایش طول‌موج و طول دره در این دوره نشان از افزایش قدرت مانور رودخانه دارد. کاهش زاویه مرکزی در این دوره نشان از تحت فشار قرار گرفتن رودخانه و متعاقباً افزایش ناپایداری، توسعه و گسترش فرسایش کناری می‌باشد. عرض بستر دارای بیشترین تغییرات نسبت به سایر پارامترها می‌باشد. درمجموع میزان تغییرات مورفولوژی رودخانه اندک بوده و ممکن است به علت وجود شن و ماسه زیاد اثرات برداشت مصالح کوتاه‌مدت بوده باشد اما به علت روند کاهشی بارش و کاهش آورد رسوبی لزوم احتیاط بیشتر در میزان برداشت شن و ماسه ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: مورفولوژی، شن و ماسه، رودخانه، پارامترهای هندسی، کرمان

* نویسنده مسئول: E-mail: mohamadkhan@ut.ac.ir

مقدمه

استفاده از شن و ماسه، از دیرباز به همراه پیشرفت انسان در عرصه‌های مختلف کاربرد بیشتری یافته است. کشور ایران جزو کشورهای درحال‌توسعه محسوب می‌شود و همین امر باعث شده که پروژه‌های عمرانی و زیربنایی متعددی در کشور در حال اجرا باشد این موضوع باعث گردیده تا در اجرای پروژه‌ها به هر طریق ممکن نسبت به تأمین مصالح مناسب و سهل‌الوصول از هر جای ممکن اقدام گردد. شن و ماسه رودخانه‌ای که در معرض انتقال ممتد در آب بوده، منابع مطلوبی از مصالح می‌باشند، زیرا مواد ضعیف و سست آن‌ها توسط سایش حذف گردیده و شن و ماسه بادوام، گرد شده و با دانه‌بندی مناسب به‌جامانده است(راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای، ۱۳۸۴). همچنین در دسترس بودن، نزدیکی به جاده‌های حمل‌ونقل، محل مصرف و عدم نیاز به فراوری بیشتر باعث استفاده روزافزون از این منابع ارزشمند شده است. در این رهگذر رودخانه‌ها و مسیل‌ها شاهد خیل عظیم بهره‌برداری بی‌رویه و غیر فنی و بدون ملاحظه بوده، درنتیجه اثرات نامطلوب مورفولوژی و محیط زیستی زیادی را متحمل شده‌اند.

آمار زیادی از رودخانه‌هایی که به دلیل برداشت بی‌رویه دچار خسارت شدید شده‌اند وجود دارد. رودخانه تجن در ساری، سفیدرود در استان گیلان، رودخانه مرزی ارس در استان اردبیل، رودخانه میناب در استان هرمزگان، رودخانه تیره در استان لرستان فقط نمونه‌هایی از این تخریب گسترده هستند. همچنین می‌توان به تخریب پل‌های بالا رود، قمرود، تجن، ماشالک و شریانی شدن مسیر رودخانه‌های شاه چای کرج و تیره اشاره نمود(ضوابط زیست‌محیطی برداشت مصالح رودخانه‌ای، ۱۳۸۸). اثرات نامطلوب برداشت‌های بی‌رویه علاوه بر زمان دوره برداشت به دوره‌های زمان طولانی حتی پس از خاتمه عملیات بهره‌برداری و نیز مکان‌های بالادست و پایین‌دست محدوده برداشت منتهی می‌گردد، لذا ضرورت انجام مطالعات مربوط به امکان‌سنجی برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها به‌صورت موردی و در هر محل ازلحاظ مورفولوژیکی و زیست‌محیطی در کنار مطالعات فنی کاملاً ضروری می‌باشد.

از سوی دیگر، اگر برداشت شن و ماسه تحت اصول فنی مناسب و نیز مدیریت صحیح صورت گیرد، نه‌تنها تبعات منفی آن به حداقل می‌رسد، بلکه باعث کنترل سیلاب و ایجاد پایداری در پروفیل رودها می‌شود.

برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها یکی از پدیده‌های رایج در جهان می‌باشد. به‌عنوان‌مثال در آمریکا (کندلف[1] ۱۹۹۴)، در فرانسه (پتیت و همکاران[2] ۱۹۹۸) ، در انگلیس(آرچر و سیر[3] ۱۹۹۸) ، در استرالیا (گرین و ارسکاین[4] ۲۰۰۰)، در ایتالیا (سوران و رینالدی[5] ۲۰۰۳)، در بلژیک (گب و همکاران[6] ۲۰۰۵)، مواردی از برداشت شن و ماسه از رودخانه را گزارش داده‌اند. رشد اقتصاد جهانی در دهه‌های اخیر باعث افزایش نیاز انسان به مواد خام برای ساخت زیرساخت‌ها شده است(وایدِ[7] ۲۰۱۰).

برداشت شن و ماسه می‌تواند اثرات کوتاه‌مدت یا بلندمدت در پایداری پروفیل رودخانه داشته باشد. تغییر در مورفولوژی آبراهه موجب تغییراتی در پایین‌دست، در خلال برداشت شن و ماسه خواهد شد (رینالدی و همکاران ۲۰۰۵). این تغییرات می‌تواند به‌صورت افزایش بار رسوبی، از بین رفتن آرمور کف رودخانه و یا حرکت شن‌ها در کف رودخانه در اثر برداشت شن و ماسه ظاهر شود (موسی و مک لین[8] ۱۹۹۷). کندن بستر رودخانه باعث پایین آمدن سطح اساس رود و درنتیجه جابجا شدن خط کنیک می‌شود (کندلف ۱۹۹۷). این تحلیل درشیب طولی آبراهه باعث تخریب ساختمان‌ها مثل پایه

---

[1] Kondolf
[2] Petit et al.
[3] Sear&Archer
[4] Green & Erskine
[5] Surian & Rinaldi
[6] Gob et al.
[7] vide
[8] Mossa&McLean

پل‌ها در طول آبراهه خواهد شد (کندلف و اسوانسون[1] ۱۹۹۳). درهرصورت تغییرات اتفاق افتاده در کانال آبراهه به میزان و سرعت برداشت شن و ماسه ارتباط پیدا خواهد کرد (رینالدی و همکاران ۲۰۰۵).

