نشریه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۴، شماره‌ی ۲۷، بهار ۱۳۸۷، صفحات ۲۱۴ - ۱۸۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۳/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۵/۱۲/۲۸

# اثرات احداث سد در تغییر عملکرد فرایندهای فرسایشی و نهشته‌گذاری در حوضه‌ی رودخانه‌ی قرنقوچای واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند

مریم بیاتی‌خطیبی [۱]

## چکیده

سدها از مهم‌ترین و عمده‌ترین سازه‌های مهندسی در حوضه‌های آبریز و بستر رودخانه‌ها هستند که می‌توانند تغییرات عمده‌ای در رژیم رودخانه‌ها، در فعالیت فرایندهای ژئومورفولوژی، بیولوژیکی و اکولوژیکی ایجاد کنند..در حوضه‌ی آبریز قرنقوچای، سیل هر ساله عمده‌ترین منبع درآمد ساکنین روستاهای این حوضه یعنی اراضی کشاورزی و باغی را تهدید و یا تخریب می‌نماید. در این حوضه به منظور کاهش خسارات ناشی از سیل، سدهای متعددی در بخش‌های مختلف آن احداث شده و سدهای دیگری نیز درحال احداث و یا در دستور کار احداث قرار دارند. با عنایت به این که حوضه‌ی قرنقوچای یکی از رسوب‌زاترین حوضه‌های سهند است و نیز با توجه به حاکمیت اقلیم نیمه‌خشک که مؤلفه‌های آن در چنین اقلیمی عکس‌العمل‌های سریعی را در مقابل تغییرات نشان می‌دهند، احداث سدها در چنین حوضه‌ای با پیامدهای متعددی همراه خواهد شد. یکی از عمده‌ترین آنها، افزایش میزان تبخیر آب دریاچه‌ی پشت سدها، تغییر در موقعیت عملکرد فعالیت فرایندهای سایشی و نهشته‌گذاری در بالا و پایین دست آنها و تغییر در آرایش جریان رودخانه‌ها در پایین دست سدها است. هر یک از این تغییرات در بستر و کناره‌ی رودخانه‌ها به نحو بارزی و به صورهای مختلف، منعکس شده و این تغییرات در آینده‌ی نزدیک آشکارتر خواهد شد که در این مقاله نحوه‌ی چنین تغییراتی بررسی و نوع تغییرات پیش‌بینی شده است.

## واژگان کلیدی

سدها، سد سهند، حوضه‌ی قرنقوچای، رودخانه‌ی قرنقوچای، اثرات سدها، تغییرات ژئومورفولوژیکی.

---

۱- دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز. m.bayati@tabrizu.ac.ir.

## مقدمه

مقدار بارشی که به طور سالانه به زمین نازل می‌شود، ۱۱۹ میلیون مترمکعب است که ۶۱ درصد آن به آتمسفر برمی‌گردد و تنها ۴۷ میلیون مترمکعب آن به زمین و مردم آن باقی می‌ماند (Sternberg, 2006, P. 174).

این مقدار باقی‌مانده نیز از نظر زمانی و مکانی، در سطح زمین به طور یکسان توزیع نمی‌شود. بنابراین برای استفاده‌ی بهینه از آب‌های سطحی، باید به نحوی آنها مهار شوند. سدها و بندها، یکی از مهم‌ترین سازه‌های مهندسی برای ذخیره‌ی آب‌های سطحی و همچنین مهار سیلاب‌های فصلی هستند. این سازه‌ها که برای اولین بار در ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد بر روی رودخانه‌ها ساخته شدند (Brierly and Fryirs, 2005, P. 210)، به پیشرفت تمدن‌های اولیه کمک نمودند.

اما با وجود مزایای متعددی که در محدوده‌ی بهره‌برداری، از قبیل کاهش در فراوانی و بزرگی اوج‌های سیلاب‌ها، امکان دسترسی به آب در سال‌های کم آبی و یا بی‌آبی و همچنین، با گذشت زمان به عنوان منبع تولید برق آبی داشتند، با افزایش تعداد آنها، تعادل سیستم‌های طبیعی بر هم خورد و ساخت آنها، علاوه بر نتایج مثبت اقتصادی و اجتماعی، با پیامدهای متعدد ژئومورفولوژیکی، بیولوژیکی و اکولوژیکی همراه شد. در گذشته، به علت این که تعداد سدها کم و ارتفاع آنها نیز زیاد نبود، تغییرات در بستر رودخانه‌ها هم چندان قابل ملاحظه نبود. اما با افزایش تعداد آنها، تغییرات به وجود آمده در حوضه‌ها محسوس و در مواردی به حد بحرانی رسیده است.

