جغرافیا و توسعه - شماره ۱۱ - بهار و تابستان ۱۳۸۷
صص: ۲۲۰ - ۱۹۹
وصول مقاله: ۱۳۸۵/۹/۱۰
تأیید نهایی: ۱۳۸۶/۱۲/۵

بررسی نحوه‌ی تأثیر سد سهند بر تغییرمورفولوژی بستر جریان رودخانه‌ی قرنقو، بر ویژگی‌های فرسایشی و رسوب‌زایی آن

مطالعه موردی؛ حوضه قرنقوچای، دامنه‌های شرقی کوهستان سهند (شمال غرب ایران)

دکتر مریم بیاتی‌خطیبی
استادیار گروه پژوهشی جغرافیا دانشگاه تبریز

چکیده

رودخانه‌ها ازاشکال پویای چشم اندازهای طبیعی هستند که در رابطه با تغییر درکنترل کننده‌های محیطی و دستکاری‌های انسانی در سیستم‌های طبیعی، در طی مقاطع زمانی و مکانی مختلف، تغییرات متفاوتی از خود نشان می‌دهند.ابعاد و گستره‌ی طولی این تغییرات در طول مسیر رودخانه‌ها، نحوه‌ی عکس‌العمل شاخاب‌ها به رخدادها،نوع تغییرات در مقطع عرضی بستراصلی و همچنین نحوه‌ی تغییرات در سطوح شیب‌های حوضه‌های نیمه‌خشک، از دیدگاه هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی، بسیار مهم است. احداث سدها در مسیر رودخانه‌ها در بروز این تغییرات، نقش اولیه ایفا می‌کند. این ساختارهای دست‌ساز انسان، علی‌رغم مزایایی که در تنظیم جریان رودخانه‌ها و کاهش در بزرگی و فرکانس وقوع سیلاب‌ها و... دارند، سبب ایجاد رژیم‌های مصنوعی از جریان آب در پایآب‌های رودخانه‌ها شده و در مسیر انتقال رسوبات از سرآب‌ها، آشفتگی‌هایی ایجاد می‌کنند. این آشفتگی‌ها و تغییرات رخ داده، در واقع تلاش رودخانه‌ها برای رسیدن به تعادل مجدد در مسیر جریان آب‌ها است. برای بررسی تأثیر احداث سدها در ایجاد تغییرات در پایآب‌ها و سرآب‌های رودخانه‌های جاری در نواحی نیمه‌خشک، حوضه قرنقو، واقع در دامنه‌های شرقی سهند انتخاب شده و در این حوضه، شدت فرسایش، میزان رسوب‌دهی بخش‌های مختلف آن، با استفاده از روش‌های آماری ارزیابی و با بهره‌گیری از امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی، محدوده‌های حساس تعیین و پهنه بندی گردیده و درنهایت نقشه‌های مربوطه ترسیم شده است. این نقشه‌ها نشان می‌دهند که بخش‌های بالادست حوضه از نظر شدت فرسایش، در وضعیت نسبتاً بحرانی قرار دارند و فعالیت فرآیندهای مختلف فرسایشی و وقوع لغزش‌های نسبتاً بزرگ در کناره دره‌ها و درنزدیکی سد سهند، رسوبات زیادی را وارد آبراهه‌ها می‌کنند که بعد از آبگیری سد، این رسوبات در پشت سد نهشته خواهند شد. با عنایت به وضع موجود از نظر فعالیت فرآیندهای فرسایشی، پیش‌بینی‌های صورت گرفته، حاکی از بروز تغییرات عمده در مقطع عرضی، طولی بسترجریان و همچنین در میزان و مکان رسوب‌گذاری و کندوکاری، بعد از احداث سد سهند است.

کلیدواژه‌ها: اثرات سدها، فرسایش، رسوب‌دهی، تغییرات بستر، رودخانه‌ها، پهنه‌بندی، سد سهند، حوضه‌ی قرنقو، رودخانه‌ی قرنقو.

مقدمه

رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، دررابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. برقراری تعادل در شبکه‌های زهکشی به عوامل مختلفی وابسته است و تعادل برقرار شده نیز در هر لحظه و در هر مقطع زمانی، ممکن است بر هم بخورد. توضیح این که، هر تغییری که در اجزای شبکه زهکشی و یا به عبارت بهتر در سیستم زهکشی، به دست انسان و یا بطور طبیعی رخ می‌دهد، اثرات آن در طی زمان به اجزای دیگر منتقل شده و در نهایت به کل سیستم منتقل می‌شود و این اثرات، به صور گوناگون در نیمرخ طولی و عرضی بستر رودخانه تبلور می‌یابد. تغییرات اقلیمی، تغییرات تکتونیکی و...، از جمله عوامل طبیعی هستند که می‌توانند تغییراتی را در نیمرخ طولی، عرضی و بطور کلی در بستر جریان رودخانه‌ها و همچنین در شیب‌های مشرف به دره‌ها به وجود آورند. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی و حضور ساختارهای مختلف دست‌ساز انسان در حوضه‌های زهکشی و استقرار آنها در بستر رودخانه‌ها، تغییرات عمده‌ای در مسیر رودخانه‌ها پدید آورده است که تأثیر آنها در مقایسه با نقش عوامل طبیعی در بروز تغییرات، بسیار شدیدتر می‌باشد. سدها، از جمله مهمترین ساختارهای دست‌ساز انسانی در طول رودخانه هستند که می‌تواند تغییرات عمده‌ای را در طول مسیر رودخانه و در نهایت در کل حوضه زهکشی، پدید آورند. 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 پیچان‌های رودخانه *(مارتسون و همکاران[1]، ۲۰۰۵: ۱)* از جمله این تغییرات هستند که هر یک از آنها با پیامدهای دیگری نیز همراه می‌باشند.

سدها که برای اولین بار در ۵۰۰۰ سال قبل *(پیت وگورنل[2]، ۲۰۰۵: ۳)* بر روی رودخانه‌ها ساخته شدند، به پیشرفت تمدن‌های اولیه کمک نمودند.علی‌رغم مزایای متعددی که چنین ساختارهایی در محدوده‌ی بهره‌برداری، از قبیل کاهش در فرکانس و اوج‌های سیلاب‌ها، امکان دسترسی به آب درسال‌های کم آبی و یا بی‌آبی و... داشتند، احداث آنها، تعادل در سیستم‌های طبیعی را بر هم زده است.

در گذشته، به علت این که تعداد سدها کم و ارتفاع آنها زیاد نبود، تغییرات در بستر رودخانه‌ها نیز چندان قابل ملاحظه نبود. اما با افزایش در تعداد آنها، تغییرات پدید آمده در حوضه‌ها محسوس گشته و در مواردی به حد بحرانی رسیده است. در طی ۵۰ سال گذشته، احداث سدها در سر تا سر جهان، بویژه در بخش‌های مختلف آسیا، افزایش تصاعدی یافته است. بطوری‌که از ۴۲۷ سد در دهه‌ی ۱۹۵۰، به ۳۹۰۰۰ سد در سال ۲۰۰۰ رسیده و متعاقب

1-Marston et al
2-Petts and Gurnell

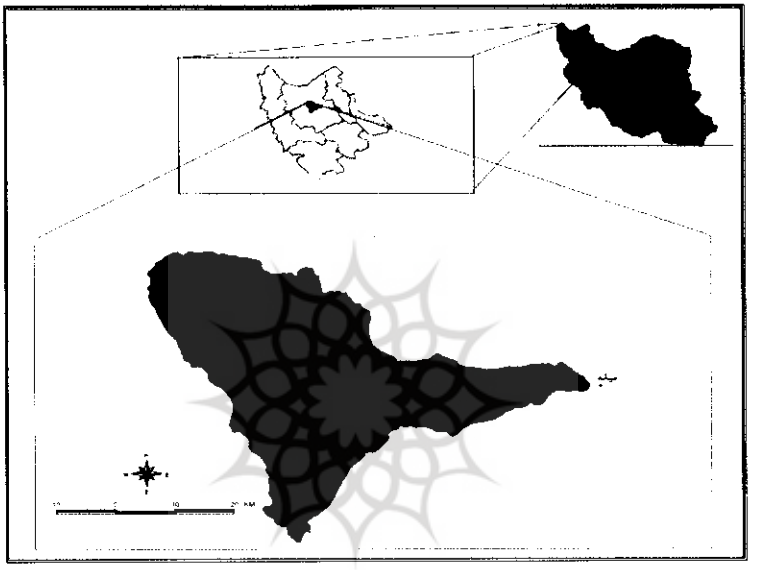
آن پیامدهای هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی آنها نیز افزایش یافته است *(لورانژ واگت[1]، ۲۰۰۵: ۱)*. به دنبال افزایش چنین پیامدهایی، محققین مختلف به مطالعه‌ی ابعاد ناشی از احداث سدها علاقمند شدند که انتشار مقالات متعدد، مبین افزایش تعداد پژوهش‌ها در زمینه‌ی بررسی محققین در مورد پیامدهای متنوع، بویژه پیامدهای ژئومورفولوژیکی ناشی از احداث چنین ساختارهایی است.اولین مقاله در زمینه‌ی بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از بستن سدها، در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ منتشر شد و اثرات عمیقی بر تفکر پژوهشگران بعدی گذاشت *(موریس وفان، ۱۹۹۷، بارو، ۱۹۸۱، ولمان و ویلیام،۱۹۸۴و....)*[2]. این محققین، اثرات سدها را در محدوده‌های مختلف از زوایای متفاوت مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که اثرات و پیامدهای ناشی از احداث سد در محدوده‌های نیمه‌خشک، به مراتب بیشتر از سایر مناطق می‌باشد *(آزانون و همکاران[3]، ۲۰۰۵: ۱۵۴ و آمسلر و همکاران[4]، ۲۰۰۵: ۴۰۵ و واسمر و همکاران[5]، ۲۰۰۴: ۵ و مالگام و همکاران[6]، ۲۰۰۵: ۱۰۳)*. پیامدهای چنین ساختارهایی در مناطق خشک، به صورت افزایش در شدت سایش در بخشی و افزایش انباشتگی رسوبات در بخشی دیگر مسیر جریان رودخانه، جلوه‌گر گردیده است *(چانسون[7]، ۲۰۰۵: ۱۲، فاستا[8]، ۲۰۰۵: ۱۳، گراف[9]، ۲۰۰۵: ۲۰، رادونه[10]، ۲۰۰۵: ۵۰۳، سینها[11] و همکاران: ۲۰۰۵: ۲۰۰)*. در حوضه‌های زهکشی مناطق نیمه‌خشک، به علت واکنش‌های زمانی کوتاه‌مدت رودخانه، برای انطباق با شرایط جدید، تغییرات در بستر رودخانه‌ها سریع بوده، بطوری‌که با توسل به شواهد موجود ناشی از بروز چنین تغییراتی در محدوده‌های نزدیک به سد، تفسیر نحوه‌ی تغییرات نسبتاً آسان‌تر گردیده است *(براند[12]، ۲۰۰۰: ۳۷۶)*.