دریک مقاله قدیمی که توسط گیلبرت در سال ۱۹۱۷ در نشریه سازمان زمین‌شناسی آمریکا چاپ‌شده به برداشت مصالح از بستر رودخانه شری آمریکا اشاره‌شده است. در این گزارش آمده که در مسیر رودخانه حوضچه‌های بزرگی در اثر برداشت مصالح ایجادشده است. این حوضچه‌ها باعث شده رسوبات حمل شده توسط جریان آب در آن ترسیب کنند و با کاهش میزان رسوبات حمل شده ظرفیت حمل رودخانه افزایش یابد، به‌طوری‌که فرسایش در پایین‌دست را باعث شده است، عمق فرسایش در برخی نقاط رودخانه تا پنج‌متر گزارش‌شده است.

برداشت مصالح در رودخانه‌تان شیو در تایوان باعث شده تراز بستر رودخانه نزدیک دهانه خروجی آن به حدود ۳۰ الی ۴۰ متر پایین‌تر از سطح دریا برسد. مشکلات ناشی از برداشت مصالح در رودخانه کانزاس آمریکا باعث شده برای اولین بار این مسئله توسط اداره مهندسین هیدرولوژی آمریکا موردتوجه قرار گیرد و با اعمال برخی تغییرات و تصحیح‌ها برنامه HEC-6 را برای شبیه‌سازی مسئله برداشت شن و ماسه توسعه دهند.

واید (۲۰۱۰) آثار برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه را به سه دسته مورفولوژیک، اکولوژیک و هیدرولوژیک تقسیم‌بندی کرده است. البته وی معتقد است مسائل اکولوژیک و هیدرولوژیک مسائلی عرضی هستند که در پی ایجاد تغییرات مورفولوژیک رخ می‌دهند.

وی همچنین تغییرات مورفولوژیک را به‌عنوان مهم‌ترین و رایج‌ترین تغییرات ذکر می‌کند که عبارت‌اند از:

•تخریب بستر رودخانه، تغییر در الگوی کانال، بی‌ثباتی کانال، مسلح شدن، تغییر در دشت‌های سیلابی

در رودخانه‌های بریتانیا، شن و ماسه برای ساخت ساختمان‌های تجاری از ابتدای قرن نوزدهم برداشت‌شده است. این برداشت‌ها در دهه ۱۹۳۰ افزایش پیداکرده و در دهه ۱۹۶۰ به اوج خود رسیده است (نیوتون[2] ۱۹۷۱). اما در سال‌های اخیر به دلیل تصویب قانون خاصی برای برداشت شن و ماسه این رقم‌ها کاهش چشمگیری داشته است (آژانس محیط‌زیست[3] ۲۰۰۵).

در همین راستا لئوپولد و ولدمن[4] ۱۹۷۵، ازلحاظ ساختار مورفولوژیکی رودخانه‌ها را به سه دسته مستقیم، پیچان‌رودی و چند شاخه (شریانی) تقسیم‌بندی کردند. این الگوها نیز متأثر از همین فاکتورها می‌باشند. دراین‌بین الگوی پیچان‌رود به دلیل فراوانی آن در طبیعت بیشترین توجه را به خود جلب کرده است (بایدن هارن[5] و همکاران ۱۹۷۷).

تورنه[6] (۲۰۰۲) در یک تحقیق به لزوم مطالعه رفتار مورفولوژیکی رودخانه‌های بزرگ پرداخته و یک چارچوب مطالعاتی در این زمینه ارائه نموده است که تأکید آن برپایش منظم مشخصات مورفولوژیک رودخانه با استفاده از روش‌های نوین می‌باشد.

در ایران نیز مطالعاتی بر روی اثرات زیست‌محیطی برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها، با توجه ویژه به رودخانه‌های شمال کشور صورت گرفته است. ازجمله رودخانه‌های مازندران (وهاب‌زاده کبریا، ۱۳۸۶)، رودخانه کن (روزخش و همکاران، ۱۳۸۸) را می‌توان نام برد. همچنین در راستای پایش تغییرات شکل بستر رودخانه‌ها در ایران احمری (۱۳۷۵) به بررسی اثرات برداشت مصالح رودخانه‌ای پرداخته و ازآن‌پس مقالات پژوهشی مانند فعالیت‌های نوحه‌گر و محمودی (۱۳۸۲) بر روی رودخانه میناب، مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی رودخانه‌های خرم‌آباد، یمانی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی

[1] Swanson
[2] Newton
[3] Environment Agency
[4] Leopold &Wolman
[5] Biedenharn
[6] Thorne

رودخانه اترک، یمانی و اشرفی (۱۳۹۰) بر روی رودخانه کرخه را شاهد بوده‌ایم. بااین‌حال ضرورت ادامه این قبیل طرح‌های پژوهشی بر روی سایر رودخانه‌های ایران احساس می‌گردد.

برداشت تدریجی شن ماسه به‌وسیله ریپ رپ یکی از راه‌های مناسبی است که می‌تواند همچنین باعث کنترل سیلاب گردد. این روش با افزایش ذخیره کانال می‌تواند خطر وقوع سیلاب را نیز کم کند (فهرست خدمات مطالعات برداشت رودخانه‌ای، ۱۳۸۴).

