

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، مورد بررسی قرار گرفته است. جهت مقایسه زمانی از عکس‌های هوایی و جهت مقایسه مکانی، طول رودخانه به چهار بازه تقسیم و پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول موج، ضریب خمیدگی، شعاع نسبی و زاویه مرکزی اندازه‌گیری شد. تغییرات زاویه مرکزی نشان‌دهنده افزایش پیچان رودی شدن از سال ۱۳۶۷ الی ۱۳۸۴ می‌باشد. بر اساس شاخص ضریب خمیدگی میزان خمیدگی رودخانه در طول این دوره افزایش داشته است. افزایش طول موج 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. در مجموع 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

مقدمه

استفاده از شن و ماسه، از دیرباز به همراه پیشرفت انسان در عرصه‌های مختلف کاربرد بیشتری یافته است. کشور ایران جزو کشورهای درحال توسعه 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، در نتیجه 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 به صورت موردی و در هر محل از لحاظ 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، نه تنها 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. به‌عنوان مثال در آمریکا (کندلف^۱ ۱۹۹۴)، در فرانسه (پتیت و همکاران^۲ ۱۹۹۸)، در انگلیس (آرچر و سیر^۳ ۱۹۹۸)، در استرالیا (گرین و ارسکاین^۴ ۲۰۰۰)، در ایتالیا (سوران و رینالدی^۵ ۲۰۰۳)، در بلژیک (گب و همکاران^۶ 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 (واید^۷ 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 به صورت 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^۸ ۱۹۹۷). کندن بستر رودخانه باعث پایین آمدن سطح اساس رود و در نتیجه جابجا شدن خط کنیک می‌شود (کندلف ۱۹۹۷). این تحلیل در شیب 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^۱ ۱۹۹۳). در هر صورت تغییرات افتاده در کانال آبراهه به میزان و سرعت برداشت شن و ماسه ارتباط پیدا خواهد کرد (رینالدی و همکاران ۲۰۰۵).

در یک مقاله قدیمی که توسط گیلبرت در سال ۱۹۱۷ در نشریه سازمان زمین‌شناسی آمریکا چاپ شده به برداشت مصالح از بستر رودخانه شری آمریکا اشاره شده است. در این گزارش آمده که در مسیر رودخانه حوضچه‌های بزرگی در اثر برداشت مصالح ایجاد شده 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، به طوری که فرسایش در پایین دست را باعث شده است، عمق فرسایش در برخی نقاط رودخانه تا پنج متر گزارش شده است.

برداشت مصالح در رودخانه‌تان شیو در تایوان باعث شده تراز بستر رودخانه نزدیک دهانه خروجی آن به حدود ۳۰ الی ۴۰ متر پایین تر از سطح دریا برسد. مشکلات ناشی از برداشت مصالح در رودخانه کانزاس آمریکا باعث شده برای اولین بار این مسئله توسط اداره مهندسين هیدرولوژی آمریکا مورد توجه 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 برداشت شده است. این برداشت‌ها در دهه ۱۹۳۰ افزایش پیدا کرده و در دهه ۱۹۶۰ به اوج خود رسیده است (نیوتون^۲ ۱۹۷۱). اما در سال‌های اخیر به دلیل تصویب قانون خاصی برای برداشت شن و ماسه این رقم‌ها کاهش چشمگیری داشته است (آژانس محیط‌زیست^۳ ۲۰۰۵).

در همین راستا لئوپولد و ولدمن^۴ ۱۹۷۵، از لحاظ ساختار مورفولوژیکی رودخانه‌ها را به سه دسته مستقیم، پیچان‌رودی و چند شاخه (شریانی) تقسیم‌بندی کردند. این الگوها نیز متأثر از همین فاکتورها می‌باشند. در این بین الگوی پیچان‌رود به دلیل فراوانی آن در طبیعت بیشترین توجه را به خود جلب کرده است (بایدن هارن^۵ و همکاران ۱۹۷۷).

تورنه^۶ (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. از جمله رودخانه‌های مازندران (وهاب‌زاده کبریا، ۱۳۸۶)، رودخانه کن (روزخس 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 از آن‌پس 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. با این حال ضرورت ادامه این قبیل طرح‌های پژوهشی بر روی سایر رودخانه‌های ایران احساس می‌گردد. برداشت تدریجی شن ماسه به وسیله ریپ ریپ 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).

