

جغرافیا (نشریه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران)  
دوره جدید، سال چهارم، شماره ۱۰ و ۱۱ پاییز و زمستان ۱۳۸۵

## اثرات احداث سد بر هیدرودینامیک و تغییرات بستر رودخانه میناب

محمد مهدی حسین زاده<sup>۱</sup>

احمد نوحه‌گر<sup>۲</sup>

### چکیده

با احداث سد میزان تولید، ذخیره و حمل رسوب در سیستم تغییر نموده که این امر موجب تغییر فرسایش و در نتیجه تغییر مورفولوژی کانال در دوره های کوتاه مدت و بلندمدت می گردد. این امر همچنین موجب تغییر خصائص مورفولوژیکی کف بستر و دیواره و در نتیجه انتقال میزان آب و بالطبع افت و بالا آمدگی بستر و گسترش مناطق سیلگیر در پیرامون رودخانه می گردد، که می توان تمام موارد فوق را برآیند تحولات ریخت شناسی و مورفولوژیکی به حساب آورد. در این راستا از منابع اسنادی موجود، نمونه گیری از رسوبات کف بستر (۳۰ نمونه رسوبی) و آزمایش دانه سنجی و میکروسکوپی آنها، نقشه ها، نرم افزارهای رایانه ای و به ویژه بررسی های میدانی استفاده شده است و نتایج بررسی به صورت روابط ریاضی ارائه گردید. نتایج بیانگر این می باشد که با احداث سد میناب و تغیر رژیم آبی رودخانه، منجر به تغییرات زیاد در وضعیت رسوب از نظر نوع و مقدار شده است. این تغییرات، عملکرد فرسایشی رودخانه میناب را تغییر داده و حاصل آن تحول ریخت شناسی رودخانه (نیمرخ طولی و عرضی، الگو و پلان رود) بوده است.

واژه های کلیدی: رودخانه میناب، سد میناب، ریخت شناسی رود، دینامیک رسوب، جلگه میناب، مورفومتری کانال

۱. استادیار دانشکده علوم زمین - دانشگاه شهید بهشتی

۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری - دانشگاه هرمزگان

**مقدمه:**

مدیریت رودخانه یعنی، بهبود بخشی سطح و ایجاد سازگاری بین فعالیتهای انسان و سیستم طبیعی در این ساختار آبرفتی فعال است. سازگاری در صورتی میسر می‌گردد که فرآیند عملکرد سیستم شناخته شده باشد. بنابراین اصول مدیریت رودخانه و ابزار آن محصول شناخت همه جانبه سیستم آبرفتی رودخانه می‌باشد (شویدی، ۱۳۷۸).

چون از جهت ژئومورفولوژیکی یک سیستم رودخانه‌ای به صورت سیستم کنش - واکنش عمل می‌کند و تغییر در یک قسمت آن می‌تواند بر قسمت‌های دیگر تأثیر بگذارد، پس مدیریت آن در مفهوم «برنامه‌ریزی برای کل حوضه» می‌تواند به بهترین وجه قابل درک و اجرا باشد (چورلی، ۱۳۷۹). تغییرات اقلیمی، تغییرات نکتونیک و..... از جمله عوامل طبیعی هستند که می‌توانند تغییراتی را در نیمرخ طولی، عرضی و به طور کلی در بستر جریان رودخانه‌ها و همچنین در شیب‌های مشرف به دره‌ها به وجود آورند. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی از جمله سدها نیز تغییرات عمده‌ای را در طول مسیر رودخانه و در نهایت در کل حوضه پدید آوردند. بروز تغییراتی، از قبیل کاهش در شیب نیمرخ طولی رودخانه و کاهش در اندازه‌ی مواد و بار رسوبی رودخانه‌ها و همچنین افزایش در عمق بستر و افزایش در پیچانرودی رودخانه (مارتسون و همکاران، ۲۰۰۵) از جمله این تغییرات هستند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷). با وجود تأثیرات مثبت احداث سد در پیشرفت تمدن‌های اولیه و مزایای متعددی که این سازه آبی برای جوامع بشری دارد، اما احداث آنها منجر به عدم تعادل در سیستم طبیعی رودخانه می‌شود. امروزه با افزایش تعداد سدها بر روی رودخانه‌ها، تغییرات ایجاد شده در سیستم رودخانه‌ای افزایش یافته و در بعضی موارد نیز به مرحله بحرانی رسیده است.

به دنبال افزایش پیامدهای ناشی از احداث سد بر روی مورفولوژی رودخانه‌ها، مطالعات متعددی در نقاط مختلف دنیا در این ارتباط انجام گرفته است که در این بین می‌توان به مطالعات افرادی چون موریس و فان (۱۹۹۷)، بارو (۱۹۸۱) و لمان و ویلیام (۱۹۸۴) اشاره کرد. نتایج مطالعات آنها نشان می‌دهد که اثرات ناشی از احداث سد در مناطق نیمه خشک به مراتب بیشتر از سایر منلاطقی می‌باشد (آزانون و همکاران، ۲۰۰۵). بررسی‌های چانسون (۲۰۰۵)، فاستا (۲۰۰۵) و گراف (۲۰۰۵) نشان داد که در مناطق نیمه خشک به دلیل واکنش‌های زمانی کوتاه‌مدت رودخانه برای انطباق با شرایط جدید، تغییرات در بستر رودخانه‌ها سریع‌تر خواهد بود (برانند، ۲۰۰۰) (به نقل از بیانی خطیبی، ۱۳۸۷). در ایران نیز می‌توان به

مطالعه بیانی خطی (۱۳۷۸) اشاره کرد که به بررسی نحوه تاثیر سد سهند بر تغییر مورفولوژی رودخانه قرقو به صورت کیفی پرداخته و نتیجه گرفتند که احداث سد تغییرات سریع، آشفته‌گی‌های عمده‌ای در بستر و دامنه‌های مشرف به دره‌ی اصلی پدید آورده است که در کوتاه مدت و دراز مدت می‌تواند تغییرات عمده دیگری نیز در محیط در پی داشته باشد. در طرح‌های توسعه و عمران مرتبط با بهره‌برداری‌های گوناگون از شبکه انهار از قبیل سدها و شبکه‌های آبیاری، دینامیک رسوب اهمیت و جایگاه خاصی دارد. معمولاً مشکلات مرتبط با رسوب با ارائه راه حل‌های مکانیکی که مستلزم صرف هزینه‌های بسیار زیادی می‌باشد، مرتفع شده و توجه کمتری به پیامدهای ریخت‌شناسی و ژئومورفولوژیکی حاصل از دخالت انسان در سیستم‌های رودخانه‌ای که منجر به تغییر سیستم رودخانه و در نتیجه تغییر دینامیک رسوب می‌گردد، شده است. براساس شواهد موجود بیشتر مهندسين هیدرولیک و مهار سیلاب جهت انجام طرح‌های خود به درک مفاهیم دینامیک رسوب و فرسایش و انتقال آن نیاز و آفری داشته و محققین این مقاله معتقدند که حل مسائل مرتبط با رسوب می‌تواند آنها را در دستیابی به هدف خود تسریع نماید (بهادری، ۱۳۷۴).