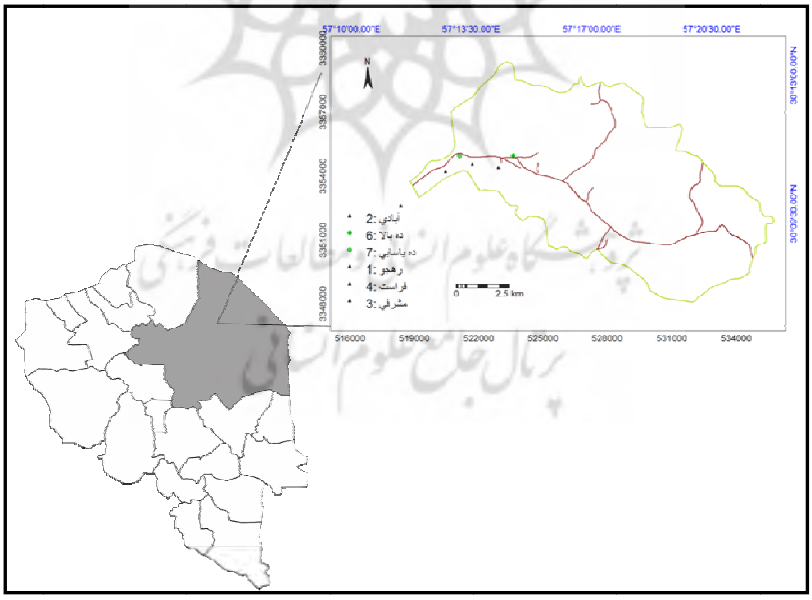
برای شناخت نتایج زیان باری که این عملیات می‌تواند بر مورفولوژی و زیستگاه‌های رودخانه‌ها داشته باشد اکنون تحقیقاتی انجام می‌گیرد تا روش‌های دیگری برای مدیریت رسوبات شناسایی گردد (بابتی[۱] ۲۰۰۵).

دستورالعمل جدید تحت عنوان چهارچوب آب که در نظر دارد وضعیت اکولوژی رودخانه‌ها را به وضعیت مناسبی تا سال ۲۰۱۵ برساند کلیدی جهت بهبود بخشیدن به مدیریت رسوب رودخانه‌ها است (آژانس محیطزیست، ۲۰۰۵).

هدف اصلی موردنظر در این مطالعه مشخص نمودن تغییرات مورفودینامیک رودخانه ده بالا در شرق شهرستان کرمان حاصل از برداشت شن و ماسه است.

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه رودخانه ده بالا به طول ۲۰۴۰۰ کیلومتر و شیب متوسط ۱۳/۷ درصد می‌باشد. این رودخانه در شمال شرقی شهرستان کرمان واقع‌شده است(شکل ۱). برداشت‌ها در طول و عرض جغرافیایی '۱۵ °۳۰ و '۱۵ °۵۷ و در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان کرمان انجام‌شده است. از منظر زمین‌شناسی نیمی از حوضه متشکل از مجموعه‌های شیل و ماسه‌سنگ به همراه نهشته‌های آبرفتی قدیمی و جوان می‌باشد.



شکل ۱. نقشه مرز حوضه مطالعاتی

تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها تحت تأثیر آورد (میزان بارندگی) و برداشت رسوب (معادن شن و ماسه) می‌باشند. به همین جهت مطالعات زیر صورت پذیرفته است:

---

[۱] Babtie

مطالعات هواشناسی: برای انجام مطالعات هواشناسی منطقه از آمار ایستگاه سینوپتیک کرمان در طول دوره آماری ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۴ استفاده‌شده است. نخست بررسی دقت و صحت آمارهای بارندگی جمع‌آوری‌شده و حذف و تصحیح آمار مشکوک، انتخاب دوره آماری انجام، در آخر بارندگی متوسط سالیانه، رژیم بارندگی منطقه، دوره‌های ترسالی و خشکسالی، حداقل و حداکثر دمای سالانه، میانگین دمای سالانه و... محاسبه‌شده است.

مطالعات این بخش با تأکید برپایش تغییرات بارندگی صورت پذیرفته است. برای تفسیر بهتر بارندگی منطقه نمودارهای میانگین متحرک سه و پنج‌ساله بارندگی منطقه ترسیم‌شده است.

همچنین برای آگاهی از وضعیت ترسالی و خشکسالی منطقه، از دو شاخص خشکسالی درصد نرمال و بارش استانداردشده تصحیح‌شده استفاده‌شده است. این شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار DIP و آمار بارندگی سالانه محاسبه‌شده‌اند. هیستوگرام های بارش مربوط به سه سال ۱۳۶۷، ۱۳۷۷و۱۳۸۴نیز به علت بررسی بهتر وضعیت مورفولوژی رودخانه در این سه سال ترسیم شد.

مطالعات فرسایش و رسوب: به دلیل عدم ایستگاه هیدرومتری در منطقه، آماری از رسوب منطقه موجود نمی‌باشد. به دلیل فقدان آمار رسوب برای برآورد رسوب از روش EPM استفاده‌شده است.

مطالعات مورفولوژی: مورفولوژی رودخانه ده بالا با استفاده از روش مقایسه زمانی- مکانی تغییرات صورت گرفته و همچنین با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمی، موردبررسی واقع‌شده است. برای بررسی پلان رودخانه و مشخصات هندسی آن از عکس‌های هوایی سال ۱۳۶۷ و ۱۳۷۷ سازمان نقشه‌برداری و همچنین تصویر گوگل ارث ۱۳۹۰ استفاده‌شده است، با توجه به اینکه برای محاسبه پارامترهای هندسی نیاز به پلان مسیر رودخانه بوده است، بنابراین با استفاده از عکس‌های هوایی و تصویر گوگل ارث موجود مسیر رودخانه از روی مدارک مذکور ترسیم گردیده است. جهت مختصات دار کردن عکس‌های هوایی از نرم‌افزار الویس استفاده‌شده است. پس از رقومی سازی مسیر رودخانه، درنهایت پلان رودخانه در سه دوره‌ی زمانی فوق‌الذکر استخراج‌شده است.

پارامترهای هندسی رودخانه نظیر طول‌موج، ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی پیچان‌رود، شعاع پیچان‌رود، شعاع نسبی، طول دره و... در سه دوره‌ی فوق با ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه در محیط نرم‌افزار اتوکد اندازه‌گیری شده است. ابتدا در اتوکد دایره‌های مماس بر پیچان‌رودها ترسیم، سپس پارامترهای هندسی طول‌موج، طول دره، شعاع پیچان‌رود، شعاع نسبی و زاویه مرکزی استخراج گردیده است.