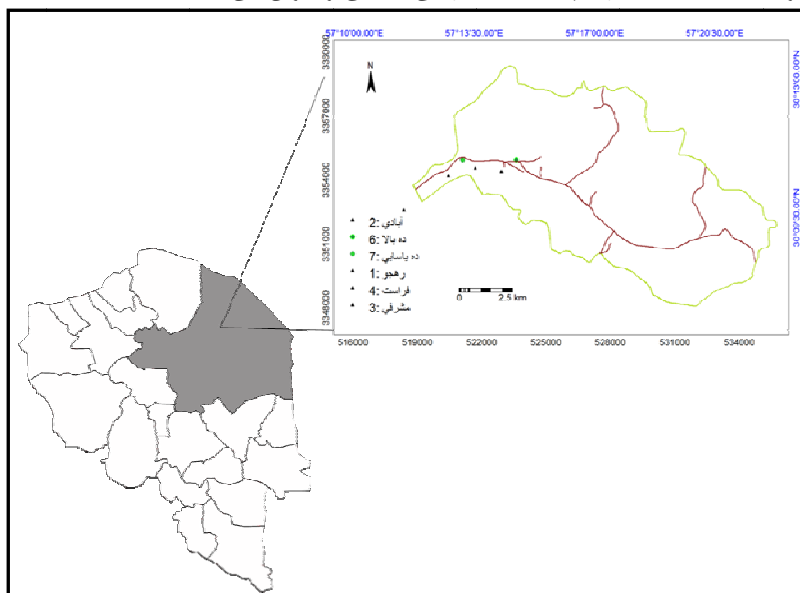
برای شناخت نتایج زیان باری که این عملیات می‌تواند بر مورفولوژی و زیستگاه‌های رودخانه‌ها داشته باشد اکنون تحقیقاتی انجام می‌گیرد تا روش‌های دیگری برای مدیریت رسوبات شناسایی گردد (بابتی^۱، ۲۰۰۵).

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 مورد مطالعه رودخانه ده بالا به طول ۲۰۴۰۰ کیلومتر و شیب متوسط ۱۳/۷ درصد می‌باشد. این رودخانه در شمال شرقی شهرستان کرمان واقع شده است (شکل ۱). برداشت‌ها در طول و عرض جغرافیایی ۱۵' ۳۰° و ۱۵' ۵۷° و در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان کرمان انجام شده 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:

مطالعات هواشناسی: برای انجام مطالعات هواشناسی منطقه از آمار ایستگاه سینوپتیک کرمان در طول دوره آماری ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۴ استفاده شده است. نخست بررسی دقت و صحت آمارهای بارندگی جمع‌آوری شده 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... محاسبه شده 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 ترسیم شده است.

همچنین برای آگاهی از وضعیت ترسالی و خشکسالی منطقه، از دو شاخص خشکسالی درصد نرمال و بارش استاندارد شده تصحیح شده استفاده شده است. این شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار DIP و آمار بارندگی سالانه محاسبه شده‌اند. هیستوگرام های بارش مربوط به سه سال ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ نیز 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 استفاده شده است.

مطالعات مورفولوژی: مورفولوژی رودخانه ده بالا با استفاده از روش مقایسه زمانی- مکانی تغییرات صورت گرفته و همچنین با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمی، مورد بررسی واقع شده است. برای بررسی پلان رودخانه و مشخصات هندسی آن از عکس‌های هوایی سال ۱۳۶۷ و ۱۳۷۷ سازمان نقشه‌برداری و همچنین تصویر گوگل ارث ۱۳۹۰ استفاده شده 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 استفاده شده است. پس از رقومی سازی مسیر رودخانه، در نهایت پلان رودخانه در سه دوره‌ی زمانی فوق‌الذکر استخراج شده است.

پارامترهای هندسی رودخانه نظیر طول موج، ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی پیچان رود، شعاع پیچان رود، 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 طول موج، طول دره، شعاع پیچان رود، 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 انجام شده است.

میانگین عمق رودخانه در بازه‌های مورد مطالعه با استفاده از مشاهدات میدانی صورت گرفته است، بدین صورت 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 زده شده و برای سال ۱۳۹۰ اندازه‌گیری در چند نقطه از مسیر رودخانه انجام شده و سپس میانگین عمق رودخانه با استفاده از این اندازه‌گیری‌ها لحاظ شده است.