احداث سد سهند نیز در حوضه‌ی قرنقوچای با اقلیم نیمه‌خشک و با بستر لیتولوژیکی مساعد به بروز تغییرات سریع، آشفتگی‌های عمده‌ای در بستر و در دامنه‌های مشرف به دره‌ی اصلی پدید آورده است که در کوتاه‌مدت و درازمدت، می‌تواند تغییرات عمده‌ای دیگری نیز در محیط در پی داشته باشد. در این مقاله، سعی خواهد شد به نحوه‌ی این تغییرات اشاره گردد و در مورد تغییرات احتمالی بعدی، پیش‌بینی‌هایی صورت گیرد.

1- Lorang and Aggett
2- Morris and Vefan,Barro,Welman and William (به نقل از پیت)
3 -Azanon et al,
4-Amsler et al,
5-Wssmer et al,
6-Magilligan et al,
7-Chanson
8-Fassetta
9-Graf
10-Radoane
11-Sinha
12-Brandt

- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی محدوده‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی زهکشی قرنقو به وسعت ۳۵۹۲/۵ کیلومتر مربع، یکی از زیرحوضه‌های قزل‌اوزن می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی از ′۵۵ °۳۶ تا ′۵ °۳۷ عرض شمالی و از ′۲۵ °۴۶ تا ′۵۵ °۴۷ طول شرقی و در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند (استان آذربایجان شرقی) واقع شده است (شکل ۱) .



شکل ۱ : موقعیت جغرافیایی حوضه قرنقوچای

توپوگرافی این حوضه بسیار متنوع می‌باشد که علت این تنوع، مربوط به وقوع رخدادهای درونی و بیرونی در طی زمان‌های گذشته است. گنبدهای منفرد متعددی در سطح حوضه پراکنده شده است که کوه بزداغ با ارتفاع ۳۶۰۵ متر، از مرتفع‌ترین آنها بوده و در عین حال مرتفع‌ترین بخش حوضه نیز محسوب می‌شود. پست‌ترین نقطه‌ی آن نیز به ارتفاع ۱۰۴۳ متر، در بخش خروجی حوضه و در نزدیکی شهر میانه قرارگرفته است. حوضه قرنقو، توسط رودخانه اصلی قرنقو، با جهت جریان شرقی- غربی و همچنین چهار رودخانه‌ی فرعی، به نام‌های کلقان‌چای، سراسکندر (در شمال حوضه)، آلمالوچای، آتش‌بیگ، چینی بلاغ (در غرب)، شورچای و شورجه‌چای (در جنوب حوضه) زهکشی می‌شود، که هر یک از این رودخانه‌های فرعی، در قسمت قرنقوچای میانی به هم متصل، و رود اصلی قرنقو را تشکیل می‌دهند.

محدوده‌ی مورد مطالعه که در دامنه‌ی شرقی سهند واقع شده است اقلیم آن، متأثر از موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی محلی است. چرخندهای غربی، منبع عمده‌ی تزریق رطوبت به منطقه محسوب می‌شوند و با توجه به زمان ورود آنها ۸۵/۷ درصد بارندگی‌های منطقه، طی ماه‌های آبان تا اواخر اردیبهشت و بخش اعظم آن، در ماه‌های فروردین و اردیبهشت و ۳/۴ درصد آن نیز در فصل تابستان به وقوع می‌پیوندد. ضریب برف‌گیری سالانه‌ی حوضه، ۲۷ درصد می‌باشد. با توجه به پراکندگی بارندگی در طول سال، می‌توان گفت که رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای است. متوسط بارندگی سالانه کل حوضه ۴۰۳/۷ میلی‌متر می‌باشد که از این میزان، بطور متوسط ۳۳۲/۶ میلی‌متر تبخیر می‌گردد. با در نظر گرفتن میزان تبخیر و بارش، حجم آب خروجی ازحوضه، ۲۵۰/۴ میلیون متر مکعب برآورد شده است. متوسط حداکثر و حداقل دما در کل محدوده‌ی حوضه، به ترتیب ۱۴/۷، ۸/۳ و ۱/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد.

بخش اعظم حوضه، توسط رخساره‌های دوران سوم پوشیده شده است. رخساره‌های متعلق به این دوره، شامل گدازه، توف وایگنمبریت‌های ائوسن، نهشته‌های الیگومیوسن و بالاخره رخساره‌های سنگی پلیوسن، مشتمل بر مجموعه سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی سهند می‌باشند. تشکیلات متشکل از کنگلومرای قرمز، که در امتداد رودخانه آلمالوچای (یکی از شاخاب‌های عمده قرنقو) به ضخامت زیاد دیده می‌شود، مربوط به این دوره هستند. نهشته‌های قاعده‌ی پلیوسن در منطقه، شامل سنگ‌های آذرآواری ماسه‌ای و سیلتی، رس‌های ماسه‌ای به رنگ قرمز کم‌رنگ با درون لایه‌هایی از کنگلومرا و رس‌های سیلتی و لایه‌هایی از کنگلومرا است. این واحدها در هر جایی که درسطح زمین ظاهرشده‌اند، بیشترین میزان مواد را به دره‌ها رها ساخته‌اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

- مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا با پیمایش‌های میدانی، ویژگی‌های فرسایشی منطقه، بویژه نحوه‌ی فعالیت انواع فرآیندهای فرسایشی در بستر جریان رودخانه و شیب‌های مشرف به دره شناسایی و همچنین محدوده‌هایی با شدت رسوب‌دهی زیاد و فرسایش بالا تعیین شده و با مشخص شدن موقعیت آنها بر روی نقشه پیاده شده‌اند. سپس آمار رسوب و دبی و همچنین بارش ایستگاه‌های موجود در منطقه، بویژه ایستگاه قرنقو، جمع‌آوری و تجزیه تحلیل‌های لازم دیگر، از جمله تحلیل‌های کمّی صورت گرفته، روابط بین رسوب و دبی در ماه‌های مختلف سال مورد بررسی قرار گرفته است و بهترین رابطه‌ی ممکن به دست آمده و با توجه به اطلاعات‌میدانی جمع‌آوری شده از منطقه مورد نظر، با استناد به ضرایب حاصل، نتیجه‌گیری‌ها صورت گرفته است (شکل۲). برای بررسی نحوه‌ی سایش و میزان رسوبات حاصل از فعالیت

فرآیندهای فرسایشی در بالا و پایین‌دست سد احداث شده، سعی شده که کل حوضه از نظر موارد مذکور پهنه‌بندی و نقشه‌های مربوطه ترسیم شود تا با استناد به این نقشه‌ها، نتیجه‌گیری‌های لازم صورت گیرد. برای پهنه‌بندی شدت فرسایش و رسوب‌دهی حوضه، ابتدا حساسیت سازندهای منطقه به عوامل مختلف سایشی، تعیین شده و با استناد به مشاهدات میدانی و با تکیه به نتایج حاصل از محاسبات رسوب (با استفاده از روش P.S.A.I.C برای برآورد رسوب) و همچنین آمار موجود در ایستگاه خروجی حوضه (ایستگاه قرنقو)، طبقات سایشی ورسوب‌دهی حوضه در بخش‌های مختلف، به‌دست آمده است (شکل‌های ۸ و ۹). اما باید در نظر داشت که اکثر عوامل تأثیرگذار بر فرسایش، رسوب‌دهی و لغزش، کیفی بوده و با معیارهای کمّی قابل سنجش نیستند. بنابراین، باید تبدیل به مقادیر کمّی گردند. این کمّی‌سازی، با روش‌های مختلف و عمدتاً با وزن‌دهی صورت می‌گیرد. برای انجام عمل وزن‌دهی، باید بعضی از نقشه‌های مورد نیاز و داده‌های لازم تهیه شوند و سپس با توجه به میزان تراکم پدیده‌های مورد نظر در روی نقشه‌های عامل، محاسبات بعدی دنبال شوند. به همین دلیل و به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد به فرسایش، رسوب‌دهی و لغزش، عوامل مؤثر در وقوع پدیده‌های یاد شده، مدنظر قرار گرفته‌اند، و پراکندگی این عوامل، ابتدا به صورت نقشه مجزا تهیه و سپس رقومی شده‌اند. بعد از رقومی نمودن تمامی نقشه‌های مورد نیاز و تهیه پایگاه اطلاعاتی، عامل مورد نظر در رابطه با پراکندگی ریزش‌های سنگی، به صورت دو متغیّره با استفاده از رابطه (۱) تجزیه و تحلیل شده و به این ترتیب، تراکم ریزش‌های سنگی منطقه در روی یک واحد ویژه نیز مشخص شده است.