برای اندازه‌گیری عرض بستر رودخانه با رقومی کردن دو طرف بستر رود بر روی عکس هوایی و تصویر گوگل ارث انجام‌شده است.

میانگین عمق رودخانه در بازه‌های موردمطالعه با استفاده از مشاهدات میدانی صورت گرفته است، بدین‌صورت که برای سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۷۷ با استفاده از مشاهده پادگانه‌های قدیمی، اندازه‌گیری داغاب سیلاب‌ها و همچنین مصاحبه از اهالی روستاهای مستقر در مسیر رودخانه، عمق رودخانه تخمین زده‌شده و برای سال۱۳۹۰ اندازه‌گیری در چند نقطه از مسیر رودخانه انجام‌شده و سپس میانگین عمق رودخانه با استفاده از این اندازه‌گیری‌ها لحاظ شده است.

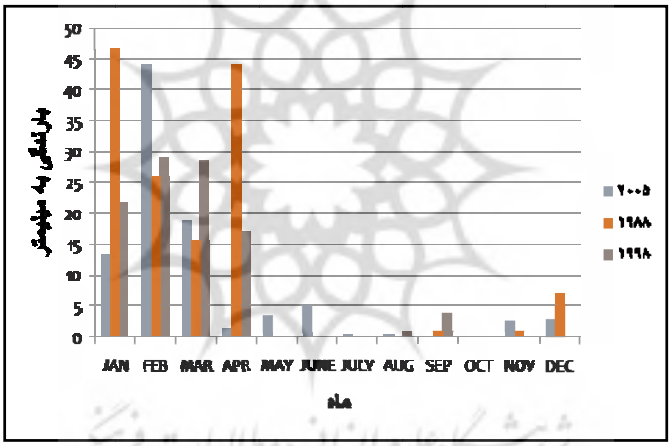
پس از انجام این اندازه‌گیری‌ها مقایسه آماری بین مشخصات هندسی به‌دست‌آمده از سه دوره‌ی زمانی صورت گرفته است. برای مقایسه ضریب خمیدگی و نوع رودخانه بر مبنای شعاع نسبی از جداول راهنمای منتشرشده توسط تحقیقات جهاد کشاورزی (تلوری[1] ۱۹۹۴) استفاده‌شده است. همچنین با استفاده از مسیرهای ترسیمی، تغییرات مکانی مسیر رودخانه درگذشته و حال مشخص و با هم مقایسه شده‌اند. به‌منظور روشن شدن بهتر وضعیت مورفولوژی رودخانه و تشریح مشخصات هندسی اندازه‌گیری شده و با توجه به مکان قرارگیری معادن، شکل مقطع و تغییر خصوصیات مورفولوژیک، رودخانه در طول مسیر به چهار بازه فرعی تقسیم‌شده است. بازه یک به‌عنوان پایین‌دست سایت معادن

[1] Telori

به‌منظور بررسی آثار معادن بر پایین‌دست حوضه؛ بازه دو به‌عنوان سایت قرارگیری معادن؛ بازه سه به‌عنوان بالادست معادن به‌منظور بررسی آثار معادن بر بالادست حوضه؛ بازه چهار به‌عنوان منبع تغذیه‌کننده رسوب سایت در نظر گرفته‌شده است. در هرکدام از این بازه‌ها بررسی‌ها به‌صورت مجزا انجام‌شده و نتایج به‌صورت مقایسات زمانی و مکانی در ادامه شرح داده‌شده است.

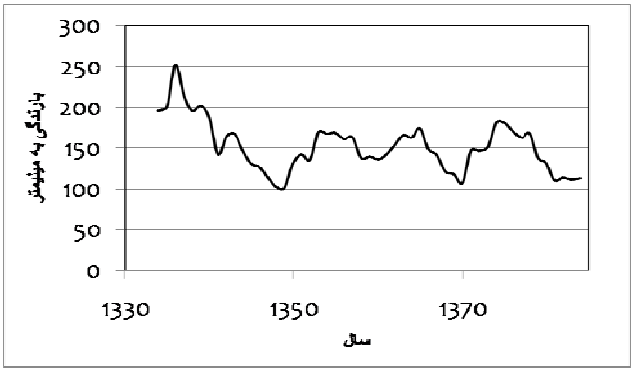
نتایج

اقلیم : طول دوره‌ی آماری انتخابی برای محدوده موردمطالعه با توجه به آمار موجود ایستگاه سینوپتیک شهر کرمان ۱۳۸۴- ۱۳۳۰ می‌باشد. میانگین بارندگی در طول این دوره ۱۵۲/۹ میلی‌متر محاسبه و مقادیر حد نیز برای این دوره تعیین‌شده است. با توجه به شکل (۲) کمترین میزان بارش برای سال۱۳۴۷ به مقدار ۲۶/۶ میلی‌متر و بیشترین میزان بارش برای سال ۱۳۸۳ به مقدار ۱۴۴/۶میلی‌متر بوده است.



شکل ۲. هیستوگرام مقادیر بارش ماهانه (سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸٤)

همچنین ترسیم میانگین متحرک پنج‌ساله بارندگی برای این دوره (شکل ۳)، حاکی از آن است که سال ۱۳۸۴ نسبت به دو سال ۷۷ و ۶۷ و میانگین کل دوره روند کاهشی داشته است. شاخص بارندگی نرمال دوره هم جدول (۱) این موضوع را تائید می‌کند.



شکل ۳. میانگین متحرک پنج‌ساله بارندگی

جدول ۱. شاخص PN برای سه سال ۱۳٦۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸٤

سال آماری	عدد شاخص	نتیجه
۱۳۶۷	۹۴/۱۳	نرمال
۱۳۷۷	۶۷/۶۹	خشکسالی متوسط
۱۳۸۴	۶۱/۴۹	خشکسالی متوسط

فرسایش و رسوب: برای برآورد فرسایش و رسوب حوضه به دلیل فقدان ایستگاه هیدرومتری و آمار رسوب از روش تجربی EPM استفاده‌شده و با توجه به واحدهای کاری در نظر گرفته‌شده خصوصیات فرسایش، حساسیت سنگ و خاک و ضریب استفاده از اراضی مشخص و درنهایت فرسایش هر رخساره تعیین و مقادیر رسوب حوضه به‌صورت وزنی برآورد شده است و نتایج به‌صورت جدول(۲) خلاصه‌شده است.