در طول ۱۰۰ سال اخیر، از لحاظ پاسخ‌گویی به نیازهای آبی روزافزون، تعداد سدهای احداث شده بر روی رودخانه‌ها افزایش یافته است. قبل از سال ۱۹۵۰، تعداد و ارتفاع سدها چندان قابل ملاحظه نبود. اما به نظر می‌رسد از دهه‌ی ۱۹۵۰ تا سال ۱۹۷۱، تعداد سدهایی که ارتفاع آنها بیش از ۱۵ متر بود، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است، به طوری که طبق بررسی‌های به عمل آمده در طول دهه‌ی ۱۹۶۰، در هر روز، حدوداً ۲

سد بر روی رودخانه‌ها احداث شده است (Petts, 2005, P. 3)، با توجه به تغییرات در وضعیت اقتصادی و اجتماعی جوامع و در نتیجه تغییر و افزایش در بعضی از نیازها، عملیات سدسازی در طول قرن حاضر نیز ادامه خواهد یافت، به طوری که طبق پیش‌بینی‌ها، در ده سال آینده بیش از ٤٠٠٠٠ سد با ارتفاع بیش از ۱۵ متر و ٤٠٠ پروژه‌ی عظیم آبی طراحی و اجرا خواهد شد. با توجه به این که ٤٠ درصد غذای دنیا از کشت آبی تأمین می‌شود و مقدار آب مصرفی آن به بیش از ۲/۵ میلیون مترمکعب می‌رسد و همچنین به علت این که رشد سریع جمعیت و گسترش شهرها، نیاز به کشت آبی را افزایش خواهد داد و روند سدسازی نه به شدت چند دهه‌ی گذشته همچنان ادامه خواهد یافت. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۵ از ۸/۵ میلیارد نفر، ۵ میلیارد آن در شهرها متمرکز خواهند شد که از این ۵ میلیارد نفر ۳ میلیارد نفر از کمبود آب رنج خواهد برد (Petts, 2005, P. 7). کمبود آب در بخش اعظم کره‌ی زمین، به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک به موضوع جهانی تبدیل خواهد شد. با توجه به این که بیش از ۸۵ درصد سدها، عمر مفید خود را کرده‌اند و عمر مفید بیشتر آنها در ۲۰۲۰ به پایان خواهد رسید (Lorang, 2005, P. 1)، ادامه‌ی سدسازی در آینده اجتناب‌ناپذیر و در نتیجه افزایش پیامدهای آن از ابعاد مختلف، به ویژه از دیدگاه ژئومورفولوژیکی اجتناب‌ناپذیرخواهد بود. به همین دلیل اغلب محققان معتقدند که سدها از نظر ژئومورفولوژی غیرقابل قبول، اما از نظر اجتماعی و اقتصادی، غیرقابل اجتناب هستند (Sternberg, 2006, P. 195) لزوم سدسازی از بعد دیگری نیز قابل بررسی است. با رشد جوامع، میزان نیاز به نیروی برق آبی و انرژی الکتریسته افزایش می‌یابد. که این نیاز با ساخت سدها و افزایش تعداد آنها امکان‌پذیر می‌شود (جدول ۱).

**جدول شماره‌ی (۱) میزان مصرف الکتریسیته در سرتاسر جهان، به ویژه در کشورهای آسیایی، از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۰ (Sternberg, 2006, P. 192) در این جدول Δ% تفاوت مصرف انرژی برق آبی در سال‌های مختلف و KWh/p/y (کیلو وات در ساعت در سال) میزان مصرف انرژی برق آبی بر حسب ساعت در سال**