با احداث سد میناب میزان تولید، ذخیره و حمل رسوب در سیستم تغییر نموده که این امر موجب تغییر فرسایش و در نتیجه تغییر مورفولوژی کانال در دوره‌های کوتاه مدت و بلندمدت می‌گردد. این امر همچنین موجب تغییر خصائص مورفولوژیکی کف بستر و دیواره و در نتیجه انتقال میزان آب و بالطبع افت و بالآمدگی بستر و گسترش مناطق سیلگیر در پیرامون رودخانه می‌گردد، که می‌توان تمام موارد فوق را برآیند تحولات ریخت‌شناسی و مورفولوژیکی به حساب آورد.

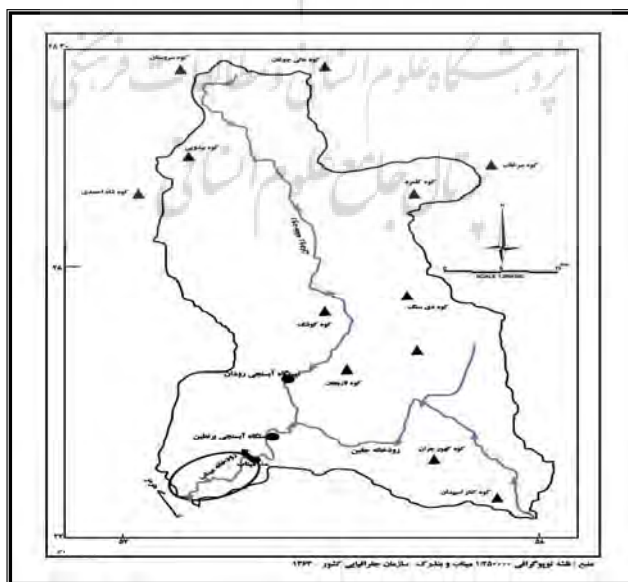
در این مقاله توجه و تأکید بر سهمی است که ارزیابی ژئومورفولوژیکی رود میناب در مدیریت آن می‌تواند داشته باشد. اشکال مجاری رود، بویژه آنهایی که در بستر آبرفتی قرار دارند با فرآیندهای رودخانه میناب رابطه دارند، و این فرآیندها خود واکنش‌های خاصی در مجرای رودخانه بوجود می‌آورند. بنابراین سعی می‌شود با هدف شناسایی تاثیرات احداث سد بر روی تغییرات دینامیک رسوب و هیدرولیک جریان، داده‌های رسوب مربوط به قبل و بعد از احداث سد جمع‌آوری شود. همچنین آثار این تغییرات بر مورفولوژی رودخانه میناب مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

## محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از بستر رود میناب از پایین دست سد تا کیلومتر ۱۷ آن به طرف مصب رودخانه میباشد. بدیهی است که بیشتر مطالعات صورت گرفته حد فاصل پل میناب یعنی از کیلومتر ۴ تا کیلومتر ۱۷ سد میباشد.

رودخانه میناب در جلگه میناب و حدوداً در فاصله ۹۵ کیلومتری مشرق بندر عباس جریان دارد. این رودخانه پس از عبور از اراضی حاصلخیز جلگه میناب و آبیاری این اراضی در نهایت به تنگه هرمز میریزد. بمنظور تنظیم آب رودخانه جهت توسعه و افزایش سطح زیر کشت محصولات و استفاده از سیستم‌های جدید آبیاری و همچنین محافظت مناطق زیر کشت در مقابل سیلابها و خطرات ناشی از ارتباط آبهای شور زیر زمینی با سطح خاک و در نهایت تأمین آب مشروب بندرعباس، مطالعات اولیه احداث سد مخزنی میناب بر روی این رودخانه از سال ۱۳۴۴ آغاز گردید و به سال ۱۳۶۲ عملیات اجرایی و ساخت آن به پایان رسید. این سد در یک دره نسبتاً عریض در ۳ کیلومتری بالا دست شهر میناب ساخته شده است (نوحه کر، ۱۳۸۰). نواحی کوهستانی و بلند در خارج از منطقه مورد مطالعه قرار گرفته و سرشاخه‌های رودخانه‌های مختلف حوضه آبریز میناب از جمله رودان و جغین از این بلندیها سرچشمه می‌گیرند (شکل ۱).

شکل ۱: موقعیت عمومی حوضه آبریز میناب و ارتفاعات



**پهنه کوهستانی حاشیه‌ای** بخش بلندیهای شمالی و شمالشرقی میناب را تشکیل می‌دهد. جنس‌رخمونهای این منطقه از جهت فرسایش و رسوب زایی متفاوت است. پاره‌ای از جنس مارن، سنگهای سیلتی، ماسه‌سنگهای فرسایش‌پذیر و افزایش دهنده‌رسوب بویژه در بارندگیهای سیل آسا می‌باشد (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۴) (شکل ۲).

**دلتای میناب**، دلتایی پهن و پوشیده از مواد ریزدانه سیلت، رس و ماسه بوده و آبراهه‌ها و کانالهای آبیاری در آن حفر شده‌اند. سیلابهای میناب تغذیه کننده اصلی دلتا بوده و پس از هر سیلاب گل و لای حاصلخیزی در پهنه‌دشت بجای می‌ماند.