جدول ۲. مقادیر رسوب ویژه و کل رسوب حوضه (روش EPM)

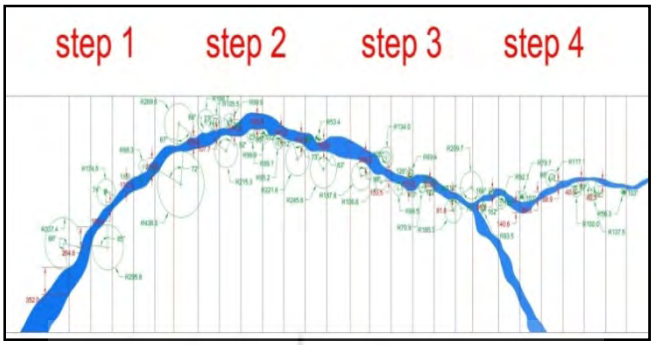
مساحت	رسوب ویژه	میزان رسوب
۹۳.۸۸	۵۲۸۸۱۰.۵۹	۴۹۶۴۴۷۳۸.۰۱
Km^2	$m^3/km^2.yr$	m^3/yrs

مورفولوژی: برای کمی کردن میزان توسعه پیچان‌رودی رودخانه‌های آبرفتی و تعیین الگوی رفتاری و تغییرات آن در طول زمان، باید مشخصات هندسی رودخانه‌ها پارامترهای هندسی رودخانه شامل میانگین طول‌موج و دره، شاخص پیچان‌رودی، نسبت طول دره به عرض و نسبت طول‌موج اندازه‌گیری و تجزیه‌وتحلیل شوند، تا بتوان تغییرات ایجادشده در مسیر رودخانه را درگذشته نسبت به حال مشخص کرد. پارامترهای هندسی مذکور برای سه سال موردمطالعه به‌صورت مقایسه‌ای در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال‌های ۱۳٦۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸٤)

پارامتر	۱۳٦۷	۱۳۷۷	۱۳۸٤
میانگین طول‌موج(متر)	۹۱۳/۸	۱۹۴۹	۵۳۷۴
میانگین طول دره(متر)	۱۶۹۶/۵	۱۶۱۱/۴	۲۴۳۶
شاخص پیچان‌رودی /خمیدگی	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۹۳
نسبت طول دره به عرض	۳۳/۵۴	۲۶/۶۴	۱۰/۸۶
نسبت طول‌موج به عرض	۷۳/۹۹	۳۲/۲۲	۵/۸۵

شکل ۳، ۴ و ۵ نحوه برازش دایره‌های مماس بر قوس رودخانه را با بهره‌گیری از نرم‌افزار اتوکد به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۷۷ و ۱۳۶۷ نشان داده است. ازآنجاکه روش کار به‌صورت مقایسه زمانی – مکانی می‌باشد در هرسال مورد مقایسه بستر رودخانه بر اساس قرارگیری معادن به چهار بازه تقسیم‌شده و پارامترهای هندسی در این چهار بازه برای هرسال نسبت به هم سنجیده شده‌اند (جداول ۴، ۵ و ۶).

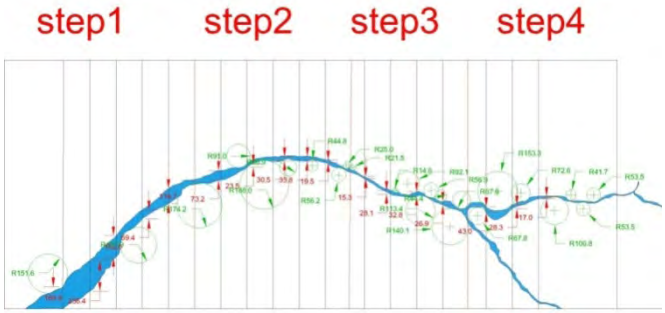


شکل ۳. تصویر بستر رودخانه (۱۳۸٤)

جدول ٤. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال ۱۳۸٤)

پارامترهای هندسی	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه ٤
میانگین عرض رودخانه(متر)	۲۲۰/۷۸	۱۶۴/۰۶	۱۴۹/۸	۹۰/۲۳
زاویه مرکزی(درجه)	۸۲/۴	۹۴/۷۳	۱۱۲/۶۶	۱۰۷/۸۵
میانگین شعاع دایره(متر)	۲۶۶/۵۲	۱۵۰/۱۶	۱۲۸/۱۵	۹۵/۱۷
شعاع نسبی	۱/۲۱	۰/۱۵	۰/۸۶	۱/۰۵

ضریب خمیدگی: شاخص ضریب خمیدگی یکی از معیارهای کمی است که در تقسیم‌بندی شکل رودخانه استفاده می‌شود. این عامل نشان‌دهنده نسبت طول خط محور رودخانه به طول دره یا طول چم است و میزان تکامل چم را می‌نمایاند. خمیدگی بزرگ‌تر از ۱/۴ تا ۱/۵ نشان‌دهنده پیچشی بودن رودخانه و کمتر از آن نشان‌دهنده مستقیم بودن رودخانه است.