| سال ودهه | ۱۹۵۰ | | ۱۹۶۰ | | ۱۹۷۰ | | ۱۹۸۰ | | ۱۹۹۰ | | ۲۰۰۰ | | ۲۰۰۰-۱۹۵۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مصرف‌کنندگان محدوده‌ها | KWh/p/y | Δ% | KWh/p/y | Δ% | KWh/p/y | Δ% | KWh/p/y | Δ% | KWh/p/y | Δ% | KWh/p/y | Δ% | Δ% |
| دنیا | | ۳۸۳ | ۷۶۳ | ۱۰۰ | ۱۳۴۷ | ۷۷ | ۱۶۰۱ | ۱۹ | ۲۳ | ۳۹ | ۲۱۷۵ | ۱۲ | ۵۴۸ |
| آسیا | | ۴۱ | ۱۲۲ | ۱۹۸ | ۲۷۹ | ۱۲۹ | ۵۱۰ | ۸۳ | ۸۱۷ | ۶۰ | ۱۲۸۸ | ۵۸ | ۳۰۴۱ |
| بنگلادش | | – | | – | | | | ۳۰ | ۷۰ | ۱۳۳ | ۱۱۳ | ۶۱ | ۲۷۷ |
| چین | | ۸ | ۹۰ | ۱۰۲۵ | ۱۴۲ | ۵۸ | ۳۰۵ | ۱۱۵ | ۵۱۶ | ۷۹ | ۱۰۵۷ | ۹۳ | ۱۳۱۱۳ |
| کامبوج | | | | ۱۱ | ۱۹ | ۷۳ | ۱۶ | -۱۶ | ۸ | -۵۰ | ۱۷ | ۱۱۲ | ۹۱۸ |
| هند | | ۲۰ | ۴۷ | ۱۳۵ | ۱۱۱ | ۱۳۶ | ۱۷۳ | ۵۶ | ۲۳۶ | ۹۴ | ۵۴۳ | ۶۲ | ۲۶۰۵ |
| ئندزنزی | | ۱۰ | ۱۵ | ۵۰ | ۱۹ | ۲۷ | ۴۶ | ۱۴۲ | ۲۴۰ | ۴۲۲ | ۴۷۳ | ۹۷ | ۶۶۳۰ |
| ایران | | | | | | ۲۳۸ | ۸۶ | ۴۴۲ | ۱۰۲۶ | ۱۳۲ | ۱۸۲۷ | ۷۸ | ۶۶۸ |
| عراق | | ۲۳ | ۱۲۴ | ۴۳۹ | ۲۹۴ | ۱۳۷ | ۶۰۶ | ۱۰۶ | ۱۵۴۱ | ۱۵۴ | ۱۳۳۰ | -۱۴ | ۵۶۸۳ |
| ژاپن | | ۵۴۱ | ۱۲۳۹ | ۱۲۹ | ۳۵۰۹ | ۱۸۳ | ۱۹۴۹ | ۴۱ | ۶۹۴۴ | ۴۰ | ۸۶۰۳ | ۲۴ | ۱۴۹۰ |
| کره شمالی | | | | ۸۶۸ | ۱۱۸۸ | ۳۷ | ۱۹۰۶ | ۶۵ | ۲۴۰۷ | ۲۶ | ۱۴۷۴ | -۴۰ | ۷۰ |
| کره جنوبی | | ۲۱ | ۷۰ | ۲۴۳ | ۳۰۷ | ۳۳۰ | ۱۰۴۹ | ۲۴۹ | ۲۷۷۵ | ۱۶۵ | ۶۲۴۳ | ۱۲۵ | ۲۹۶۲۹ |
| لائوس | | | | ۶ | ۲۸ | ۳۶۷ | ۵۶ | ۱۰۰ | ۸۸ | ۵۷ | ۹۵ | ۸ | ۱۴۸۳ |
| مالزی | | | | | | ۳۴۶ | ۷۳۴ | ۱۲۵ | ۱۳۷۹ | ۸۷ | ۲۹۷۷ | ۱۱۶ | ۸۱۳ |
| منوئستان | | ۲۸ | ۱۱۴ | ۱۳۰۷ | ۴۳۹ | ۲۸۵ | ۱۱۹۴ | ۱۷۲ | ۱۷۱۷ | ۴۴ | ۱۳۰۲ | -۲۴ | ۴۵۵۰ |
| میانمار | | | | ۴۰ | ۲۲ | ۱۰ | ۳۸ | ۷۳ | ۶۲ | ۶۳ | ۱۰۶ | ۷۱ | ۴۳۰ |
| نپال | | ۱ | | ۱ | ۷ | ۶۰۰ | ۱۷ | ۱۴۳ | ۴۰ | ۱۳۵ | ۶۷ | ۶۸ | ۶۶۰۰ |
| پاکستان | | ۶ | ۲۲ | ۲۴۰ | ۶۰ | ۱۷۳ | ۱۷۵ | ۱۹۲ | ۳۵۸ | ۱۰۵ | ۷۳۸ | ۳۳ | ۹۴۶۰ |
| فیلیپین | | ۳۶ | ۹۸ | ۱۷۲ | ۲۳۱ | ۱۳۶ | ۲۷۳ | ۶۲ | ۴۲۲ | ۱۳ | ۵۹۳ | ۴۰ | ۱۰۴۷ |
| عربستان سعودی | | | | | | ۱۸۶ | ۲۰۴۹ | ۱۰۰۸ | ۳۳۰۴ | ۶۴ | ۵۹۰۸ | ۷۶ | ۳۰۹۴ |
| سری لانکا | | ۱۹ | ۳۱ | ۱۸۳ | ۶۵ | ۱۱۰ | ۱۱۳ | ۷۴ | ۱۸۳ | ۶۲ | ۳۵۱ | ۹۳ | ۳۱۱۸ |
| سوریه | | ۴۶ | ۸۱ | ۷۶ | ۱۵۱ | ۴۶ | ۴۲۸ | ۱۸۳ | ۸۴۶ | ۹۸ | ۱۳۸۶ | ۶۴ | ۲۹۱۳ |
| تایلند | | ۴ | ۲۲ | ۴۵۰ | ۱۲۴ | ۴۶۴ | ۳۴۲ | ۱۷۶ | ۸۴۰ | ۱۴۶ | ۱۶۴ | ۹۹ | ۴۱۷۵۰ |
| ترکیه | | ۳۸ | ۱۰۲ | ۱۶۸ | ۲۴۴ | ۱۳۹ | ۵۸۴ | ۱۳۹ | ۱۰۱۷ | ۷۱ | ۱۸۰۳ | ۷۷ | ۴۶۴۵ |
| ویتنام | | | | ۲۸ | ۵۰ | ۷۹ | ۷۱ | ۴۲ | ۱۳۱ | ۸۵ | ۳۶۲ | ۱۶۱ | ۱۱۲۱ |
| روسیه وشوروی سابق | | ۵۰۷ | ۱۳۶۳ | ۱۶۹ | ۳۰۴۳ | ۱۲۳ | ۴۸۰۲ | ۵۸ | ۵۸۵۶ | ۲۲ | ۵۹۳۷ | ۱ | ۱۰۷۱ |
| آفریقا | | ۶۶ | ۱۲۸ | ۹۴ | ۲۴۴ | ۹۱ | ۳۲۱ | ۳۲ | ۴۸۶ | ۵۱ | ۵۲۴ | ۸ | ۶۹۴ |
| اروپا | | ۷۷۳ | ۱۶۰۷ | ۱۰۸ | ۳۰۷۷ | ۹۲ | ۴۵۵۱ | ۴۸ | ۵۷۱۰ | ۳۶ | ۵۱۶۸ | -۹ | ۵۶۹ |
| اقیانوسیه | | ۱۰۱۹ | ۱۹۶۰ | ۹۲ | ۳۶۲۰ | ۸۵ | ۵۳۲۲ | ۴۷ | ۱۰۶۰۰ | ۹۷ | ۸۳۶۲ | -۲۱ | ۷۲۱ |