شرایط رودخانه میناب در پایاب سد، به گونه‌ای است که به هنگام بارانهای سیل آسا، روان‌آبها از بلندیهای شمالی و شرقی با شدت به سوی رودخانه هدایت می‌گردند. جنس لایه‌ها از رسوبهای آبرفتی‌کواترنر، سازندهای سخت ترشباری و آمیزه رنگین است. اکثر رخنمونهای بجای مانده، متشکل از تناوبی از ماسه‌سنگ دارای تراکم متوسط تا ضعیف، بندرت سخت و ریزدانه و دارای تخلخل زیاد می‌باشد. کنگلومرا با دانه بندی ریز تا بسیار درشت همراه با سیمان ماسه‌ای، سیلتی و آهکی است. این لایه‌ها از جهت استحکام و مقاومت در برابر فرسایش و هوازگی رفتاری متفاوت بروز می‌دهند. در زمان بارندگی و جاری شدن سیل این توده‌ها به سرعت وارد جریان سیلاب گردیده از آبراهه‌های کوچک به‌نهرها و نهایتاً به رودخانه میناب ختم می‌گردند. توده‌های مزبور یکی از سرچشمه‌های رسوبگذاری بستر رودخانه‌میناب به حساب می‌آید. افزون بر سستی لایه‌ها در برابر فرآیند فرسایش شکل ساختمانی رخنمون‌ها به گونه‌ای است که علاوه بر شتاب و سرعت بخشیدن به روان‌آبها، سطوح لایه بندی گسترش زیادی در برابر دریافت باران داشته، لذا میزان جاری شدن روان‌آبها افزایش بیشتری می‌یابد و مقدار کمتری آب باران به داخل لایه‌ها نفوذ می‌کند. تقریباً درائنه‌ای بارانهای سیل آسا نفوذ آب بر سطح سازندهای زمین‌شناسی بسیار کم است و از سوی دیگر شیب زیاد لایه‌ها فرصت کافی برای نفوذ آب را نمی‌دهد. بارندگی‌های فصلی هر بار لایه‌های مارن، مادستون و سیلتستون و شیل شسته و هر بار چگالی سیلاب را افزایش می‌دهد (نوحه‌گر، ۱۳۸۰).

پس از توقف بارندگی تابش شدید آفتاب لایه‌های کاملاً خیس و گل شده را با سرعت خشک نموده، وزش‌بادهای گرم به میزان فرسایش افزوده و ایجاد درز و ترک و شکاف در لایه‌های مارنی و رسی می‌نماید. این درزها به‌صورت شبکه‌ای بهم پیوسته و زمینه هدایت آب را به

لایه‌های زیرین فراهم می‌آورد که پس از آغاز بارندگی بر پهنه‌این ترکه‌ها، رسوبهای تخریبی ریزدانه به سرعت به حالت خمیری غلیظ درآمده و با افزایش چگالی جریان از توان فرسایش ویرانگری بر خوردار می‌شود. بطور کلی، ویژگی زمین‌شناسی سراب و پایاب سد میناب از جهت پیکرشناسی زمین و زمین‌شناسی ساختمانی و جنس لایه‌ها، شرایط اقلیمی، آفتاب سوزان و بادهای با سرعت زیاد، بارندگیهای موسمی و غیره، همه در راستای رسوب زایی، تخریب دیواره‌های رودخانه میناب و هجوم بیشتر سیلاب به دلتا و تأسیسات کشاورزی، مسکونی و صنعتی می‌گردد.

جهت مطالعه بهتر رودخانه میناب و براساس خصوصیات ژئومورفولوژیکی، جهت مطالعه رسوبات، رودخانه میناب به سه بخش تقسیم و رسوب شناسی آن در هر بخش بطور مجزا مطالعه شده است (شکل ۳).

بخش اول شامل محدوده سد تا پل میناب (کیلومتر ۱) می‌باشد. در این محدوده ذرات عمدتاً درشت دانه شامل ۲۰ درصد قلوه سنگ، ۶۰ درصد شن و ۲۰ درصد ماسه می‌باشد. در این منطقه به لحاظ بیرون زدگی لایه‌های کنگلومرا از کنار رودخانه، تقریباً ۵۰ درصد بستر از جنس غیر فرسایشی می‌باشد.

**بخش دوم:** این بخش از پل میناب تا روستای گورزانگ را شامل می‌شود. در این محدوده از میزان درشتی ذرات کاسته شده اما همچنان ذرات قلوه سنگ و شن به ترتیب با ۱۰ و ۶۵ درصد از کل ذرات، بخش عمده مصالح بستر را تشکیل می‌دهند و ماسه با ۲۵ درصد بخش کمی را شامل می‌شود.

**بخش سوم:** این بخش از روستای گورزانگ تا تنگه هرمز را در بر می‌گیرد. در این منطقه ذرات ریزتر شده بطوریکه نسبت ذرات قلوه سنگ، شن و ماسه به کل ذرات به ترتیب برابر ۱۰، ۶۰ و ۳۰ درصد می‌باشد. هرچه به سمت دریا نزدیکتر می‌شویم، از درصد رسوب‌های درشت دانه کاسته و به درصد رسوب‌های ریزدانه افزوده می‌گردد.

### مواد و روشها

داده‌های مورد نیاز برای انجام تحقیق از منابع مختلف جمع‌آوری شده و جهت جمع‌بندی و طبقه‌بندی داده‌ها از نرم‌افزارهای جغرافیایی به ویژه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. از آنجا که در این تحقیق تغییرات دینامیک رسوب پس از احداث سد میناب و

نقش آن بر ریخت شناسی رودخانه میناب هدف اصلی تحقیق بوده ، لذا داده ها در بازه های زمانی قبل و بعد از احداث سد جمع آوری و مورد مقایسه قرار گرفت. در مرحله بعد با روش میدانی برای منشاء یابی رسوب های رودخانه میناب، ۳۰ نمونه رسوبی در فواصل مناسب در هر یک از بخش رود (بخش های سه گانه) ، از داخل رودخانه برداشت و مورد آزمایش میکروسکوپی قرار گرفت (شکل ۴). در پایان با توجه به داده های جمع آوری شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج به صورت نمودارها، نقشه ها، روابط آماری و تفسیر نتایج ارائه گردیده است.

### مورفولوژی رودخانه میناب و ویژگی های آن

شکل هندسی رودخانه میناب از محل سد تا دریای عمان یکسان نبوده و هر بخش از آن شرایط متفاوتی با بخشهای دیگر از نظر مورفولوژی را نشان می دهد.

**مورفولوژی رودخانه میناب از محل سد تا پل شهر میناب:** طول این قسمت حدود ۴/۵ کیلومتر و شیب بستر در آن نسبتا تند بوده و حدود ۳ در هزار می باشد. در این فاصله سنگ کف متشکل از لایه های سنگی شامل کنگلومرا همراه با میان لایه های مارن، شیل و شیل مارنی است. این لایه ها دارای مقاومت و پایداری و فرسایش پذیری متفاوت هستند. وجود یک پشته رسوبی در وسط رودخانه و احداث باغهای جدید در بستر متروک رودخانه موجب انحراف آب به کناره راست رودخانه شده و یک مئاندر جوان در حال شکل گیری است. این تحول به علت احداث سد و کاهش انتقال رسوب به پایین دست و برداشت های مصالح شن و ماسه از شدت بالائی برخوردار است. بارندگی و جریان آب میان لایه های مارنی و شیل - مارنی را به سرعت شسته و لایه های سخت و مقاوم را بصورت دیواره های سنگی کوتاهتر در برابر جریان سیلاب و. رودخانه بوجود آورده است.