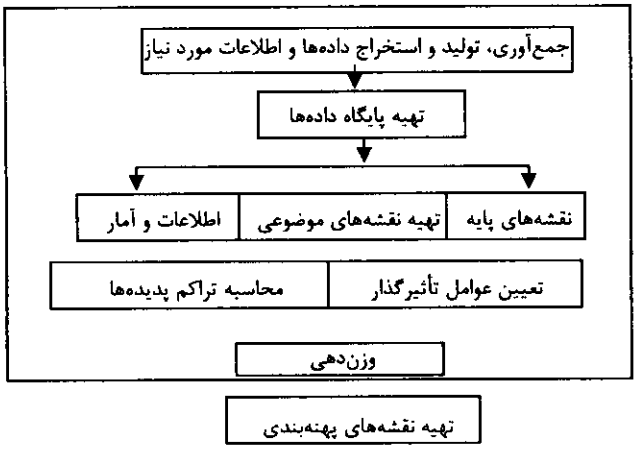
رابطه (۱) $D=1000*Npi(\ sxi)/Npxi(xi)$

در این رابطه :

D= تراکم هر متغیّر

Npix(sxi)= تعداد پیکسل‌های حرکات توده‌ای در داخل هر کلاس متغیّر

Npxi(xi) = تعداد پیکسل‌های هر کلاس متغیّر



شکل۲ : مراحل تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی

برای وزن‌دهی به عوامل و تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی شدت فرسایش، رسوب‌دهی و لغزش، ابتدا نقشه‌های محدوده‌های تحت انواع فرسایش، رسوب‌دهی و تحت لغزش بر روی نقشه عامل (به عنوان مثال نقشه واحدهای سنگ‌شناسی) قرار گرفته‌اند. بعد از کلاس‌بندی واحدهای مختلف (ID) در نقشه عامل (به عنوان مثال، نقشه لیتولوژی یا واحدهای سنگ‌شناسی)، تعداد پیکسل‌های هرکلاس (پیکسل‌های ۵۰ در ۵۰ متری) مدنظر قرارگرفته و در مرحله‌ی بعدی، تعداد پیکسل‌های محدوده پراکنش موارد مذکور بر روی کلاس مذکور، شمارش شده و با استفاده از تعداد پیکسل‌های شمارش شده، تراکم پدیده‌های یاد شده (D)، برحسب رابطه تحلیل دو متغیّره (رابطه ۱) محاسبه گردیده است. بعد از محاسبه تراکم (با استفاده از رابطه۱)، ارقام حاصل از محاسبه میزان تراکم پدیده‌های مذکور بر روی واحدهای ویژه، نرمال شده‌اند. برای محدوده‌هایی که تراکمی وجود نداشته (عدم وجود لغزش بر روی محدوده‌ی ویژه)، میزان واریانس محاسبه گردیده و ارقام واریانس، به عنوان وزن واحد ویژه در نظر گرفته شده است. بعد از طی مراحل مذکور، وزن‌دهی به عوامل، به عنوان مهمترین مرحله از روش، با استفاده از رابطه‌ی (۲) صورت گرفته است.

رابطه (۲) $W=1000*Npi(sxi)/Npxi(xi) - 1000 \sum Npi(sxi)/\sum Npxi(xi)$

در این رابطه :

W= وزن

Npix(sxi)= تعداد پیکسل‌های حرکات توده‌ای در داخل هر کلاس متغیّر

Npxi(xi) = تعداد پیکسل‌های هر کلاس متغیّر

بعد از وزن‌دهی به کلیه‌ی عوامل (به ترتیب فوق)، و تهیه‌ی جداول مربوطه، نقشه‌های پهنه‌بندی، میزان حساسیت بخش‌های مختلف منطقه به وقوع انواع فرسایش، میزان رسوب‌دهی و لغزش‌ها، در طی ۵ طبقه حساسیت،به دست آمده و در نهایت، نقشه پهنه‌بندی موارد مذکور ترسیم شده است (شکل‌های ۸ و ۹ و ۱۱). برای انجام پیشگویی‌های لازم در مورد نحوه‌ی تغییرات بستر جریان رودخانه در پایین‌دست سد، محل احداث سد با تمامی ویژگی‌های طبیعی بستر و دامنه‌های مشرف به بستر رودخانه در طی بازدیدهای میدانی مورد بررسی قرار گرفته است و برای بررسی اثر وقوع سیلاب‌های بزرگ، با استفاده از آمار دبی موجود و با به‌کارگیری روش گامبل، دوره‌های برگشت محاسبه شده و نتیجه‌گیری‌ها با استناد به نقشه‌ها و اعداد و ارقام حاصل از محاسبات صورت گرفته است.

بحث

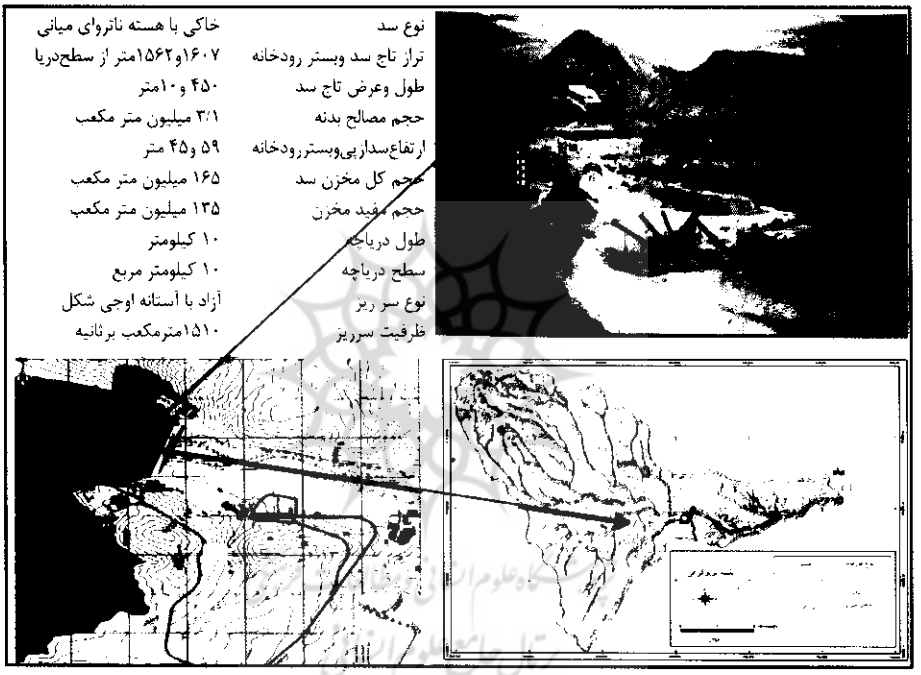
قبل از بررسی اثرات احتمالی سد بر تنظیمات نیمرخ طولی رودخانه و پیامدهای هیدرولوژی و ژئومورفولوژی آن در بخش‌های مختلف حوضه، ابتدا باید وضعیت کنونی سایش و رسوب‌دهی حوضه مورد مطالعه قرار گیرد تا با استناد به آنها، نتیجه‌گیری‌ها و پیش‌بینی‌های بعدی صورت گیرد اما باید مد نظر داشت که، فرسایش‌پذیری و رسوب‌دهی سازندهای سطحی، دو مفهوم کاملاً مترادف با یکدیگر نیستند، بلکه از نظر بعضی از جهات، با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند. میزان فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی به سرشت و جنس سنگ و سازندهای سطحی بستگی دارد. در حالی‌که رسوب‌دهی واحدهای سطحی، علاوه بر موارد مذکور، به حضور و فعالیت عوامل دینامیکی مختلف نیز، وابسته است. با توجه به چنین تفاوت‌هایی سعی شده است که شدت رسوب‌دهی و فرسایش‌پذیری حوضه قرنقو به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. اما قبل از بحث در مورد نحوه‌ی فرسایش و یا رسوب‌زایی در محدوده‌ای که سد بسته شده است، باید ویژگی‌های سد و محل آن ارایه گردد تا بر اساس این ویژگی‌ها، ارایه‌ی توضیحاتی در مورد تأثیرات آن امکان‌پذیرگردد.

الف- مشخصات سد و ویژگی‌های محل احداث آن

سد سهند و یا سد کورچینکلو، به عنوان یک سد خاکی (جدول۲)، در پرآب‌ترین حوضه‌ی کوهستان سهند بسته شده است. حوضه‌ی قرنقو، که دارای شاخاب‌های متعددی است که از برف‌های ارتفاعات سهند سرچشمه می‌گیرند. سد مذکور در بخش‌های میانی حوضه (شکل ۳) دو شاخاب عمده به نام کلقان چای و چینی بلاغ بهم می‌پیوندند، احداث شده است. حوضه یاد شده که دارای رژیم‌های برفی- بارانی است، همه ساله، بویژه در فصل بهار، سیلاب‌های بزرگی را تجربه می‌کند. احداث سد مذکور می‌تواند وقوع این سیلاب‌ها را در پایین‌دست سد مهار و

دریاچه پشت آن ویژگی‌های زیست محیطی را به طورکلی دگرگون سازد. در بخشی که سد احداث شده، روستاهای زیادی گسترده شده است، که احداث سد مذکور می‌توان زندگی روستاییان در روستاهای مذکور را از ابعاد مختلف، تحت تأثیر قرار دهد.