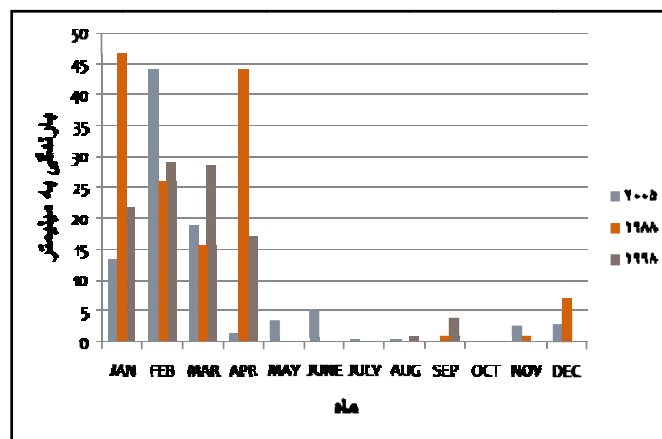
پس از انجام این اندازه‌گیری‌ها مقایسه آماری بین مشخصات هندسی به دست آمده از سه دوره‌ی زمانی صورت گرفته است. برای مقایسه ضریب خمیدگی و نوع رودخانه بر مبنای شعاع نسبی از جداول راهنمای منتشر شده توسط تحقیقات جهاد کشاورزی (تلوری^۱ ۱۹۹۴) استفاده شده است. همچنین با استفاده از مسیرهای ترسیمی، تغییرات مکانی مسیر رودخانه در گذشته و حال مشخص و با هم مقایسه شده‌اند. به منظور 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 تقسیم شده است. بازه یک به عنوان پایین دست سایت معادن

¹ Telori

به منظور بررسی آثار معادن بر پایین دست حوضه؛ بازه دو به عنوان سایت قرارگیری معادن؛ بازه سه به عنوان بالادست معادن به منظور بررسی آثار معادن بر بالادست حوضه؛ بازه چهار به عنوان منبع تغذیه کننده رسوب سایت در نظر گرفته شده است. در هر کدام از این بازه‌ها بررسی‌ها به صورت مجزا انجام شده و نتایج به صورت مقایسات زمانی و مکانی در ادامه شرح داده شده است.

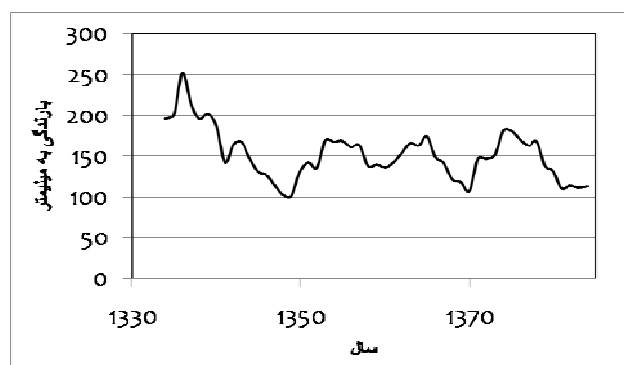
نتایج

اقلیم : طول دوره‌ی آماری انتخابی برای محدوده مورد مطالعه 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 تعیین شده است. با توجه به شکل (۲) کمترین میزان بارش برای سال ۱۳۴۷ به مقدار ۲۶/۶ میلی‌متر و بیشترین میزان بارش برای سال ۱۳۸۳ به مقدار ۱۴۴/۶ میلی‌متر بوده است.



شکل ۲. هیستوگرام مقادیر بارش ماهانه (سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴)

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 تأیید می‌کند.



شکل ۳. میانگین متحرک پنج‌ساله بارندگی

جدول ۱. شاخص PN برای سه سال ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴

| 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 استفاده شده و با توجه به واحدهای کاری در نظر گرفته شده خصوصیات فرسایش، حساسیت سنگ و خاک و ضریب استفاده از اراضی مشخص و در نهایت فرسایش هر رخساره تعیین و مقادیر رسوب حوضه به صورت وزنی برآورد شده است و نتایج به صورت جدول (۲) خلاصه شده است.