**مورفولوژی رودخانه میناب از پل شهر میناب تا روستای گورزانگ:** این بخش از بستر رودخانه دچار شدیدترین فرسایش گردیده است. تنش برشی بستر در این فاصله مخصوصا بین پل میناب تا روستای نصیرایی زیاد بوده و به همین دلیل مواد تشکیل دهنده بستر دچار فرسایش شدید شده و بستر پهن گردیده است. شکل هندسی رودخانه از پل تا روستای فخرآباد مئاندر بزرگی در سمت راست ایجاد نموده است. بستر رودخانه بعد از پل به یک بستر رسوبگذار تبدیل گردیده است. مهمترین پدیده مورفولوژی در این بخش از رودخانه مئاندر

می‌باشد. پارامتر دیگری که ایجاب می‌نماید وضعیت ریخت شناسی رودخانه میناب بررسی شود، برداشت شن و ماسه (مصالح رودخانه) است. این عامل نیز جهت تغییر فرم رودخانه بعد از احداث سد تأثیر زیادی در تغییر مورفولوژی بستر و کناره های رودخانه داشته است. علاوه بر دو عامل ذکر شده (مئاندر و برداشت خارج از ضابطه مصالح) عامل دیگری بنام سیلاب را بعنوان عامل سوم جهت تغییر در فرم رودخانه باید در نظر گرفت تأثیر آن می‌تواند دو عامل قبلی را کنترل نموده بطوریکه از یک طرف باعث افزایش فرسایش و از طرف دیگر باعث رسوب گذاری گردد. بنابر این از این طریق در تغییر شکل بستر و کناره های رودخانه نقش ایفا می‌کند.

**مورفولوژی رودخانه میناب از روستای گورزانگ تا تنگه هرمز:** بین روستای گورزانگ تا روستای تمبک، رودخانه تشکیل مئاندر داده است. نهشته‌های این نواحی تا فاصله حدود ۳۰۰ متری ساحل شرقی رودخانه متشکل از ماسه - سیلت، و شن می‌باشد. دانه بندی رسوبها از مشرق به مغرب رودخانه تفاوت چشمگیر دارد. اندازه ذرات در سمت مغرب افزایش می‌یابد. این تغییرات دانه بندی بیانگر شدت بیشتر سیلاب در سمت راست رودخانه است. پهنه رودخانه در این نواحی در بیشتر مناطق پوشش نسبتاً انبوه بوته‌های گز است. از این محدوده (روستای تمبک) تا تنگه‌هرمز رودخانه در بستری از مواد ریزدانه سیلنتی - رسی جریان دارد. در جنوب شرقی روستای مازع، رودخانه چندشاخه می‌گردد. عامل مؤثر بر شکل هندسی و مورفولوژی رودخانه در نبودن جریان دائمی رودخانه میناب، جزر و مد دریا می‌باشد. به دلیل تغییرات جریانهای دریایی این بخش از رودخانه میناب شکل و سیمای ثابتی نداشته و نمی‌توان حد و حدود آنرا بصورت ثابت تعیین نمود. رودخانه در این بخش حالت انشعابی پیدا کرده است. ویژگی توپوگرافی نواحی بالادست در این ناحیه نیز حاکم است. بعنوان نمونه پدیده شریانی شدن، فرسایش کناره‌ها و غیره وجود دارد.

#### اثرات احداث سد میناب بر دینامیک رسوب رودخانه میناب

آنچه که از نظر ژئومورفولوژی اهمیت دارد تغییراتی است که در عملکرد فرآیندهای سایشی در پایین دست رودخانه بعد از احداث سد رخ می‌دهد. تسریع در فعالیت فرآیندهای فرسایشی بعد از احداث سد و تغییر در آرایش جریان رودخانه در آبراهه‌ی اصلی در پایین دست، از جمله تغییراتی است که پیامدهای بعدی نیز همراه خواهد داشت (بیانی خطی، ۱۳۸۷). در این بخش آثار احداث سد میناب که بطور عمده در اثر تغییر پایداری و تعادل طبیعی رودخانه بوجود آمده‌را مورد بررسی قرار می‌دهیم.



### تعادل طبیعی رودخانه و عوامل مؤثر بر آن

رودخانه میناب سیستمی آبرفتی است که مواد فرسایش یافته را از سرآب حوضه‌های آبریز کوچک به طرف پایاب خود حمل می‌کند و نقش اصلی را در فرآیند حمل و ایجاد محیط رسوب گذاری بعهده دارد. رفتار رودخانه میناب، بخصوص وقتی وارد دشت آبرفتی می‌شود، بسیار پیچیده و گاهی غیر قابل پیش بینی است. زیرا در این منطقه (علیای دلتا و قاعده دلتا) علاوه بر تغییر سطح آزاد جریان که در اثر تغییر سرعت جریان اتفاق می‌افتد، ویژگی‌های هندسی مقاطع (عرضی) در اثر تغییر جریان، نیز تحت اثر عوامل مختلف تغییر می‌کند. در این رابطه اجزای تشکیل دهنده رودخانه را به صورت زیر می‌توان نشان داد (جدول ۱). این مجموعه خود تحت تأثیر دو گروه عوامل متغیر قرار دارد (جدول ۲).

جدول ۱: اجزای تشکیل دهنده رودخانه مؤثر بر ویژگی‌های هندسی

بستر جریان	جامد	اجزای رودخانه میناب
بارکف که با حرکت خود شکل بستر را بوجود می‌آورد.		
جامد (بار معلق و مواد حمل شونده)	سیال	
محلول		

جدول ۲: عوامل مؤثر بر اجزای تشکیل دهنده رودخانه

گذر حجمی، جریان، بار کف، بار معلق اندازه ذرات حمل شونده، اندازه ذرات جداره	متغیرهای مستقل	عوامل متغیر
عرض، عمق، شیب کف، قوس‌های رودخانه و ...	متغیر وابسته	

زمانی که بین عوامل متغیر تعادل نسبی بوجود آمد، اجزای رودخانه نیز به تعادل نسبی می‌رسند و شکل مجرا را بوجود می‌آورند. در میان متغیرهای مستقل رودخانه، دبی جریان و دبی رسوبها بیشترین تغییرات را دارند و سایر عوامل تا حدودی ثابت هستند و به مرور زمان به نوعی ثبات نسبی می‌رسند.