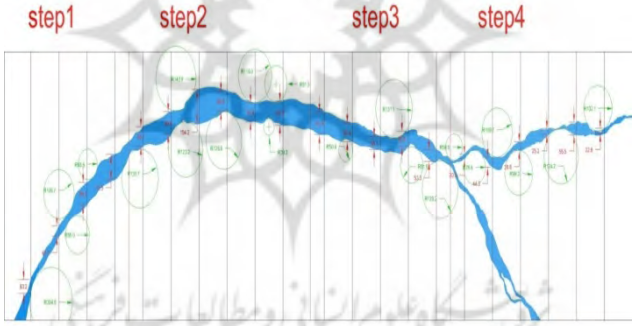
شکل ٤. تصویر بستر رودخانه(۱۳۷۷)

جدول ۵. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال ۱۳۷۷)

پارامترهای هندسی	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه ٤
میانگین عرض رودخانه(متر)	۱۵۰/۶۴	۳۶/۱	۲۵/۷۸	۲۹/۴۳
زاویه مرکزی(درجه)	۱۱۶/۶۷	۸۷	۱۲۳/۶۷	۱۲۸/۱۷
میانگین شعاع دایره(متر)	۷۸/۴۶	۶۵/۵	۷۹/۴۸	۱۵۴/۵۷
شعاع نسبی	۰/۵۲	۱/۸۱	۳/۰۸	۵/۲۵

طول‌موج و طول دره: طول‌موج و طول دره رودخانه دو پارامتر اصلی در طبقه‌بندی رودخانه و تعیین ضریب خمیدگی آن است. معمولاً بین این دو پارامتر همبستگی بالایی وجود دارد.

زاویه مرکزی: زاویه مرکزی به‌عنوان معیاری جهت تقسیم‌بندی و شناسایی میزان توسعه پیچان‌رودی رودخانه استفاده می‌شود. پس از ترسیم دایره‌های مماس بر مسیر رودخانه در نرم‌افزار اتوکد، از مرکز هر یک از دایره‌های مماس بر قوس‌ها دو شعاع به نقطه عطف دایره‌ها با دره رودخانه ترسیم می‌شود. به زاویه ایجادشده از محل اتصال دو شعاع، زاویه مرکزی و به شعاع مماس بر دایره قوس‌ها، شعاع دایره گفته می‌شود.



شکل ۵. تصویر بستر رودخانه (۱۳٦۷)

جدول ٦. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال ۱۳٦۷)

پارامترهای هندسی	بازه ۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه ٤
میانگین عرض رودخانه (متر)	۸۰/۱۵	۱۰۳/۱۲	۷۲/۸	۳۴/۴۵
زاویه مرکزی (درجه)	۷۸/۴	۸۷	۸۸	۱۱۲/۶۷
میانگین شعاع دایره (متر)	۱۳۹/۵۶	۱۰۵/۸۸	۹۷/۸۳	۹۵/۶
شعاع نسبی	۱/۷۴	۱/۰۳	۱/۳۴	۲/۷۸

۶- اطلاعات معادن

آمار معادن شهرستان کرمان برگرفته‌شده از سازمان صنعت و معدن استان کرمان به شرح جدول(۷) در زیر آمده است.

جدول۷. اطلاعات معادن موجود در منطقه مطالعاتی

نام معدن	سال تأسیس	میزان برداشت مترمکعب	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
حسین مشرفی	۱۳۶۰	۴۰هزار	۵۱۸۴۵۴	۳۳۵۲۵۶۰
حسین رستمی زنگی‌آبادی	۱۳۷۰	۴۰هزار	۵۱۹۱۳۰	۳۳۵۲۷۰۶
تعاونی معدنی فراست کاران	۱۳۸۸	۳۰هزار	۵۲۰۳۳۸	۳۳۵۳۸۴۹
شرکت خاک پخش رهجو	۱۳۸۸	۴۰هزار	۵۱۹۱۳۰	۳۳۵۳۸۲۸

مأخذ: سازمان صنعت و معدن شهرستان کرمان، ۱۳۹۰

بحث و نتیجه‌گیری

وضعیت زمین‌شناسی و جغرافیایی استان کرمان به‌ویژه وجود مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی متعدد و ارتفاعات و کوه‌های تغذیه‌کننده، ذخایر زیاد شن و ماسه رودخانه‌ای را سبب شده است. این ذخایر در اطراف تمامی شهرهای استان ازجمله حوضه موردمطالعه پراکنده‌اند. ذخایر شناسایی‌شده در اطراف کرمان علاوه بر حجم زیاد از کیفیت نسبتاً خوبی نیز برخوردار هستند.

با توجه به آمار موجود در طرح جامع مصالح ساختمانی استان کرمان انجام‌شده در سال ۱۳۷۷ از مجموع ۵۰ معدن شن و ماسه موجود در استان کرمان تعداد ۴۵ معدن فعال بوده‌اند. دو معدن ده یاسایی و ده بالا از معادن موجود در حوضه در آن زمان نیز از معادن فعال بوده‌اند که این خود نشان از قدمت فعالیت‌های معدن کاری در منطقه موردمطالعه دارد. با توجه به این قدمت زمانی پارامترهای هندسی موردمطالعه در سه بازه زمانی تغییراتی به شرح ذیل داشته‌اند که بحث و مقایسه پیرامون آن‌ها بدین شرح می‌باشد:

۱- زاویه مرکزی- شعاع دایره

با استفاده از محاسبات جداول ۴ ، ۵ و ۶ برای سال ۱۳۶۷ به‌صورت تحلیل مکانی به‌جز بازه یک که جزو پیچان‌رود توسعه‌نیافته قرار می‌گیرد، سایر بازه‌ها در طبقه پیچان‌رودی توسعه‌یافته هستند. درحالی‌که در سال ۱۳۷۷ بازه یک به پیچان‌رود توسعه‌یافته تغییر پیداکرده و تغییرات محسوسی در بازه سه نیز دیده می‌شود اما بازه دو و چهار تغییرات کمتری را نشان می‌دهند. در سال ۱۳۸۴ در تمامی بازه‌ها به‌جز بازه دو کاهش میزان پیچان‌رودی نسبت به سال ۱۳۷۷مشاهده می‌شود. اما در کل شاهد افزایش پیچان‌رودی از سال ۱۳۶۷ تا سال ۱۳۸۴ هستیم.

۲- ضریب خمیدگی

با توجه به محاسبات جدول (۳) نوع رودخانه در طول تمامی سال‌ها مستقیم می‌باشد. اما در طول این دوره میزان خمیدگی رودخانه رو به افزایش بوده است.