محل احداث سد (شکل۳)، درست در بالای طاق چین‌خوردگی بزرگ قبلی قرارگرفته و در محدوده‌های نزدیک به آن، گسل‌های فراوانی وجود دارد که تمامی آنها از فعال بودن تکتونیک منطقه در گذشته حکایت می‌کنند و فعالیت مجدد آنها نیز دور از انتظار نیست.



شکل۳: مشخصات، محل و عملیات احداث سد سهند و مواد انباشته شده در بستر ناشی از عملیات اجرایی

ب- وضعیت فرسایش‌پذیری سطوح مختلف حوضه (محدوده‌های پایاب و پشت سد سهند)

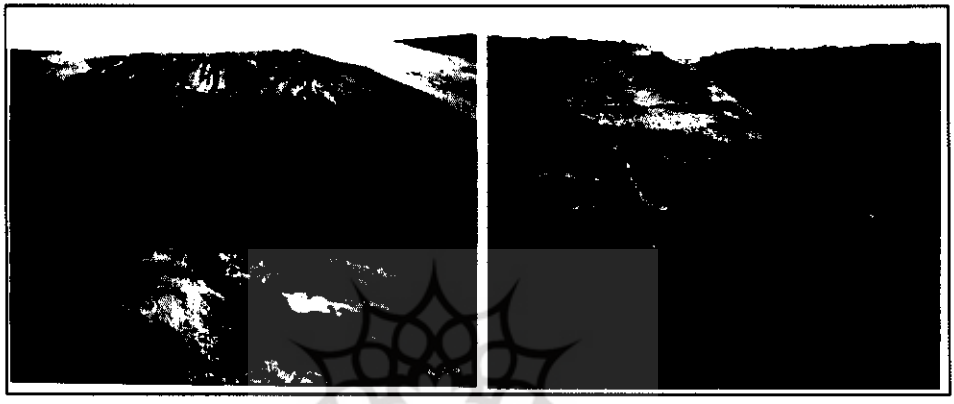
بررسی نقشه‌ی لیتولوژی حوضه و نتایج حاصل از پیمایش‌های میدانی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقاومت سنگ‌ها، به تناسب جایگاه و کیفیت گسترش و پژاکندگی آنها در مقابل انواع فرآیندهای فرسایشی، متفاوت می‌باشد. برخی از واحدها بسیار مقاوم و بعضی دیگر بسیار حساس و مستعد به فرسایش می‌باشد و در مواردی، مساعد به تولید انبوهی از مواد بر جا هستند. با عنایت به جنس سنگ‌ها و پراکندگی آنها در بخش‌های مختلف و همچنین با توجه به حجم و نوع مواد انباشته شده در پای سطوح سنگ‌ها و پای دامنه‌ها، و

توجه به نوع اشکال سایشی و نقش عوامل مختلف در سایش، حساسیت سایشی سازندهای حوضه‌ی مورد نظر، تعیین گردیده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که، در منطقه‌ی مورد مطالعه، کمترین حساسیت نسبت به فرسایش، مربوط به رخنمون‌های سنگ‌های آذرین (آندزیت، تراکی آندزیت و داسیت، ریوداسیت، بازالت) با پراکندگی در بخش‌های مختلف حوضه، بویژه شمال غرب و زبانه باریک و کشیده واقع در بخش شرقی حوضه می‌باشد و بیشترین میزان حساسیت، به ترتیب، به نهشته‌های آواری، شامل رسوبات آبرفتی در بستر جریان رودخانه و دشت‌های سیلابی، مخروط‌افکنه‌ها و رسوبات واریزه‌ای اختصاص دارد. فرسایش شیاری، توده‌ای و آبراهه‌ای در روی سازندهای مذکور مشاهده می‌شود. در اثر فعالیت‌های چنین فرآیندهایی، مواد زیادی وارد دره‌ها و آب‌های جاری می‌گردد.

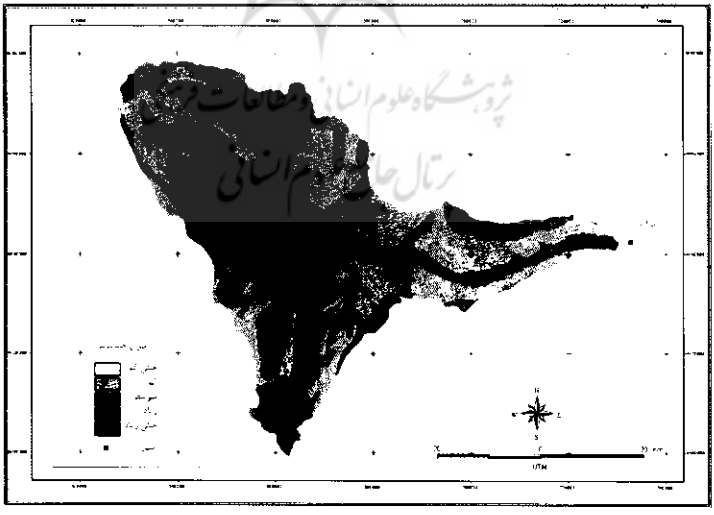
حساسیت نهشته‌های مارنی و ماسه‌سنگی حوضه در مقابل عوامل سایشی نسبتاً کم است. لاهارها و خاکسترهای آتشفشانی از دیگر نهشته‌های رسوبی و آذرآواری در گستره‌ی حوضه هستند که ۳۴/۱ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شود و از حساسیت نسبی بالایی در مقابل انواع فرسایش برخوردارند. این سنگ‌ها در مقابل هوازدگی و سایر اشکال فرسایشی متداول در منطقه، به سرعت تخریب می‌شوند و محصولات تخریبی حاصل، به اقتضای شرایط هیدرودینامیکی، توپوگرافی و... به اشکال مختلف در سطوح شیب‌ها جابجا می‌گردد و بخشی از آنها وارد دره‌ها می‌شوند و در اختیار آب‌های جاری قرار می‌گیرند. حدود ۱۰درصد از سطح حوضه‌ی قرنقو، به فرسایش توده‌ای، بویژه به وقوع لغزش حساس هستند. به همین دلیل، در بخش‌های مختلف آن به خصوص در بخش‌های بالادست حوضه، می‌توان وقوع انواع لغزش را در سطوح شیب‌ها مشاهده نمود. ویژگی‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، ریزش‌های جوی و ماندگاری برف (ماندگاری طویل المدت آن) از جمله عوامل طبیعی هستند که پتانسیل لغزش دامنه‌ها را بالا می‌برد. کشیدن جاده‌های خاکی و آسفالته و انواع بهره‌برداری‌ها از شیب‌ها، باعث بالفعل شدن وقوع چنین پدیده‌هایی شده است (شکل۴).

نوع و شیوه بهره برداری از اراضی حوضه در دهه‌های اخیر به مهمترین عامل تشدید فرسایش شیب‌ها تبدیل شده است. بهره‌برداری‌های نامناسب از سطوح شیب‌ها، باعث تشدید فرسایش آبی و در مواردی باعث تشکیل خندق‌های بزرگ گردیده است (شکل۴). از کل سطوح تحت پوشش گیاهی و تحت کشت حدود۵/۶ درصد به زراعت آبی و۷۱/۲ درصد به زراعت دیم اختصاص دارد و فقط ۲۳/۲ درصد آن به مراتع اختصاص دارد. در هر سه محدوده‌ی اخیر (اراضی آبی، دیم و مرتع)، فرسایش به انواع مختلف و در شدیدترین شکل ممکن آن در حال وقوع است. با عنایت به موارد مذکور و همچنین با توجه به پراکندگی انواع فرسایش در سطوح مختلف، نقش وقوع بارندگی‌های بهاری و پاییزی، نحوه‌ی گسترش شبکه زهکشی و نقش گسل‌ها در تحریک دامنه‌ها به وقوع لغزش و با تکیه به نتایج حاصل از مشاهدات میدانی، شدت فرسایش مورد ارزیابی، طبقه‌بندی و حوضه‌ی مورد مطالعه از نظر

شدت و ضعف فعالیت‌های فرسایشی، پهنه‌بندی شده است. همانگونه که در نقشه‌ی پهنه‌بندی شدت فرسایش مشاهده می‌شود (شکل۵)، فعالیت فرآیندهای سایشی در بخش‌های بالادست حوضه شدید است که در شرایط عادی، مواد حاصل از سایش باید به تدریج در بستر جاری و به پایین‌دست رودخانه حمل گردد و به تناسب توان رودخانه، در هر مقطعی از رودخانه انباشته و یا به حرکت خود ادامه دهند.