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

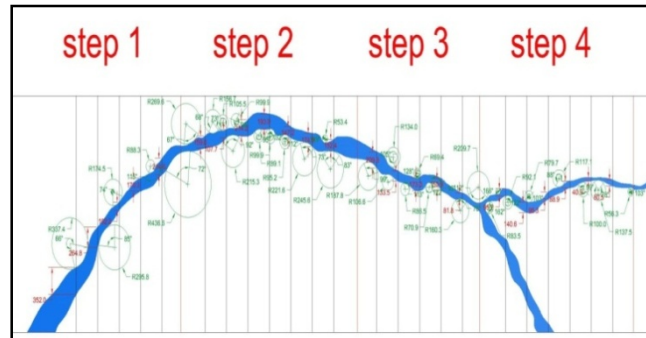
| مساحت | رسوب ویژه | میزان رسوب |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------|
| ۹۳.۸۸ | ۵۲۸۸۱۰.۵۹ | ۴۹۶۴۴۷۳۸.۰۱ |
| Km ² | m ³ /km ² .yr | m ³ /yrs |

مورفولوژی: برای کمی کردن میزان توسعه پیچان رودی رودخانه‌های آبرفتی و تعیین الگوی رفتاری و تغییرات آن در طول زمان، باید مشخصات هندسی رودخانه‌ها پارامترهای هندسی رودخانه شامل میانگین طول موج و دره، شاخص پیچان رودی، نسبت طول دره به عرض و نسبت طول موج اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شوند، تا بتوان تغییرات ایجاد شده در مسیر رودخانه را در گذشته نسبت به حال مشخص کرد. پارامترهای هندسی مذکور برای سه سال مورد مطالعه به صورت مقایسه‌ای در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴)

| پارامتر | ۱۳۶۷ | ۱۳۷۷ | ۱۳۸۴ |
|--------------------------|--------|--------|-------|
| میانگین طول موج (متر) | ۹۱۳/۸ | ۱۹۴۹ | ۵۳۷۴ |
| میانگین طول دره (متر) | ۱۶۹۶/۵ | ۱۶۱۱/۴ | ۲۴۳۶ |
| شاخص پیچان رودی / خمیدگی | ۰/۲۳ | ۰/۴۱ | ۰/۹۳ |
| نسبت طول دره به عرض | ۳۳/۵۴ | ۲۶/۶۴ | ۱۰/۸۶ |
| نسبت طول موج 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. از آنجاکه روش کار به صورت مقایسه زمانی - مکانی می‌باشد در هر سال مورد مقایسه بستر رودخانه بر اساس قرارگیری معادن به چهار بازه تقسیم شده و پارامترهای هندسی در این چهار بازه برای هر سال نسبت به هم سنجیده شده‌اند (جداول ۴، ۵ و ۶).

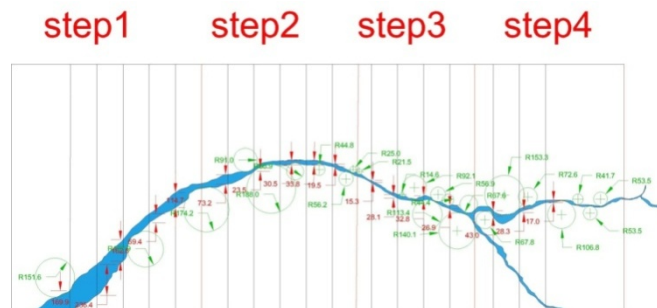


شکل ۳. تصویر بستر رودخانه (۱۳۸۴)

جدول ۴. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال ۱۳۸۴)

| پارامترهای هندسی | بازه ۱ | بازه ۲ | بازه ۳ | بازه ۴ |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 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 می‌نماید. خمیدگی بزرگ‌تر از ۱/۴ تا ۱/۵ نشان‌دهنده پیچشی بودن رودخانه و کمتر از آن نشان‌دهنده مستقیم بودن رودخانه است.

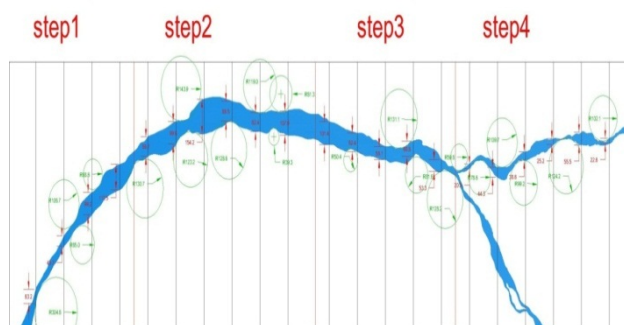


شکل ۴. تصویر بستر رودخانه (۱۳۷۷)

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

| پارامترهای هندسی | بازه ۱ | بازه ۲ | بازه ۳ | بازه ۴ |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |

طول موج و طول دره: طول موج 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 پیکان‌رودی 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 (۱۳۶۷)

جدول ۶. تغییرات پارامترهای هندسی رودخانه ده بالا (سال ۱۳۶۷)

| پارامترهای هندسی | بازه ۱ | بازه ۲ | بازه ۳ | بازه ۴ |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 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.