نتیجه ساده و در عین حال مهمی که از مطالب بالا حاصل می‌شود این است که تغییر هر کدام از متغیرهای مستقل منجر به تغییر متغیرهای وابسته و نهایتاً تغییر شکل هندسی مقطع منتهی شود. با احداث سد مخزنی میناب در این رودخانه، چند تغییر اساسی در رژیم جریان پایین دست و بالا دست آن بوجود آمده است که عبارتند از کاهش دبی جریان در پایین دست در فصل‌های پرآبی و شدت آن در فصل‌های کم آبی، کاهش قابل توجه غلظت مواد معلق و مواد بستر در پایین دست، ته نشینی مواد معلق و افزایش تراز بستر رودخانه در بالا دست سد، تغییر کاربری بستر رود، کاهش آبهای زیرزمینی و پایین افتادن تراز آن نسبت به قبل از احداث سد میناب، رشد بیش از پیش پوشش گیاهی در بستر رودخانه در پایین دست مخصوصاً در بخش پایانی دلتای میناب و...

این تغییرات به نوعی تعادل طبیعی رودخانه میناب را دگرگون ساخته، و بر روی ویژگی‌های هندسی، ژئومورفولوژیکی و جریان آب تأثیر گذاشته است. وجه مشخص بروز این تغییرات در پایین دست ایجاد رسوب‌گذاری و یا فرسایش در بخش‌هایی از رودخانه، جابجایی مئاندرها، کف کنی (گود افتادگی) و تخریب دیواره‌های رودخانه است. تغییراتی که در بالا دست سد بوجود آمده است، بیشتر تحت تأثیر افزایش تراز کف رودخانه قرار دارد زیرا سطح اساس رودخانه میناب در بالا دست آن، سد میناب می‌باشد.

### نوع و میزان رسوبهای خروجی از سد میناب

از پارامترهای مؤثر بر نحوه و میزان رسوبگذاری یا فرسایش، دانه‌بندی ذرات تشکیل دهنده بستر رودخانه می‌باشد. مواد تشکیل دهنده بستر رود میناب از محل سد به دریا، تدریجاً کوچکتر می‌شود. شکل ۵ نشان دهنده دانه‌بندی رسوبهای رودخانه میناب در دوره‌های مختلف زمانی بوده و مشخصات هر یک از منحنی‌ها از نظر زمانی و مکانی به شرح ذیل می‌باشد (وزارت نیرو، ۱۳۷۶).

۱. رسوبهای آبرفت قدیم میناب (نمونه‌برداری از بستر در مرحله مطالعات سد میناب

(۱۳۴۴) - منحنی ۱

۲. رسوبهای آبرفت جدید میناب (نمونه‌برداری از بستر در مرحله مطالعات سد میناب

(۱۳۴۴) - منحنی ۲

۳. رسوبهای ریزدانه بستر مخزن سد میناب (نمونه‌برداری ۱۳۶۳) - منحنی ۳

۴. رسوبهای کناره‌های مخزن سد میناب (نمونه‌برداری سال ۱۳۶۳) - منحنی ۴
  ۵. رسوبهای درشت مخزن سد میناب (نمونه‌برداری ۱۳۶۳) - منحنی ۵
  ۶. رسوبهای بستر مخزن میناب - نمونه دست نخورده (نمونه‌برداری ۱۳۷۱) - منحنی ۶
  ۷. رسوبهای بستر مخزن میناب - نمونه دست نخورده (نمونه‌برداری ۱۳۷۱) - منحنی ۷
- بعد از احداث سد میناب و آغاز و بهره‌برداری از آن با توجه به سیاست‌های بهره‌برداری از آب ذخیره شده در دریاچه سد میناب، مقدار زیادی از جریان ورودی به دریاچه سد ذخیره شده و بالطبع رسوبهای ورودی به آن نیز بطور کامل در مخزن سد به تله می‌افتند. این عامل می‌تواند تأثیر زیادی بر وضعیت طبیعی رودخانه در پایین دست هم به لحاظ طبیعی و هم زیست محیطی داشته باشد. در جریان چهار سیل بزرگ و جریان سرریزی در طول دوره بهره‌برداری از سد (سالهای ۱۳۶۹، ۱۳۷۰، ۱۳۷۱، ۱۳۷۴) بعلت پر بودن نسبی مخزن هنگام وقوع سیل‌های فوق لزوماً بخشی از جریان ورودی بطور مستقیم بوسیله سرریزهای سد به پایین دست منتقل شده‌اند که در این حالت راندمان تله اندازی مخزن با راندمان محاسبه شده برای دبی متوسط روزانه متفاوت است (وزارت نیرو، ۱۳۷۸). هدف از بررسی این بخش، تعیین اندازه ذرات خروجی و میزان آنها در جریان سیل‌ها می‌باشد. نتیجه این بررسی‌ها پاسخ به این پرسش است که مورفولوژی رودخانه میناب در پایین دست سد بعد از بهره‌برداری از آن دچار چه تحولاتی گردیده و این تحولات چگونه توانسته است، بر نوع بهره‌برداری از بستر رودخانه و اطراف آن مؤثر باشد؟ ما بایستی با بررسی‌های منطقی به این پرسش اساسی پاسخ دهیم که آیا بستر رودخانه میناب در پایین دست سد از رسوبهای بالا دست تغذیه خواهند شد یا خیر؟
- با توجه به عدم اندازه‌گیری دبی رسوبهای خروجی از سد به ناچار از روش‌های غیر مستقیم برای پاسخ به این سؤالات استفاده خواهد شد. البته با تشریح وضعیت بستر و کناره‌های رودخانه و با استفاده از مدل HEC-6 تا حدی وضعیت بستر رودخانه مورد بررسی قرار گرفت.
- در بحث تجزیه و تحلیل مورفولوژی رودخانه به لحاظ فرسایش و رسوبگذاری، از داده‌های مدل HEC-6 در رودخانه میناب، استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز در این مدل عبارتند از مقاطع عرضی رودخانه در نقاط مختلف، مشخصات دانه بندی رسوبهای ورودی از بالا دست و دبی آن، دانه بندی ذرات تشکیل دهنده بستر رودخانه، دبی رودخانه و زمان تداوم آن.

برای بررسی پدیده فرسایش و رسوبگذاری در رودخانه میناب بعد از سد، از دانه بندی رسوبهای بستر استفاده گردید. نتایج بررسی مدل نشان می‌دهد که عمق فرسایش با ارتفاع رسوبگذاری در نیمرخ عرضی مشخص و با یک آبدهی معین برای روابط مختلف حمل رسوب با همدیگر متفاوت است. نتایج این بخش از بررسیها برای آبدهی ۷۰۰۰ متر مکعب در ثانیه نشان می‌دهد که حداکثر عمق فرسایش در نزدیکی سد اتفاق می‌افتد و میزان آن نزدیک ۱۵۰ سانتیمتر است. در حالی که حداکثر رسوبگذاری از محل شریانی شدن رودخانه بوقوع می‌پیوندد و میزان آن حدود ۱۲ سانتیمتر است.