شکل ۴: استعداد دامنه‌های مشرف به دره اصلی به وقوع لغزش و روانه‌های گلی در بخش‌های بالادست حوضه قرنقوچای و کشت و شخم غیر اصولی در سطوح شیب‌دار

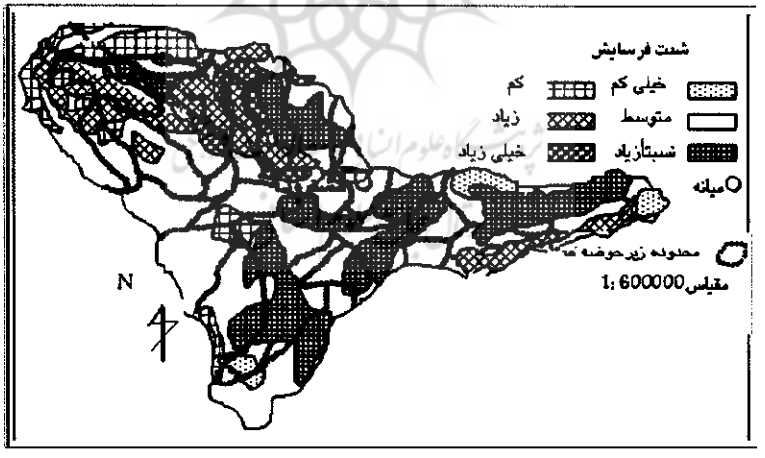


شکل ۵ : پهنه‌بندی مناطق بالقوه حساس به وقوع لغزش

با عنایت به مجموع مطالب مذکور، می‌توان برآورد نمود که در حدود ۴۷ درصد حوضه قرنقو، دارای شدت فرسایش کم و خیلی کم می‌باشد (شکل ۶) که می‌توان از طریق اعمال مدیریت‌های ساده و با هزینه بسیار کم و یا متوسط، توسط خود مردم و یا سایر بهره‌برداران، کنترل نمود. اما حدود ۵۳ درصد از حوضه‌ی قرنقو، دارای شدت فرسایش نسبتاً زیاد، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد و در واقع در وضعیت بحرانی قرار دارد و کنترل آن مستلزم سرمایه‌گذاری بسیار زیاد است و اعمال مدیریت ساده در چنین محدوده‌هایی، پاسخگو نیست و اگر در هر بخشی از قرنقوچای سدی بسته شود، مواد انباشته شده در پشت آن با توجه به وضعیت فرسایش حوضه در بخش‌های بالادست آن، زیاد خواهد بود.

ج- وضعیت رسوب‌دهی حوضه قرنقوچای (در محدوده پایاب و پشت سد)

پس از بررسی وضعیت فرسایشی حوضه، بویژه در بخش بالادست آن، تجزیه و تحلیل میزان رسوب‌دهی حوضه امکان‌پذیر خواهد شد. در نزدیکی خروجی حوضه‌ی مورد مطالعه، ایستگاه رسوب‌سنجی وجود دارد. مساحت حوضه‌ی بالادست ایستگاه مورد نظر، بالغ بر ۳۵۲۶ کیلومترمربع است که به مساحت کل حوضه (با مساحت ۳۵۹۲ کیلومتر) بسیار نزدیک می‌باشد. بنابراین، می‌توان با استناد به داده‌های حاصل از این ایستگاه، میزان و نحوه‌ی رسوب‌دهی حوضه را در ماه‌های مختلف سال مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.



شکل۶: پهنه‌بندی شدت فرسایش در بخش‌های مختلف حوضه‌ی قرنقوچای

طبق تجزیه و تحلیل‌های آماری صورت گرفته (جدول ۳)، تنها ماه‌هایی که دبی با رسوب کاملاً منطبق است، ماه‌های بهمن و آذر می‌باشد، یعنی در ماه‌هایی که شیب‌ها (شیب‌های منتهی به دره‌ها) از فعالیت‌های انسانی رها شده‌اند و این سطوح در زیر برف‌های ضخیم قرار

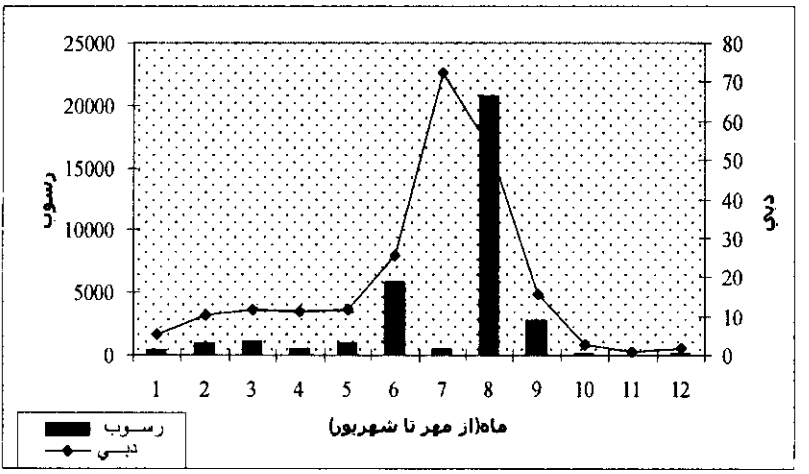
گرفته‌اند. بقیه ماه‌ها به نسبت تغییرات فصلی و نوع و زمان ریزش و نحوه‌ی فعالیت‌های انسانی، تغییراتی را نشان می‌دهند. در ماه آبان که زمین‌های تحت کشت قبلی رها شده‌اند شیب‌ها مستعد به رها نمودن مواد زیادی هستند و همچنین در ماه‌هایی مانند تیر و خرداد و شهریور، که دامنه‌ها تحت فعالیت‌های شدید مرتع داری وکشت دیم و آبی هستند، بیشترین مواد را به آب‌ها رها می‌سازند. بنابراین، بین تغییرات دبی و رسوب، انطباق کامل وجود دارد. در ماه اردیبهشت، به لحاظ رها شدن آب از تکه‌های برفی منطقه،شیب‌ها و تشدید فعالیت‌های ناشی از سایش برف (فرسایش برفساب)، آغاز فعالیت‌های انسانی، فرآیند فرسایش در سطوح دامنه‌ها فعال بوده و به لحاظ شروع بارندگی‌های مدیترانه‌ای و تحریک دامنه‌ها به وقوع لغزش‌ها، بیشترین مقدار رسوب به آبراهه اصلی وارد می‌گردد.

وقوع حرکات توده‌ای اغلب در روی شیب‌های تند صورت می‌گیرد که در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر واقع شده‌اند. در چنین دامنه‌هایی، ماندگاری طویل‌المدت برف و وجود بستر مساعد، که عمدتاً از مواد آذر آواری و توف‌ها تشکیل شده‌اند، باعث می‌شود که مواد دامنه‌ای در فصول بهار و پاییز، در اثر اشباع شدن در اثر بارندگی‌ها و یا آب حاصل از ذوب برف به پایین بلغزند و بار بستری رودخانه‌ها را افزایش دهند.

جدول ۱ : ضرایب رگرسیونی رابطه‌ی بین داده‌های دبی و رسوب، با استناد به داده‌های ایستگاه قرنقو (ایستگاه بخش خروجی حوضه)

نوع تابع/ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
خطی y=b0+b1x	۰/۹۴	۰/۶۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۶
درجه۲ y=b0+b1x+b2x	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۱	۱	۰/۹۹	۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	۰/۹۹	۰/۹۹
لگاریتمی y=b0+b1lnx	۰/۸۴	۰	۰	۰/۹۷	۰	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۸۱	۰/۹۳	۰/۹۸	۰/۸۴
معکوس y=b0+b1/x	۰	۰	۰	۰	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۶۶	۰/۸۸	۰/۹۴	۰/۶۵

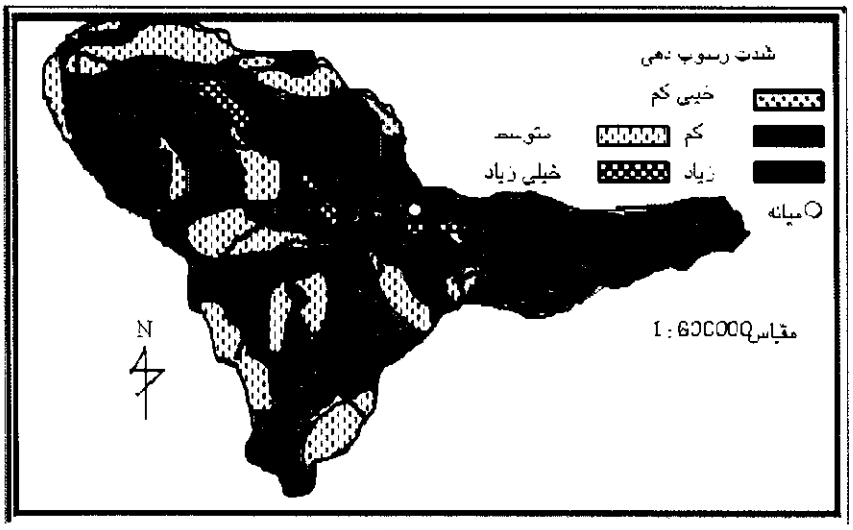
علاوه بر این که در مقدار رسوب در رابطه با دبی در ماه‌های مختلف، تغییراتی مشاهده می‌شود، در فصول مختلف نیز مقدار رسوب در رابطه با دبی متفاوت است. این تفاوت، محاسبه‌ی مقدار رسوب را دشوار می‌سازد (شکل۷).



شکل۷: مقدار رسوب (به تن) و دبی (متر مکعب بر ثانیه) در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه قرنقوچای

کل مقدار رسوب خروجی ازحوضه درسال،طبق اطلاعات مستخرج از ایستگاه انتهایی حوضه، برابر۳۱۰۴۳۰۴ تن می‌باشد که با توجه به مساحت حوضه، رسوب ویژه، معادل با ۸/۸ تن در هکتار است که این میزان، از بالا بودن رسوب در حوضه حکایت می‌کند.

در این مطالعه، علاوه بر استناد به داده‌های رسوب ایستگاه خروجی حوضه، از روش تجربی نیز برای محاسبه رسوب در زیرحوضه‌های کوچک، استفاده شده است. محاسبه‌ی رسوب در زیرحوضه‌ها با استفاده از روش P.S.I.A.C و جمع مقادیر محاسبه شده، نشان می‌دهد، که مقدار رسوب‌دهی در هر هکتار ۷ تن می‌باشد که این مقدار کمی از مقدار حاصل از برآورد ایستگاه رسوب‌سنجی انتهای حوضه (۸/۸ تن در هکتار) کمتر است. اما با توجه به نزدیکی مقادیر به یکدیگر، می‌توان با استفاده از روش مذکور، حوضه را از نظر شدت رسوب‌دهی، پهنه‌بندی نمود (شکل۸).