افزایش مصرف برق کشورهای مختلف جهان از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۰ مؤید این واقعیت است که با رشد کشورها، مصرف برق آنها و در نتیجه نیاز به ساخت سدهایی با ارتفاع بیشتر نیز افزایش یافته است (جدول ۱). شاید در بین کشورهای جهان، میزان سدسازی در ایران، در پاسخ به انواع نیازها، بیشتر از هر کشور دیگری بوده است

(جدول ۱). در ایران مصرف برق از دهه‌ی ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۰۰ بـه طور قابـل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (جدول ۱) و با توجه به رشد جمعیت و روند توسعه در ایران، در سال‌های آینده نیز این روند ادامه خواهد یافت. در کشور ما، در چند دهه‌ی گذشته، سدهای متعددی برروی رودخانه‌های مختلف احداث شده است که ۵ سری از این سدها از ۱۰۰۰ مگاوات تا ۳۰۰۰ و ۲ سری از آنها ٤۰۰ مگاوات تا ٦٤۰ مگاوات انرژی تولید خواهند نمود (Sternberg, 2006, P. 188). افزایش نیاز به سدسازی و الزام در پاسخ‌گویی سریع به این نیاز موجب شده است که به پیامدهای متعدد آنها، به ویژه به پیامدهای ژئومورفولویکی چنین سازه‌هایی در بخش‌های مختلف رودخانه، چندان توجهی نشود.