۳- طول‌موج و طول دره

طول‌موج و طول دره دو پارامتر اصلی در طبقه‌بندی رودخانه و تعیین ضریب خمیدگی رودخانه‌ها هستند و معمولاً بین این دو پارامتر همبستگی بالایی وجود دارد. طول‌موج و طول دره از سال ۱۳۶۷ به سال ۱۳۸۴ روند افزایشی داشته که نشان از افزایش قدرت مانور رودخانه می‌دهد.

۴- شعاع نسبی

شعاع نسبی، شعاع دایره محاط بر قوس رودخانه نسبت به عرض رودخانه است. شعاع نسبی بزرگ‌تر باشد، نشانه ملایم بودن قوس مربوطه است و شعاع نسبی کم نشان‌دهنده‌ی تحت فشار و ناپایدار بودن قوس رودخانه است. با توجه به محاسبات انجام‌شده برای شعاع نسبی و تقسیم‌بندی جدول (۳) در سال ۱۳۸۴ نسبت به سال ۱۳۶۷ زاویه مرکزی کاهش پیداکرده، یعنی رودخانه تحت فشار بیشتری قرارگرفته است. این مسئله وجود ناپایداری، توسعه و گسترش فرسایش کناری را نشان می‌دهد.

۵- عرض رودخانه

با مقایسه عرض بستر در هر سه سال در بازه دو نسبت به سایر بازه‌ها می‌توان گفت عرض بستر افزایش بیشتری دارد که می‌تواند ناشی از برداشت شن و ماسه در داخل بستر رودخانه باشد. از طرفی کاهش عرض بستر در بالادست را نسبت به سایر بازه‌های همان سال می‌توان به علت کوهستانی بودن منطقه دانست. بررسی بازه یک یعنی پایین‌دست سایت معدن نشان از افزایش عرض بستر دارد. در کل عرض رودخانه از سال ۱۳۶۷ تا سال ۱۳۸۴ روند افزایشی داشته است.

۶- عمق رودخانه

تغییرات عمق رودخانه در طول زمان و مکان محسوس نبوده است. همچنین میانگین عمق رودخانه به‌صورت طبیعی در طول مسیر یک متر می‌باشد.

بررسی پارامترهای هندسی رودخانه‌ها و تغییرات ایجادشده در شکل و الگوی آن‌ها می‌تواند روند تغییرات آینده را برآورد نماید. پارامترهای هندسی به‌دست‌آمده از رودخانه ده بالا نیز نشان‌دهنده‌ی تغییرات به وجود آمده در سری‌های زمانی در بازه‌های موردمطالعه بوده است. افزایش پیچان‌رودی، ناپایداری و فرسایش کناری و همچنین افزایش عرض بستر ازجمله این تغییرات می‌باشد. این تغییرات ممکن است خطر طغیان رودخانه ده بالا را در سال‌های پرآبی و سیلابی به همراه داشته باشد، همچنین به علت نزدیکی مزارع و مناطق مسکونی به رودخانه بایستی تأثیرات آتی افزایش بستر و اختلاط حریم رودخانه و مناطق مسکونی مدنظر قرارگرفته و از فاصله کمتر از ۵۰۰ متر نواحی مسکونی در کناره رودخانه نباید برداشتی صورت گیرد.

میزان فرسایش و برآورد رسوب ویژه در حوضه بر اساس روش EPM در حدود ۶۵ میلیون مترمکعب در سال است، درحالی‌که آمار برداشت معادن به‌صورت مجاز با توجه به جدول (۷) در حال حاضر ۱۵۰ هزار مترمکعب در سال می‌باشد. در آبراهه‌هایی که دارای شن و ماسه زیاد می‌باشند مانند رودخانه موردمطالعه اثرات برداشت مصالح ممکن است کوتاه‌مدت باشد، چراکه تعادل بین رسوبات آورده شده و حمل شده از محل به‌طور نسبتاً سریعی بازسازی می‌شود. البته وجود این شرایط با در نظر گرفتن تغییرات اندک در میزان بارندگی می‌باشد. درصورتی‌که در حوضه موردمطالعه روند کاهشی بارندگی وجود دارد و از طرف دیگر در پژوهشی که توسط هاشمی نسب و موسوی بایگی(۱۳۹۰) با استفاده از دو مدل MAGICC و SCENGEN بر روی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک کرمان انجام‌شده حاکی از روند کند

افزایش بارش و دما تا سال ۲۰۳۰ می‌باشد. کاهش بارش به معنی کاهش آورد رسوبی و لزوم احتیاط بیشتر در میزان برداشت شن و ماسه است.

نحوه‌ی برداشت معادن موجود در محدوده‌ی حوضه به‌صورت سطحی و مستقیماً از بستر بازه‌های مستقیم رودخانه می‌باشد.

برداشت مصالح از بستر رودخانه‌ها در بازه مستقیم، درصورتی‌که در مجاورت و نزدیک سازه‌های رودخانه‌ای نباشد، امکان‌پذیر است. بازه مستقیم رودخانه نسبت به تغییرات تراز بستر حساس بوده و باید برداشت مصالح در این نوع بازه‌ها تا حد امکان با عمق و پهنای یکسان انجام گیرد تا از تمرکز و سمت‌گیری جریان که به انحراف مسیر رودخانه منجر می‌گردد، جلوگیری شود.

باید در نظر داشت که به‌طور اساسی نمی‌توان عاملی مشخص و معین را به‌عنوان عامل اصلی تغییرات مورفولوژیک رودخانه معرفی نمود؛ بررسی‌ها حاکی از وجود عوامل مؤثر مختلف بر روی هر حوضه می‌باشد؛ به‌عنوان نمونه عواملی همچون مقاومت سازندها به فرسایش و تغییرات توپوگرافی از عوامل مؤثر بر مورفولوژی رودخانه کرخه، تغییر کاربری اراضی بر روی ریخت‌شناسی رودخانه خرم‌آباد، سیلاب‌ها و تخریب پوشش گیاهی بر روی خصوصیات رودخانه اترک از سایر عوامل مؤثرتر بوده‌اند. ازاین‌رو باید تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها را معلول تأثیرات متقابل مجموعه عوامل مؤثر دانست. باید اذعان نمود که هر عامل، عامل دیگری را تقویت و یا آن را از فعالیت بازمی‌دارد.