شکل۸ : پهنه‌بندی شدت رسوب‌دهی حوضه قرنقوچای

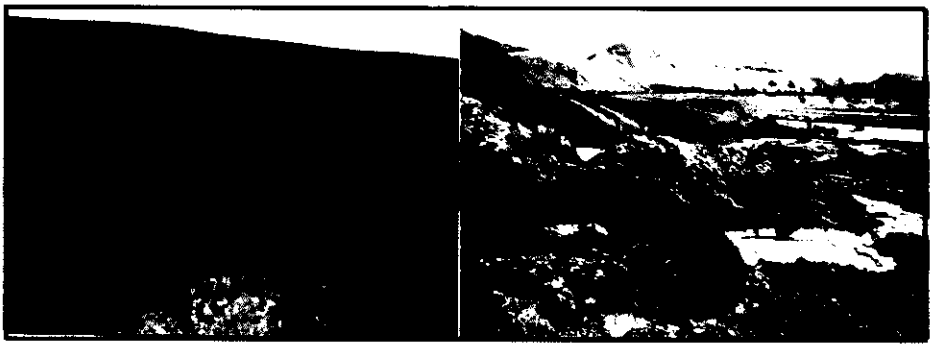
با عنایت به نقشه‌ی پهنه‌بندی شدت رسوب‌دهی حوضه، می‌توان گفت که بخش‌های رسوب‌دهی کم، منطبق با بسترهای متشکل از مواد آذرین سخت، مانند بازالت و آندزیت و بخش‌های رسوب‌دهی زیاد، منطبق با مواد آذرآواری هستند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی می‌توان مشاهده نمود که بیش از ۹۰ درصد از سطح حوضه تحت رسوب‌دهی زیاد قرار گرفته است، که بخش اعظم محدوده‌هایی با ویژگی رسوب‌زایی باشدت بالا، در بخش‌های بالادست حوضه قرار گرفته‌اند.

د- اثرات احداث سد سهند در تغییر عملکرد فرآیندهای فرسایشی و رسوب‌دهی حوضه‌ها در پشت سد

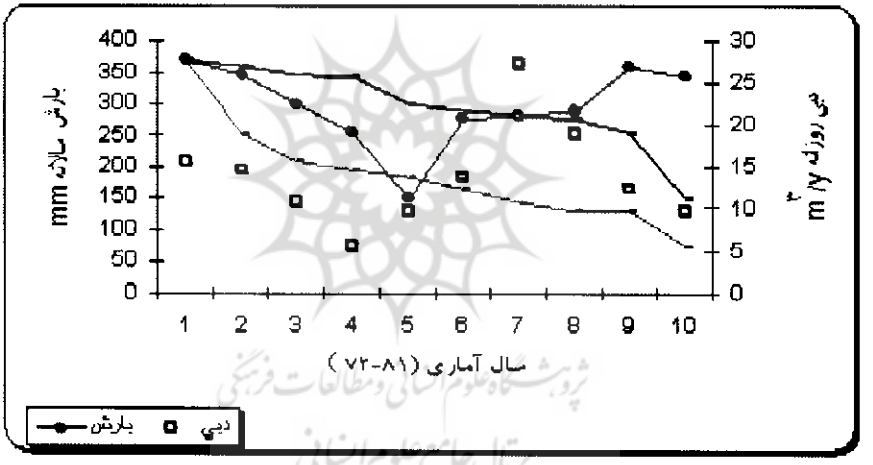
اگر به محل احداث سد سهند در محدوده‌ی حوضه قرنقوچای و بر روی رودخانه‌ی قرنقو توجه شود، مشخص می‌شود که سد مذکور دقیقاً در محلی بسته شده است که در بالادست آن فعالیت‌های فرسایشی به انواع مختلف (فرسایش شیاری، توده‌ای و...) و در شدیدترین حالت ممکن درحال انجام می‌باشد، به همین دلیل رسوب‌دهی حوضه در بالادست آن، زیاد است. اگر به نسبت رسوب‌دهی و فرسایش پایین‌دست و بالادست محلی که سد بسته شده است توجه شود، مشاهده می‌شود که محدوده‌هایی با نسبت رسوب‌دهی زیاد در بالادست آن قرار گرفته است که بعد از بسته شدن سد، مواد حاصل در پشت آن جمع خواهند شد که این میزان طبق نتایج حاصل از روش P.S.I.A.C و نتایج حاصل از داده‌های ایستگاه‌های رسوب‌سنجی و با در نظر گرفتن مساحت حوضه، ۲۴۷۰۱۵۸ تن درسال خواهد بود.

برای بیشتر رودخانه‌ها، بویژه رودخانه‌هایی که در مناطق نیمه‌خشک جاری هستند، در شرایطی که بستر و کناره‌ها از فرسایش‌پذیری زیادی برخوردارند، سرآب حوضه‌ها، بیشتر از ۷۵ درصد بار رسوبی رودخانه‌ها را تهیه می‌کنند. در این مناطق، سیستم سرآب‌ها، نواحی مشخص از حوضه‌های رودخانه‌ای هستند که به لحاظ ویژگی‌هایی که دارند، از نظر تهیه و در اختیار گذاشتن مواد رسوبی، قابل توجه هستند. با توجه به مقدار محاسبه شده، این مقدار در حوضه‌ی قرنقوچای در محدوده‌ی بالادست سد، ۶۶/۱۶ درصد است. به لحاظ ویژگی‌های لیتولوژیکی جایگاه احداث سد سهند، سد مذکور می‌تواند تمامی موادحاصل از سایش بخش‌های بالادست را از بخش‌های پایین‌دست، مجزا سازد. یا بخش مهمی از بار رها شده از بالادست رودخانه‌ها را از رسیدن به پایین‌دست متوقف سازد. بررسی نقشه پهنه‌بندی شدت سایش حوضه نشان می‌دهد که بین ۵۰ تا ۸۰ درصد سطوح بالادست سددارای شدت فرسایش زیاد و خیلی زیاد می‌باشد و بین ۴۰ تا ۸۰ درصد از سطح زیرحوضه‌های پایین‌دست دارای شدت فرسایش کم و خیلی کم می‌باشد که این امر می‌تواند حجم رسوب‌گذاری در مخزن سد را افزایش دهد. حجم رسوب‌گذاری که در مخزن توسط مهندسین آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی محاسبه شده است، ۱/۵ میلیون متر مکعب در سال است. اگر به این میزان مواد حاصل از آشفتگی دامنه‌ها و لغزش‌های کناری دره‌ها نیز اضافه شود مسلماً مقادیر حاصل بیش از این مقدار خواهد شد. سد سهند بردو دامنه، با ویژگی‌های کاملاً متفاوت از نظر ویژگی‌های فرسایش‌پذیری بسته شده است. به عبارت بهتر، در دامنه‌های مقابل در محل احداث سد، ویژگی‌های سایشی دامنه‌ها یکسان نیستند. یکی از دامنه‌ها کاملاً مستعد به لغزش است که در صورت آبگیری و گسترش محدوده‌ی دریاچه‌ی پشت آن، انبوهی از مواد به صورت توده‌ای به داخل دریاچه فرو خواهد ریخت. در حالی‌که دامنه‌ی مقابل، متشکل از گنبدهای نمکی است که در شرایط کنونی، آب‌های کاملاً شور ناشی از سایش آن به دریاچه پشت سد هدایت می‌شوند، در صورت گسترش محدوده‌ی دریاچه، آب‌های آن، با گنبدهای نمکی تماس خواهند یافت که این امر، به حل شدن بیشتر مواد دامنه‌ای و شور شدن آب دریاچه و افزایش بار رسوبی پشت آن منجر خواهد شد (شکل۹). اگر به روند کاهش بارش و دبی نیز توجه شود (شکل۱۰) شور شدن آب پشت سد و کاهش کیفیت آب آن قابل تأمل خواهد بود.

تغییراتی که در محدوده‌ی روستاهای مشرف به دره‌ها و همچنین در مزارع صورت گرفته، بر شدت رسوب‌زایی دره‌ها افزوده است. مشاهدات میدانی و بازدید از روستاهای حوضه، که اغلب در کناره دره‌ها و بر روی شیب‌های تند مستقر شده‌اند، نشان می‌دهد که بیشتر روستاهای بالادست حوضه به علت خشکسالی‌های اخیر و عدم توجه به مشکلات اجرایی روستاییان، خالی از سکنه و مزارع متروک شده‌اند (شکل۹) که این امر خود باعث شده است که حجم مواد رها شده به دره‌ها و در نهایت به آب‌های جاری بیش از گذشته شود.



شکل۹: جریان آب‌های شور به دریاچه پشت سد و سایش گنبدهای نمکی و روستاهای ترک شده و مزارع متروک و دامنه‌های تحت فرسایش در روستاهای واقع در بالا دست سدسهند



شکل۱۰: روند کاهش در بارش و دبی در سال‌های آماری ۸۱- ۷۲ در ایستگاه قرنقو

ذ - اثرات سد در تغییر و تنظیمات بستر اصلی در پایین‌دست آن

آنچه که از نظر ژئومورفولوژی اهمیت دارد، تغییراتی است که در عملکرد فرآیندهای سایشی در پایین‌دست رودخانه بعد از احداث سدرخ می‌دهد. تسریع در فعالیت فرآیندهای فرسایشی بعداز احداث سد و تغییر در آرایش جریان رودخانه در آبراهه‌ی اصلی در پایین‌دست، از جمله تغییراتی است که پیامدهای بعدی نیز همراه خواهد داشت.