سابقه‌ی سدسازی در ایران از لحاظ وضعیت اقلیمی حاکم به گذشته‌ی دور برمی‌شود. یکی از سدهای بزرگ باستانی که بقایای آن تا به امروز نیز باقی مانده است مربوط به سد جره، با قدمت ۱۷۰۰ سال، متعلق به دوره‌ی ساسانیان در منطقه خوزستان است که امروزه به دلیل کم توجهی طراحان سد جدید، سد باستانی یاد شده در معرض قرارگیری در زیر آب دریاچه سد جدیـد است[1]. وجود چنین سـد باستانی لزوم پاسخ‌گویی به ذخیره‌ی آب در ایران باستان را نشان می‌دهد.

رودخانه‌ها از اشکال دینامیک سیستم‌های طبیعی هستند که هر تغییری که در بخشی از آن، به‌دست انسان و یا به طور طبیعی رخ دهد، اثرات آن در طی زمان به اجزاء دیگر و در نهایت به کل سیستم منتقل می‌شود (رجائی، ۱۳۷۲، ص۱۰۹). اولین تأثیر احداث سدها، تغییر در کارکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی است که تاثیر این تغییرات نیز، به صور گوناگون در نیمرخ طولی و عرضی بستر رودخانه متجلی می‌یابد. تغییرات اقلیمی، تغییرات تکتونیکی و جزء آن، از جمله عوامل طبیعی هستند که مـی‌توانند تـغییراتی را

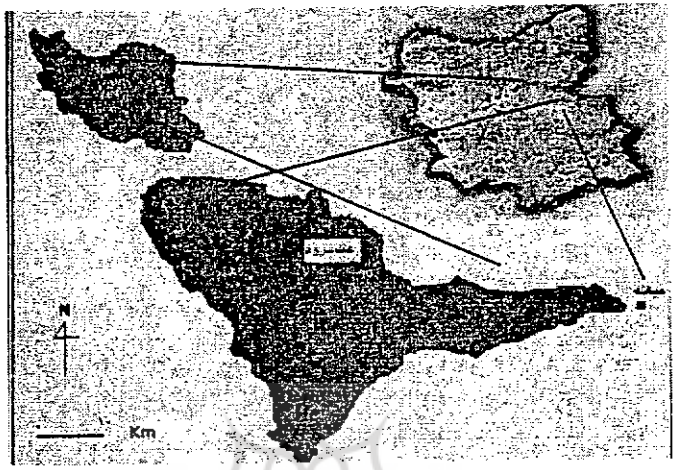
---

۱- سد جدید که بر روی رودخانه‌ی کرخه احداث شده است، به هنگام آبگیری کامل، سـد باستانی جره با قـدمت ۱۷۰۰ سال را به زیر آب خواهد برد. شایان ذکر است که این بی‌توجهی، در مورد سد سیوند نیـز صـورت گرفتـه است که سـد مذکور به هنگام آبگیری کامل، آثار باسـتانی دوره‌ی هخامنشیان را زیر آب خواهد برد.

در نیمرخ طولی، عرضی و به طور کلی در بسترجریان رودخانـه‌ها و همچنین در شیب‌های مشرف به دره‌ها به وجود آورند. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی و حضور ساختارهای مختلف دست‌ساز انسان، به ویژه سدها درحوضه‌های زهکشی و استقرار آنها در بستر رودخانه‌ها، تغییرات عمده‌ای در مسیر آب‌های جاری پدید آورده است که اثرات آنها در مقایسه با نـقش عوامل طبیعی در بروز تغیـیرات، بسیار شـدیدتر می‌باشد. استقرار سدها در بعضی از حوضه‌های زهکـشی نـواحی نیـمه‌خشک، که از حساسیت فـوق‌العاده‌ای برای بـروز هـر تغییری برخوردارند، باید با تأمل بیشتری نسبت به پیامدهای مختلف آنها صورت گیرد.