یکی از روش‌های غیر مستقیم و متداول برای اندازه‌گیری رسوب، مقایسه زمان نگهداشت مخزن یا زمان لازم برای ته نشینی ذره با قطر مورد نظر می‌باشد. در این حالت سرعت سقوط ذرات با قطرهای مختلف با کمک منحنی‌هایی که براساس معادله استوکس برای سقوط ذرات منفرد ارائه شده تعیین و با در نظر گرفتن حداکثر عمق مخزن سد میناب برابر ۴۵ متر، زمان لازم برای ته نشینی ذرات با قطرهای متفاوت بدست آمده است. جداول ۳ و ۴ به ترتیب قطرهای متفاوت و دبی‌های مختلف ورودی در شرایط پر بودن دریاچه سد و محاسبه زمان نگهداشت مخزن و نتایج آنرا نشان می‌دهند.

جدول شماره ۳: سرعت سقوط ذرات با قطرهای مختلف

قطر ذره (میلیمتر)	۰/۰۴	۰/۱	۱/۱	۱	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
سرعت ته نشینی (سانتیمتر بر ثانیه)	۰/۰۰۱۷	۰/۰۱	۱	۱۰	۳۷	۴۵	۵۲	۶۰
زمان لازم برای ته نشینی (ساعت)	۷۵۳	۱۲۵	۱/۲۵	۰/۱۲۵	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۱

منبع: تحقیقات منابع آب - وزارت نیرو (تماب)

جدول ۴: تغییر اندازه ذرات خروجی از سد میناب با توجه به دبی جریان ورودی

دبی ورودی (مترمکعب بر ثانیه)	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰
حداقل قطر ذره قابل ته نشینی در مخزن (میلیمتر)	۰/۰۰۴	۰/۵۵	۰/۰۷۸	۰/۰۱۲	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰

منبع: تحقیقات منابع آب - وزارت نیرو (تماب)

قابل ذکر است محاسبات مربوط به روش اخیر برای ذرات ریزدانه معتبر بوده و در این روش فرض به تله اندازی صد در صد ذرات درشت تر از سیلت است. با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می شود که در جریان سیلابها، بخش زیادی از ذرات ریز شامل: سیلت و رس می توانند از مخزن خارج شوند بطوریکه راندمان تله اندازی مخزن در جریان سیل بهمن ۱۳۷۱ معادل ۳۸ درصد بدست آمده است.

#### احداث سد و تغییر پایداری رودخانه میناب

تغییرات در فرآیندهای فرسایشی و تنظیمات در بستر رودخانه توسط محققین در مناطق مختلف (کروپ، ۲۰۰۵) گزارش شده است. تغییر در میزان فرسایش در پایین دست سد در بستر رودخانه ها، به طور متوسط ۳۰ میلی متر در سال و حداکثر به طور محلی ۵۰۰ میلی متر در سال گزارش شده است (پیتز، ۲۰۰۵). ای میزان در رودخانه هایی که کناره های بستر آنها از فرسایش پذیری بالایی برخوردار می باشد، در حداکثر است (بیانی خطیبی، ۱۳۸۷). همچنین تغییر کاربری بستر رودخانه پس از احداث سد از عوامل مؤثر در تغییر پایداری رودخانه به حساب می آید. این موضوع در پایین دست سدهایی مثل سد میناب که در مسیر رودخانه فصلی احداث شده از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در زیر به پاره ای از این موارد اشاره می شود.

#### الف) احداث سد و تشدید فرسایش بستر

از دیدگاه تحلیلی چنانچه میزان برآورد رسوب در مقطعی از رودخانه کمتر از حد پتانسیل انتقال و یا ظرفیت حمل آن باشد، وقوع فرسایش را می توان انتظار داشت (یمانی، ۱۳۸۵). قبلا بیان شد که در اثر احداث سد تا حدود ۹۴ درصد رسوبات در زمان سیلابی و در زمان غیر سیلابی تا حدود صد درصد رسوبی در پشت دریاچه سد میناب به تله می افتد. این بدان معناست که آب بدون بار رسوبی از دریچه های سد تخلیه شده و آب زلال توانایی فرسایش و حمل رسوب در پایین دست سد را دارد و از این طریق فرسایش بستر و حتی کناره های آن افزایش پیدا می کند. براساس بررسی هایی که از مقاطع عرضی بعد از سد انجام شد، بیشترین فرسایش در بستر رودخانه میناب بعد از سد، متعلق به مقاطع نزدیک به سد بود که نشان دهنده فرسایش در اثر احداث سد می باشد.

**دانه بندی:** بر اساس نمونه های برداشت شده ، که به روش الک کردن و هیدرومتری مورد بررسی قرار گرفت نمونه های ریز دانه دارای قطری معادل ۲۰-۲ میکرون بوده در حالیکه نمونه های درشت دانه که مربوط به بخش های بالایی رودخانه می باشد ، بین ۲ تا بیش از ۲۰ سانتی متر می باشد . از آزمایشهای فوق چنین نتیجه گرفته می شود دانه رسوبها مشخص کننده مسافت و میزان حمل و نقل و انرژی جریان می باشد. بر این اساس می توان گفت رسوبهای درشت دانه از سازندها و واحد های مقاوم تر به وجود آمده اند، و رسوب های ریز دانه نیز از سنگ های فرسایش پذیر تری حاصل شده اند . بیشتر رسوب ها از واحد های سنگی در محدوده مورد مطالعه تشکیل شده و تنها بخش اندکی از رسوبها از واحدهای سنگی بخش های بالاتر حوضه شکل گرفته است.

تخلخل : نسبت حجم حفرات موجود در یک رسوب ، به حجم کل رسوب را گویند ، که بر حسب درصد بیان می گردد. این مقدار در رسوب های مورد آزمایش قرار گرفته بین ۶۷-۶۱ درصد بدست آمده است .