جدول ۷. اطلاعات معادن موجود در منطقه مطالعاتی

| نام معدن | سال تأسیس | میزان مترمکعب | برداشت | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|-----------------------------|------------|------------------|--------|---------------|---------------|
| حسین مشرفی | ۱۳۶۰ | ۴۰ هزار | | ۵۱۸۴۵۴ | ۳۳۵۲۵۶۰ |
| حسین زنگی آبادی | ۱۳۷۰ رستمی | ۴۰ هزار | | ۵۱۹۱۳۰ | ۳۳۵۲۷۰۶ |
| تعاونی معدنی فراست کاران | ۱۳۸۸ | ۳۰ هزار | | ۵۲۰۳۳۸ | ۳۳۵۳۸۴۹ |
| شرکت خاک پخش رهجو | ۱۳۸۸ | ۴۰ هزار | | 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 از جمله حوضه مورد مطالعه پراکنده‌اند. ذخایر شناسایی شده 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 انجام شده 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 مورد مطالعه دارد. با توجه به این قدمت زمانی پارامترهای هندسی مورد مطالعه 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 به صورت تحلیل مکانی به جز بازه یک که جزو پیچان رود توسعه نیافته قرار می‌گیرد، سایر بازه‌ها در طبقه پیچان رودی توسعه یافته هستند. در حالی که در سال ۱۳۷۷ بازه یک به پیچان رود توسعه یافته تغییر پیدا کرده 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 به جز بازه دو کاهش میزان پیچان رودی نسبت به سال ۱۳۷۷ مشاهده می‌شود. اما در کل شاهد افزایش پیچان رودی 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- طول موج و طول دره

طول موج 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. طول موج 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 پیدا کرده، یعنی رودخانه تحت فشار بیشتری قرار گرفته 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 به صورت 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 به دست‌آمده از رودخانه ده بالا نیز نشان‌دهنده‌ی تغییرات به وجود آمده در سری‌های زمانی در بازه‌های مورد مطالعه بوده است. افزایش پیچان‌رودی، ناپایداری و فرسایش کناری و همچنین افزایش عرض بستر از جمله 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 آبی افزایش بستر و اختلاط حریم رودخانه و مناطق مسکونی مدنظر قرار گرفته 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 به صورت 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 مورد مطالعه اثرات برداشت مصالح ممکن است کوتاه‌مدت باشد، چراکه تعادل بین رسوبات آورده شده و حمل شده از محل به طور نسبتاً سریعی بازسازی می‌شود. البته وجود این شرایط با در نظر گرفتن تغییرات اندک در میزان بارندگی می‌باشد. در صورتی‌که در حوضه مورد مطالعه روند کاهشی بارندگی وجود دارد و از طرف دیگر در پژوهشی که توسط هاشمی نسب و موسوی بایگی (۱۳۹۰) با استفاده از دو مدل SCENGEN و MAGICC 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 به صورت سطحی و مستقیماً از بستر بازه‌های مستقیم رودخانه می‌باشد.

برداشت مصالح از بستر رودخانه‌ها در بازه مستقیم، در صورتی که 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 به طور اساسی نمی‌توان عاملی مشخص و معین را به عنوان عامل اصلی تغییرات مورفولوژیک رودخانه معرفی نمود؛ بررسی‌ها حاکی از وجود عوامل مؤثر مختلف بر روی هر حوضه می‌باشد؛ به عنوان 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. از این رو 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 مشخص شده 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 پیلوت در رودخانه‌های بالارود، کرج و شاه‌چای، سفیدرود و تهیه دستورالعمل‌های لازم، موضوع برداشت مصالح رودخانه‌ای و نظارت فنی صحیح بر این فعالیت‌ها در دستور کار معاونت امور آب وزارت نیرو قرار گرفته و نتایج مفیدی نیز تاکنون اخذ شده است.

منابع

- احمد نوحه‌گر، فرج‌اله 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
- روزخس، پرویز، مهدی حبیبی و محمدرضا غریب رضا. ۱۳۸۸، بررسی اثرات برداشت شن و ماسه از رودخانه کن در جنوب پل رسالت، هشتمین سمینار بین‌المللی 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 آبیاری 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., Poinart, 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*