اما مناسب است که شرایط رودخانه‌های تحت تأثیر برداشت مصالح مطالعه، بررسی و مشخص‌شده و از طرف دیگر با پایش تغییرات رودخانه و کنترل و نظارت بر کار معادن از آسیب‌های احتمالی جلوگیری شود. در همین راستا راهکارهای فنیو حقوقی لازم، از سال ۱۳۷۵ با تعریف چندین پروژه پایلوت در رودخانه‌های بالارود، کرج و شاه چای ، سفیدرود و تهیه دستورالعمل‌های لازم، موضوع برداشت مصالح رودخانه‌ای و نظارت فنی صحیح بر این فعالیت‌ها در دستور کار معاونت امور آب وزارت نیرو قرارگرفته و نتایج مفیدی نیز تاکنون اخذشده است.

منابع

- احمد نوحه‌گر، فرج اله محمودی. بررسی اثرات برداشت مصالح بر شکل بستر و رژیم رودخانه میناب، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۵، تابستان ۱۳۸۲
- تلوری، عبدالرسول. ۱۳۷۳، رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آن‌ها، تحقیقات جهاد کشاورزی
- راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای. ۱۳۸۴، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳۳۶
- راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه‌ها. ۱۳۸۶، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳۸۳
- روزخش، پرویز، مهدی حبیبی و محمدرضا غریب رضا. ۱۳۸۸، بررسی اثرات برداشت شن و ماسه از رودخانه کن در جنوب پل رسالت ، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، ۶ صفحه.
- ضوابط زیست‌محیطی برداشت مصالح رودخانه‌ای، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،۱۳۸۸، نشریه شماره ۳۴۴ الف.
- طرح جامع مصالح ساختمانی کشور.۱۳۷۷، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳– ۱۳۶
- فهرست خدمات مطالعات برداشت رودخانه‌ای. ۱۳۸۴، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳۲۹
- وهاب‌زاده کبریا، قربان.۱۳۸۶، اثرات زیست‌محیطی برداشت شن و ماسه از رودخانه‌های مازندران، اولین همایش زمین‌شناسی زیست‌محیطی و پزشکی،
- هاشمی نسب، فریده و محمد موسوی بایگی. ۱۳۹۰، بررسی تغییرات بارش و دما با استفاده از مدل MAGICC-SCENGEN مطالعه موردی : شهر کرمان، سمینار سراسری آبیار و کاهش تبخیر.

- یمانی، مجتبی و سیامک اشرفی. ۱۳۹۰، پارامترهای هندسی و نقش آن‌ها در تغییرات زمانی- مکانی بستر رودها: رودخانه‌ی هررود سرشاخه رود کرخه در استان لرستان، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶: صفحه ۳۵ تا ۴۸
- یمانی، مجتبی، جواد دولتی و علیرضا زارعی. ۱۳۸۹، تأثیرگذاری عوامل هیدرو ژئومورفیک در تغییرات زمانی و مکانی بخش میانی رودخانه اترک، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۵: صفحه ۱ تا ۲۴
- *Archer, 2003 Environment Agency. Environment Agency policy. The Removal of gravel from Rivers. Environment Agency .2005.*
- *Biedenharnd, S, Elliot, C.M. and Watson, C. C. 1977: The WES Stream investigation and stream bank Stabilization hand book, U. S. Army Engineering.*
- *Erskine, W.D., Green D. 2000: Geomorphic effects of extractive industries and their implications for river management: the case of the Hawkesbury–Nepean River, New South Wales. In: Brizga, S., Finlayson, B. (Eds.), River Management: The Australian Experience. Wiley, Chi Chester, pp. 123–149.*
- *Gob, F., Houbrechts, G., Hiver, J.M., & Petit F. 2005: River dredging, channel dynamics and bed load transport in an incised meandering channel (The River Semis Belgium). River Research and Applications 21, 791–804.*
- *Kondolf, G.M. 1994: Geomorphic and environmental effects of in stream gravel mining. Landscape and Urban Planning: 28, 225–243.*
- *Kondolf, GM, Swanson, ML. 1993: channel adjustments to reservoir construction and gravel extraction along stony creek, California, Environmental Geology: 21, 256-269.*
- *Kondolf, GM. 1997: Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channel. Environmental Management: 21, 533-551.*
- *Leopold, L.B and M.G, Wolman (1975). River Meanders, Geological Society of America Bulletin, V 71.*
- *Mossa, J., Me Lean M. 1997: channel plan form and Land cover changes on a mined river floodplain, Amite River, Louisiana, USA. Applied Geography: 17, 43-54.*
- *Newton, M. 1971: the sand and gravel industry in northeast England. Department of Geography Research series, vol. F University of Newcastle upon Tyne .*
- *Petit, F., Poinsart, D., Brevard, J.P, 1996: Channel incision, gravel mining and bed load transport in the Rhône river upstream of Lyon, France ("canal de Mirabel"). Catena: 26, 209–226.*
- *Rinaldi, M., Wyzga, B., Surian N. 2005: Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. River Research and Applications: 21, 805–828 .*
- *Sear, D.A., Archer, D.R: The effects of gravel extraction on the stability of gravel-bed rivers: a case study from the Wooler Water, Northumberland, U.K. In. 1998: Kingman, P.C., Beschta, R.L., Komar, P.D., Bradley, J.B. (Eds.), Gravel-bed Rivers in the Environment.*
- *Surian, N., Rinaldi M. 2003: Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. Geomorphology: 50, 307–326.*
- *Telori, A. 1994. Rivers & geometric properties. Agricultural Research, Education & Extension organization.*
- *Thorne, C.R. 2002. Geomorphic analysis of large alluvial rivers, J. Geomorphology, Vol.44, No 5, 203- 219.*
- *Vide, J.P., Ferrer-Boix A. Ollero. 2010: Incision due to gravel mining: Modeling a case study from the Gallegos River, Spain, Geomorphology: 117, 261–271*