**منشایابی رسوب های رودخانه میناب:** از برداشت رسوب های نمونه گیری شده، نتیجه گیری می شود که؛ حدود ۴۴٪ آن آهک و مارن ۲۰٪ ماسه سنگ ۳۶٪ دیگر از واحد های غیر رسوبی منشا گرفته اند . نتایج مطالعات نشان می دهد که منشا اصلی رسوب های پائین دست رودخانه را واحد مکران دانسته ، که متشکل از مارن ماسه سنگ و کنگلومرای میناب می باشد. سیلابی بودن رودخانه میناب و ناپایداری کناره های آن به علت سخت بودن جنس رسوبها، کمبود بار معلق به علت احداث سد، تند بودن شیب رودخانه مخصوصا در واحد آبراهه باعث می شود که موقع فروکش کردن سیل، رسوبهای حمل شده که از کناره های فرسایش پذیر برداشته شده در پایین دست ته نشین شده و جزایر متعددی را تشکیل دهد. فرسایش پذیر بودن سواحل رودخانه میناب و کمبود رسوبهای حمل شده نیز باعث گردیده که رودخانه حالت ناپایداری بخود گرفته و به همین علت خط القعر جریان در این رودخانه مرتب تغییر نماید. در اثر ایجاد سیلابهای استثنایی مواد مختلف از جمله گل و لای، در کنار بستر رودخانه انباشته شده و همین انباشته شدن رسوبهای ریز دانه و سایر مواد حمل شده از بالادست مقدمه ای برای ایجاد مئاندر می باشد. مئاندر بزرگ رودخانه میناب که در بخش فرسایش رودخانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت سبب تغییر شیب شده و بدنبال آن تغییراتی در مسیر و مشخصات هندسی

رودخانه میناب ایجاد شده است. متاندرهای ایجاد شده با توجه به شرایط هیدرولیکی رودخانه و بافت و مقاومت ساحل در تمام مسیر یکسان نیست و با توجه به شرایط فوق فرق می‌کند.

### ب) تغییر اندازه ذرات حمل شده ناشی از برداشت مصالح

برداشت مصالح از بستر رودخانه، باعث تغییر ظرفیت حمل رودخانه در محل چاله‌های برداشت ناشی از آن خواهد شد (شویدی، ۱۳۷۸). جریان آب به پایین دست سد میناب، بعد از احداث آن به کلی قطع گردیده و فقط در زمان بارانهای سیل آسا و طغیانهای استثنایی، از طریق سرریزها و تخلیه کننده‌های تحتانی، آب وارد بستر رودخانه می‌شود. بخشی از رسوبهای حمل شده با جریان آب هنگام ورود به چاله ته نشین شده و جریان خروجی از چاله‌ها رسوبهای کمتری را با خود حمل نموده و از نظر دانه‌بندی نیز این رسوبها تغییر می‌نمایند، بطوریکه رسوبهای درشت دانه در اولین چاله گیر افتاده و در اثر تغییرشیب امکان انتقال به پایین دست را نمی‌یابند. لذا رسوبهای ریزدانه به پایین منتقل می‌شوند که علاوه بر تغییرات کمی در رسوبها، بستر رودخانه با تغییرات کیفی از نظر رسوب گذاری نیز مواجه خواهد شد. تبعات این وضعیت این خواهد بود که تمامی رسوبهای درشت شامل شن و ماسه در چاله ته نشین شده و رسوبهای خروجی، شامل ماسه ریز، سیلت و رس خواهند بود. این عامل میتواند فرسایش بستر و کناره‌ها در پایین دست را بهمراه داشته باشد، زیرا جریان آب، برای تأمین با رسوبی مورد نیاز خود، کناره‌ها و بستر رودخانه را فرسایش داده و رسوبهای لازم را با خود به پایین دست حمل می‌نماید. برای جلوگیری از این کار، علاوه بر رعایت فواصل لازم بین چاله‌های برداشت، مقدار بار تعیین شده برای برداشت مصالح را نیز بایستی در نظر گرفت.

### نتیجه گیری (تغییرات رسوب شناسی و مرفومتری کانال ناشی از احداث سد)

با کاهش دبی رسوب و افزایش قدرت آب، محدوده بالا دست رودخانه دچار فرسایش شدیدی شده که این امر علاوه بر تدارک رسوب موجب افت بستر رودخانه و افزایش شیب کناره‌ها و تسریع حرکت مواد بر روی دامنه شده که خود میزان مواد تخریبی کف بستر را افزایش و زمینه مناسبی جهت انتقال رسوبات زیادی را به مناطق پایاب رودخانه به ویژه در مواقع سیلاب های حاصل از سرریز سد میناب شده است.

با افزایش ارتفاع کناره ها و شیب آنها فرآیندهای رسوبی تغییر می نمایند. این امر به ویژه در حدفاصل سد میناب تا پل میناب به وضوح نمایان است. بطوریکه یکی از ویژگی های مورفولوژیکی رودخانه میناب در این بخش، کناره هایی پر شیب که فعالانه در حال فرسایش می باشند است. بتدریج با کاهش ارتفاع کناره ها و در نتیجه شیب آنها عملکرد فرآیندهای فرسایش کاوشی کندتر می گردد ولی هنوز کناره ها بصورت ناپایدار می باشند. با احداث سد میناب میزان دبی رسوب (QS) کاهش یافته است. رابطه شماره ۲ ارتباط متقابلی متغیرهای دبی رسوب و سایر مولفه های ژئومورفولوژیکی را نشان می دهد.

$$Qs^- \sim W^- d^+ F^- L^- S^- P^+ \quad \text{رابطه شماره ۲}$$

میزان بار رسوبی با پهنا (W)، طول موج مئاندر (L)، نسبت عمق/ پهنا (F) رابطه عکس دارد. عبارتی با کاهش بار رسوبی در نتیجه احداث سد، پهنای رودخانه میناب در قسمت علیای رودخانه میناب (بویژه سد تا پل میناب) کاهش و پشته های میانرودی و جزیره ای و شیب کناره ها توسعه و افزایش یافته است. بررسی های میدانی و مشاهده شواهد ژئومورفولوژیکی و تدقیق آنها با موقعیت فرآیندهای محلی صحت نتایج مذکور را تأیید و گواهی بر نقش ژئومورفولوژی رودخانه ای در شناخت هر چه بهتر تغییرات رودخانه و مدیریت آنها می باشد. همچنین همانطور که در رابطه و جدول ذیل مشخص شده با کاهش بار رسوبی شیب کانال رودخانه میناب افزایش یافته که در پروفیل طولی رودخانه بوضوح مشاهده می گردد (شکل ۷). احداث سد میناب علاوه بر کاهش دبی رسوب موجب کاهش دبی پایه رودخانه میناب شده که نتایج ژئومورفولوژیکی مترتب بر این امر در رابطه شماره ۳ مشخص شده است.

$$Q^- Qs^- \sim W^- d^{-/+} F^- L^- S^{-/+} P^+ \quad \text{رابطه شماره ۳}$$

در پایین دست سد میناب، رواناب(دبی)، بدلیل تقلیل شیب و تعریض بستر رودخانه و افزایش پوشش گیاهی که موجب نفوذ آب در زمین می گردد، کاهش می یابد. سایر تغییرات مورفولوژیکی در رابطه 4 مشخص شده است.

$$Q^- Qs^+ \sim W^{-/+} d^- F^+ L^{-/+} S^+ P^- \quad \text{رابطه شماره ۴}$$



همانطور که در جدول شماره ۵ آمده است ویژگی های مورفولوژیکی حوضه بطور سیستماتیک بر یکدیگر تاثیر گذاشته و یکدیگر را تغییر می دهند. با توجه به تغییرات حاصل از احداث سد و قطع دبی پایه و همچنین با در نظر گرفتن برداشت های بی رویه و بدون مطالعه مصالح (شن و ماسه) از بستر رودخانه میناب این کنش و واکنش به صورتی پویا موجب تغییر چشم اندازهای رودخانه ای در رودخانه میناب می شود که میتوان با توجه به روابط تجربی موجود (جدول ۵) نتایج کیفی مورفولوژیکی این امر را پیش بینی و جهت اتخاذ سیاست های درست و بهینه در زمینه بهره برداری از رودخانه میناب بکار بست.