سد سهند که از نوع خاکی با سرریز جانبی است که کنترل آب در کناره و در ابتدای کانال تخلیه سرریز قرار دارد و جریان آب پس از عبور از تاج به داخل کانال باریک می‌ریزد و پس از یک چرخش تقریباً ۹۰ درجه‌ای، به آبراهه‌ی اصلی تخلیه و هدایت می‌شود. چنین پیچش‌هایی

در آب‌های تخلیه شده از سد در فرسایش بستر جریان و سرعت‌گیری آن از نظر حمل بار و عمیق‌تر نمودن بستر از اهمیت زیادی برخوردار هستند. با افزایش عمق، انرژی قابل دسترس برای حمل و فرسایش در دسترس قرار می‌گیرد و در یک سرعت بحرانی مواد بستر به بار رسوبی افزوده می‌شود. اهمیت این امر در بستری مانند قرنقوچای، که توسط پوشش گیاهی کناره‌ای حفاظت نمی‌شود، از نظر افزایش بار رسوبی، قابل ملاحظه است. کارهای ساخت و ساز سد و مواد حاصل از آشفتگی دامنه‌ها و مواد بر جای گذاشته شده از انواع دخل و تصرف در شیب‌ها از جمله احداث جاده‌های موقت برای اجرای عملیات ساخت سد، بار رسوبی سد را می‌تواند تا میزان ۵۰ درصد افزایش دهد، اما به لحاظ اینکه سد از رسیدن شاخاب‌های تولید رسوب، به بخش‌های پایین‌دست جلوگیری می‌کند، در دراز مدت، می‌تواند میزان تولید رسوب و انتقال آن را به پایین‌دست رودخانه، کاهش دهد. در واقع سد در بخشی از آبراهه‌های اصلی وظیفه‌ی به تله انداختن رسوبات را به عهده می‌گیرد که این توقف در یک رگبار مجزا، از ۳۳ تا ۹۹ درصد متغیّر است. این میزان در مورد سد سهند، به لحاظ فرسایش‌پذیری شیب‌های بالادست، در بالاترین میزان است.

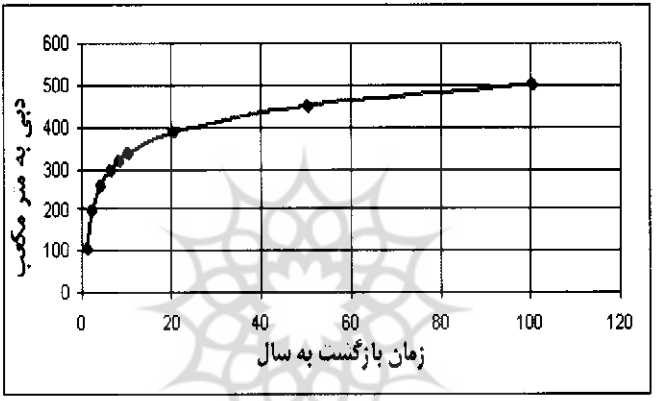
تغییرات در فرآیندهای فرسایشی و تنظیمات در بستر رودخانه، توسط محققین در مناطق مختلف *(کوچک ارسلان و همکاران[1]، ۲۰۰۵ : ۱۰۷۵ وکروپ[2]، ۲۰۰۵ :۱۶۷)* گزارش شده است. تغییر در میزان فرسایش (فرسایش عمودی) در پایین‌دست سد در بستر رودخانه‌ها، بطور متوسط ۳۰ میلی‌متر درسال و حداکثر بطور محلی ۵۰۰ میلی‌متر در سال گزارش شده است *(پیترز[3]،۲۰۰۵ : ۳)*. این میزان در رودخانه‌هایی که کناره‌های بستر آنها از فرسایش‌پذیری بالایی برخوردار می‌باشد، در حداکثر است. با احداث سد، تشدید در فعالیت‌های فرسایشی به محدوده‌ی نزدیک سد محدود نشده بلکه به طرف پایین دست جابه‌جا خواهد شد، که متوسط این جابه‌جایی بیشتر از ۳۰ کیلومتر در سال در بسترهای شنی است. علاوه بر فرسایشی عمودی در بستر رودخانه‌ها، باریک شدگی در بستر جریان رودخانه‌ها بعد از احداث سد بسیار محسوس است. میزان این باریک‌شدگی تا ۵۰ درصد نیز گزارش شده است که بخش اعظم این تغییرات در ۱۰ سال اول رخ می‌دهد که این میزان تغییرات در ۱ تا ۲ سال اول محسوس خواهد بود. تغییرات مذکور ممکن است در مورد سد سهند به تأخیر بیافتد. چرا که با توجه به روند کاهش در بارش و دبی (شکل ۱۵) حوضه که کاهش در قدرت رودخانه را در پی خواهد داشت، می‌تواند میزان تنظیمات بستر را از نظر زمانی طولانی سازد. تنظیمات در بستر که به صورت مختلف و تغییرات در عمق، پهنا و در نحوه آرایش جریان رودخانه جلوه‌گر می‌شود، با تشدید در فعالیت فرآیندهای فرسایشی و تغییر در میزان رسوبگذاری در بخش‌هایی از مسیر رودخانه نیز همراه است. با عنایت به این که در شرایط کنونی، پهنای بستر سیلابی قرنقو در محل احداث سد، ۳۵۰ متر است. یعنی محدوده‌ای که در مواقع سیلابی، بخش اعظم آن را در

1- Kucukarslan et al,
2- Korup
3- Petts

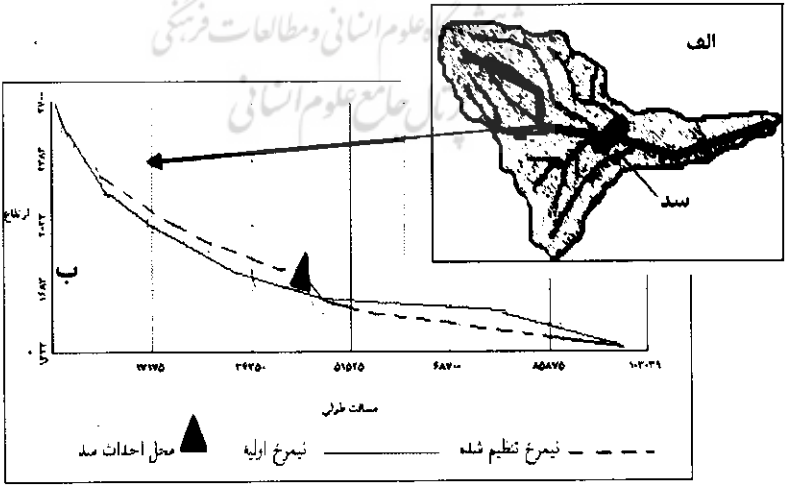
بر می‌گیرد و در شرایط عادی در اثر تغییر در آرایش جریان، می‌تواند تمامی سطح آن به نحوی تجربه کند، با بستن سد این پهنا می‌تواند به چند مترکاهش یابد. با کاهش در پهنای بستر، جریان در یک کانال کوچک محدود شده که این امر باعث می‌شود که بستر جریان کم‌کم عمیق‌تر گردد و در عین حال بر سرعت و قدرت جریان افزوده شود و در محدوده‌ای دورتر از سد، زمانی که جریان از محدودیت کانال رها می‌شود، با عنایت به انرژی مازادی که دارد، پیچان‌دار شود. در محدوده نزدیک به سد نیز رودخانه با عمیق‌تر نمودن در بستر آبرفتی تراس‌هایی تشکیل شود که تشکیل این پدیده‌ها، شواهد بسیار مستندی از تغییرات در نیروی سایش رودخانه خواهند بود. البته تمامی این تغییرات حاکی از بروز بی‌تعادلی در سیستم‌های زهکشی و سعی رودخانه برای رسیدن به تعادل مجدد و تلاشی برای جبران میزان بار رسوبی خود است. عمده تغییرات در فعالیت فرآیندهای فرسایشی و در بستر رودخانه‌ها، به هنگام وقوع سیلاب‌ها رخ می‌دهد. با توجه به این که مواد زیادی از پس مانده‌های مواد در پایین دست سد باقی مانده است و با عنایت به این که پهنای بستر جریان در پایین‌دست سد کاهش می‌یابد، نیروی تمرکزیافته‌ی آب‌های جاری در بستر، قدرت سایشی بالایی را پیدا می‌کند. قبل از توضیحات اضافی باید اذعان نمود که کمّی‌سازی این اطلاعات در مورد سد سهند که چند سالی از احداث آن نگذشته و هنوز به بهره‌برداری کامل نرسیده است، بسیار دشوار و حتی غیرممکن می‌باشد و صرفاً می‌توان با تکیه بر قوانین هیدرولیکی، تغییرات احتمالی را پیش‌بینی و پیشگویی نمود. با توجه به گستردگی دشت سیلابی بستر جریان رودخانه قرنقو در پایین‌دست سد، پراکندگی پوشش گیاهی در کناره‌ها در بخش قیطانی، رودخانه‌ی مذکور پس از احداث سد، در اثر کانالیزه شدن در یک بستر باریک، امکان سیراب نمودن بخشی از پوشش گیاهی بستر را نخواهد داشت. این امر باعث خواهد شد که بخشی از پوشش گیاهی در محدوده‌ی کناری بستر از بین برود و بخش دیگری از پوشش گیاهی به بسترهای میانی کشیده شوند و در شرایط اکولوژیکی محدوده مورد نظر، تغییرات عمده‌ای پدید آید. اما در شرایط سیلابی، پوشش گیاهی در وسط دشت سیلابی، بخشی از رسوبات را به تله خواهند انداخت که این امر در تنظیم بعدی بستر آبراهه اصلی اثر خواهد کرد و نحوه‌ی انباشتگی مواد در بستر را تعیین خواهد نمود، بنابراین وقوع سیلاب‌های بعدی از اهمیت زیادی برخوردار هستند (پیتز[1]، ۲۰۰۵ : ۱۷). چون تنظیمات بیشتر توسط سیلاب‌ها و اغلب توسط سیلاب‌های بزرگ رخ می‌دهد، بررسی زمان برگشت سیلاب‌های بزرگ برای بررسی نحوه‌ی تنظیمات بستر با اهمیت خواهد بود. اگر دوره‌های برگشت سیلاب‌های بزرگ و سیلاب‌های احتمالی آینده را مورد توجه قرار دهیم، مشخص خواهد شد که اوج سیلاب‌هایی که بستر رودخانه قرنقو می‌تواند آنها را در طول سال‌های مختلف تجربه کند، چگونه می‌تواند وضعیت تنظیمات رودخانه را تحت تأثیر قرار خواهد داد (شکل ۱۲). با توجه به نمودار ترسیمی، اولین تنظیمات