جدول ۵: پیش بینی کیفی واکنش ریخت شناسی به تغییرات حوضه در رودخانه میناب

افزایش رواناب(دبی) :		کاهش رواناب(دبی) :	
<p>بعنوان مثال ؛ ناشی از افزایش بارش</p> $Q^+ \sim W^+ d^+ F^+ L^+ S^-$ <p>افزایش دبی رسوب به تنهای :</p> <p>بعنوان مثال ؛ ناشی از فعالیت های عمرانی / چرای بی رویه</p> $Qs^+ \sim W^+ d^+ F^+ L^+ S^+ P^-$ <p>افزایش دبی آب و رسوب :</p> <p>بعنوان مثال ؛ جنگل کاری / افزایش حالت توفانی</p> $Q^+ Qs^+ \sim W^+ d^{+/+} F^- L^- S^{-/+} P^+$ <p>افزایش رواناب و کاهش بار رسوبی</p> <p>بعنوان مثال ؛ شهر نشینی (بعد از عمران)</p> $Q^+ Qs^+ \sim W^{-/+} d^+ F^- L^{-/+} S^- P^+$		<p>بعنوان مثال ؛ ناشی از کاهش بارش / احداث سد</p> $d^- F^- L^- S^{+/-} \sim W^- Q^-$ <p>کاهش دبی رسوب :</p> <p>بعنوان مثال ؛ احداث سد / ناشی از انجام عملیات حفاظت خاک / تقویت خاک های مزروعی</p> $Qs^- \sim W^- d^+ F^- L^- S^- P^+$ <p>کاهش دبی آب و رسوب :</p> <p>بعنوان مثال ؛ ناشی از احداث سد</p> $d^{+/+} F^- L^- S^{-/+} P^{+/-} \sim W^- Qs^- Q$ <p>کاهش رواناب و افزایش بار رسوبی</p> <p>بعنوان مثال ؛ نفوذ آب / کاهش بارش</p> $F^+ L^{-/+} S^+ P^- Qs^+ \sim W^{-/+} d^- Q$	
علائم اختصاری	Q = رواناب	Qs = بار رسوبی	F = عمق / پهنا (نسبت)
	W = پهنا ی رودخانه	D = عمق	S = شیب کانال
			L = طول موج مئاندر
			P = سینوسیته

به طور کلی با توجه به آنچه که بیان شد ، می توان گفت که سیستم های رودخانه‌ای، سیستم بسیار حساسی هستند که در مقابل بی تعادلی ایجاد شده پاسخ می دهند و در نیمرخ طولی آنها تغییراتی در جهت رسیدن به تعادل مجدد رخ می دهد. براساس مطالعه به عمل آمده، رودخانه میناب نیز از این امر مستثنی نبوده و احداث سد در مسیر این رودخانه ، تغییرات عمده‌ایی را در دینامیک رسوب و جریان آب و متعاقب آن بر مورفولوژی بستر به همراه داشته است.



منابع

۱. بهادری، فیروز، فرسایش بستر رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران، مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی سال ۱۳۷۴
۲. بهادری، فیروز، کنترل فرسایش رودخانه، انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۷۴، کتابخانه مرکز تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی
۳. بیانی خطیبی، مریم، ۱۳۸۷، بررسی نحوه‌ی تاثیر سد سهند بر تغییر مورفولوژی بستر جریان رودخانه‌ی قرقو، بر ویژگی‌های فرسایشی و رسوب‌زایی آن، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، بهار و تابستان
۴. چورلی، ریچارد جی (۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی، ترجمه احمد معتمد، جلد سوم، سمت.
۵. خسرو تهرانی، خسرو، چینه شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۷
۶. درویش زاده، علی، زمین شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۶
۷. رفاهی، حسینقلی، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸
۸. سازمان زمین شناسی و اکتشافات کشور، نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰
۹. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۷، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
۱۰. شویدی، رامین، بررسی تغییرات نیمرخ طولی بستر رودخانه متأثر از برداشت مصالح - پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه هیدرولیک - دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، اردیبهشت ۱۳۷۸.
۱۱. مهندسین مشاور لار، گزارش مطالعات زمین‌شناسی، جلد سوم، مطالعات مرحله یک، ساماندهی رودخانه میناب سال ۱۳۷۴.
۱۲. نوحه گر، احمد، تحولات ژئومورفولوژی حوضه آبریز جغین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶
۱۳. نوحه گر، احمد، ژئومورفولوژی رودخانه میناب و مدیریت آن، پایان‌نامه دکتری، بهمن ماه ۱۳۸۰
۱۴. وزارت نیرو، آمار دبی رسوب سد میناب، ۱۳۷۶
۱۵. وزارت نیرو، بررسی سیلاب‌های رودخانه‌های استان هرمزگان، ۷۸-۱۳۷۱
۱۶. وزارت نیرو، سالنامه‌ها و آمار نامه‌های جریان آب و بارندگی، ۱۳۷۸-۱۳۴۱

۱۷. یمانی، مجتبی و محمد مهدی حسین زاده، هیدرودینامیک رود خانه های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری، و تغییر مشخصات هندسی آنها، پژوهش های جغرافیایی - شماره ۵۵، بهار ۱۳۸۵

۱۸. یمانی، مجتبی، ژئومورفولوژی ساحلی، پایان نامه دوره دکتری، اسفند ماه ۱۳۷۵

19. Church, M A 1992 Channel morphology & typology, in Calow, P & Petts, GE (Eds) The river handbook; hydrological and ecological principles, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 126 – 143.

20. Azanon,j.,g,Antonito.V,Pena and j,M.Carrillo(2005)Late quaternary large scale rotational slides induced by river incision.Geomorphology.69:152-168