1- Petts

احتمالی در سال‌های اولیه با اولین سیلاب (و با ۱۰۰ متر مکعب) و تنظیمات بعدی در سیلاب‌های بعدی صورت خواهد گرفت. حال اگر با عنایت به تمامی موارد مذکور، سیلاب‌های بعدی که اوج آنها با وجود سد، زیاد بالا نخواهد بود، رخ دهد، علاوه بر تنظیمات در نیمرخ عرضی، مهمترین تغییرات و تنظیمات در رابطه با احداث سد، در نیمرخ طولی رخ خواهد داد (شکل۱۲) که این تنظیمات به محدوده‌ی نزدیک سد محدود نشده، بلکه موج‌های آن، با شدت کمتر، می‌تواند به بالاتراز بخش‌های پشت سد و پایین‌دست سد نیز ادامه یابد. با در نظر گرفتن چنین تغییراتی، نیمرخ طولی رودخانه‌ی قرنقو به صورت نیمرخ‌های ترسیم شده در شکل ۱۲ خواهد بود.



شکل۱۱: دوره‌های برگشت دبی‌های حداکثر درروخانه قرنقوچای



شکل۱۲: الف- محل برش نیمرخ و محل سد درحوضه زهکشی قرنقو ب- نیمرخ‌های طولی قبل و بعد از احداث سد (تنظیمات در نیمرخ طولی در پشت و پایاب سد)

نتیجه‌گیری

حوضه‌ی قرنقوچای، در منطقه کوهستان نیمه‌خشک سهند قرار دارد و از رسوب‌زایی بالایی برخوردار است. این حوضه از رسوب‌زاترین زیرحوضه‌های قزل‌اوزن نیز محسوب می‌شود. رودخانه‌ی قرنقو که از به هم پیوستن چندین شاخاب عمده تشکیل یافته است، در یک بستر لیتولوژیکی فرسایش‌پذیر جاری است. سد سهند که در بخش کاملاً فرسایش‌پذیر این بستر احداث گردیده، علاوه بر مزایایی که در اهداف آن پیش‌بینی شده است، می‌تواند باعث تغییراتی در ویژگی‌های هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی بسترهای بالادست و پایین‌دست حوضه گردد. در واقع، آنچه که از نظر ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی، بررسی اثرات سد سهند را در بستر رودخانه قرنقو ایجاب می‌کند، تغییرات و تحولاتی است که در مکانیسم‌های فرسایشی شاخاب‌های بالادست حوضه و تماس آب دریاچه پشت سد با دامنه‌هایی با درجه حلالیت بالا (گنبدهای نمکی) در یک‌سو و ناهمواری‌های مستعد به لغزش در دیگر سو و همچنین تغییرات و تنظیماتی است که در پایین‌دست سد، در بستر اصلی رودخانه پدید آورده و در آینده نیز پدید خواهد آورد که در این مقاله به آنها اشاره شد .

احداث سدهای متعدد درحوضه‌ی نیمه‌خشک مانند حوضه‌ی قرنقو که عمدتاً با محوریت انسان و در غالب موارد، یک‌سویه بوده، به بروز مسایل عمده‌ای، از قبیل بحران مدیریت و تغییرات محیطی، منجرشده و چالش‌های جدی بعدی را نیز به همراه داشته است .دراین منطقه، برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات عمرانی (عمدتاً احداث سدها و بندها) بدون نگرش سیستمی به حوضه‌ها و شبکه‌های رودخانه‌ای صورت‌گرفته و می‌گیرد و عملکرد چندسویه‌ی سیستم‌های رودخانه‌ای مد نظر قرار نمی‌گیرد. در اثر این بی‌توجهی‌ها، انسان در واقع، اجزای سیستم‌ها را به گونه‌های مختلف به چالش می‌طلبد، که نتیجه‌ی منفی چنین چالش‌هایی در درازمدت متوجه ساکنان این حوضه خواهد بود. با عنایت به کاهش ۴۰ درصدی در بارش و۲۱ درصدی در دبی حوضه‌ی قرنقو در طی۱۰ سال گذشته و ادامه این روند کاهش در سال‌های آینده، با توجه به تغییرات در اقلیم جهانی و همچنین با مد نظر قرار دادن افزایش تبخیر در آب دریاچه پشت سد در آینده، از میزان آب‌های تخلیه شده از سدها و از سیلاب‌ها، به بسترهای پایین‌دست کاسته خواهد شد که این کاهش، در نحوه‌ی تنظیم نیمرخ طولی دره‌ها و آرایش جریان رودخانه‌ها در بسترهای سیلابی پایین‌دست سد تأثیرخواهد گذاشت و در چنین محدوده‌هایی، اختلال عمده‌ای در کارکرد سیستم‌های طبیعی، پدید خواهد آورد.

بطورکلی با توجه به آنچه که مطرح شد می‌توان گفت که سیستم‌های رودخانه‌ای، ازجمله سیستم‌های بسیار حساس هستند که در پاسخ به بی‌تعادلی‌های پدید آمده، تغییراتی را در نیمرخ طولی خود، برای رسیدن به تعادل مجدد پدید آورده و می‌آورند که سیستم زهکشی در حوضه‌ی قرنقو نیز از این قاعده مستثنی نیست. احداث یک سد در مسیر رودخانه، می‌تواند تغییرات عمده‌ای را در کارکرد سیستم‌ها پدید آورد و در بخشی، حتی ممکن است ویژگی‌های

منطقه‌ای را بطورکامل متحول و دگرگون سازد. بطوری‌که طبق گزارشات ارایه شده، در مواردی، آسیب‌های وارده به طبیعت در اثر احداث یک سد در حوضه‌های کوهستانی تا تهدید جدی اکوسیستم‌های طبیعی رودخانه‌ها نیز پیش رفته است. این تغییرات، از هنگام احداث سد، با بروز آشفتگی‌های جدی در سطوح دامنه‌ها شروع و تا ۴۰ سال بعد از احداث سد نیز ادامه می‌یابد. میزان تغییرات و دگرگونی‌ها در مناطق نیمه‌خشک، به لحاظ ویژگی‌های طبیعی حاکم، به مراتب بارزتر از سایر نقاط است.

منابع مآخذ

۱- روزنامه ایران (۱۳۸۴). *ذخیره آب سدهای کشورکاهش یافت*، ۵ آبان.

۲- وفائیان، محمود (۱۳۸۴). *اطلاعات اجرایی در مورد سدهای خاکی*، انتشارات ارکان.

3- Amsler,L.M.,C.G.Ramonell and H,A.Toniolo (2005) Morphologic changes in the Parana river channel in the light of the climate variability during the 20th century. Geomorphology.70: 257-278.

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

5- Brandt, S. A(2000) Classification of geomorphological effects downstream of Dams. Catena .40:375-401.

6- Butler, D, R and G, P. Malanson (2005) The geomorphology influences of beaver dams and failures of beaver dams.Geomorphology.71:48-60.

7- Chanson, H (2005) The 1786 earthquake - triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu river,sputhwestern China.Geomorphology.65:173-344.

8- Fassetta, G, A., E, Cossart and M,Fort (2005) Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the upper Guil catchment.Geomorphology.66:41-67.

9- Graf, W, L (2005) Geomorphology and American dams: The scientific, social, and economic contex.Geomorphology.71:3-26.

10- Korup, O (2005) Geomorphology hazard assessment of landslide dams in south westland.Geomorphology.66:167-188.

11- Kucukarslan, S, S, B.Coskun and B, Taskin (2005) Transient analysis of dam-reservoir interaction including the reservoir bottom effects.Journal of fluids and structures.20:1073-1084.

12- Lorang, M. S and G, Aggett (2005) Potential sedimentation impacts related to dam removal. Geomorphology. 71: 182-201.

13- Magilligan, F. J and K, H. Nislow (2005) Changes in hydrologic regime by dams. Geomorphology. 71: 61-78.

14- Marston, R, A, J, D. Mills, D, R.Wrazien, B, Bassett and D, K. Splinter.(2005) Effects of Jackson Lake dam on the Snake river and its floodplain,Grand Teton national park. Geomorphology.Article.71:80-99.

15- Petts, G, E (2005) Dams and geomorphology. Geomorphology .Vol, 40, 3-25.

16- Radoane,M and N,Radoano (2005) Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania.Geomorphology.71:112-125.

17- Sinha,R.,V,Jain.,P,Babu and S,Ghosh (2005) Geomorphic characterization and diversity of the fluvial systems if the Gangetic plains.Geomorphology.70:185-420.

18- Wssmer,P.,J.L.Schneider.,N,Pollet and C, S.Voirin (2004) Effects of the internal structure of a rock-avalanche dam on the drainage mechanism of its impoundment. Geomorphology.61:3-17.