احداث سدهای متعـدد و از جمله سد بزرگ سـهند 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 که در آینده‌ی نه چندان دور نیز این تغییرات برجسته‌ترخواهد شد و به دنبال خود تغییرات دیگری نیز در بستر و دامنه‌های مشرف به بستر، در پی خواهند داشت. حوضه‌ی زهکشی قرنقوچای به وسعت ۳۵۹۲/۵ کـیلومترمربع، یـکی از زیـرحوضـه‌های قزل‌اوزن مـی‌باشد که در موقعیت جـغرافـیایی از ۴۶°/۲۵p تا ۴۷°/۵۵p طول شرقی و از ۳۶°/۵۵p تا ۳۷°/۰ عرض شمالی و در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند (استان آذربایجان‌شرقی) واقع شده است (شکل ۱). سد سهند در قسمت میانی حوضه‌ی مذکور و در محل اتصال دو سرشاخه‌ی عمده (کلقان و قپان) احداث شده است. با عنایت به این که سد مذکور در اردیبهشت ۱۳۸۵ به بهره‌برداری رسیده و هنوز ارایه‌ی نمونه‌های عینی از بروز تغییرات در محدوده‌ی سد، بسیار زود است، در این مقاله، سعی شده است. ضمن ارایه‌ی نمـونه‌هایـی از تغییرات ثابت شـده ناشی از احداث سـدها در بستر سـایر رودخانه‌ها، و با استناد به ویژگی‌های طبیعی حوضه و رودخانه‌ی قرنقو، (با تکیه به تجربیات حاصل از بروز تغییرات در مناطق مشابهی که سد در آنها احداث شده) به

تحلیل تغییرات احتمالی ناشی از احداث سد سهند در بستر رودخانه مذکور، پرداخته شود.




*شکل شماره‌ی (۱) موقعیت حوضه‌ی قرنقوچای*

## مواد و روش ها

در این تحقیق، با استفاده از نقشه‌های متعدد زمین‌شناسی، توپوگرافی (با مقیاس‌های مختلف)، محدوده‌ی مورد نظر شناسایی و سپس بر پایه‌ی مشاهدات صحرایی و گزارشات سازمان‌های مختلف در رابطه با ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی، منابع آب و جزء آن مطالعه و نتایج ارایه شده است. برای بررسی میزان بارش در بخش‌های مختلف حوضه‌ی آمار ایستگاه‌های متعدد در طی کلیه‌ی سال‌های آماری استخراج و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با استفاده از نرم‌افزار Arc/view داده‌های بارش تجزیه و تحلیل شده و نقشه‌های هم بارش سالانه و فصلی ترسیم شده است. برای بررسی نوسانات دبی روزانه و سالانه‌ی داده‌های دبی در ایستگاه‌های آب‌سنجی مستقر در بخش‌های مختلف رودخانه‌ی اصلی قرنقو و رودخانه‌های فرعی، استخراج و برای درک قدرت سیلاب‌ها در سال‌ها و فصول مختلف، نوسانات دبی‌های حداکثر

بررسی شده است. به منظور بررسی تلف شدگی آب، تبخیر و تعرق پتانسیل، براساس روش تورنث وایت محاسبه شده است و در نهایت با استناد به تمامی مشاهدات صحرایی و همچنین نتایج حاصل از محاسبات و با تکیه بر ویژگی‌های سدهای مستقر در حوضه و ویژگی‌های طبیعی محل استقرار آنها، پیش‌بینی‌هایی در زمینه‌ی نحوه‌ی تغییر و تحولات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی صورت گرفته است.

## بحث

احداث سدها در حوضه‌ی قرنقوچای در این برهه‌ی زمانی با عنایت به روند تغییرات آب و هوایی در منطقه، افزایش جمعیت و تلاش مدیران برای استفاده بهینه از رواناب‌های سطحی با اهداف مختلف، اجتناب‌ناپذیر است. با این دیدگاه در سه دهه‌ی گذشته، سدهای متعددی بر روی رودخانه‌های منطقه احداث شده است بدون این که به پیامدهای مختلف آن در درازمدت (به ویژه پیامدهای هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، بیولوژیکی و اکولوژیکی آنها) توجه شود. با افزایش تعداد سدها و ارتفاع آنها پیامدهای ناشی از احداث آنها نیز برجسته‌تر شده است. حوضه‌ی پرآبی مانند قرنقوچای با بسترهای مساعد توپوگرافی، توجه طراحان سازه‌های آبی را به خود معطوف داشته است. یکی از سدهای بزرگی که در قسمت‌های میانی این حوضه احداث شده، سد سهند است که از اردیبهشت ۸۵ آبگیری آن آغاز شده است. در این مقاله سعی بر این است که لزوم احداث چنین سدی و سدهای مشابه در محدوده‌های کوهستانی، همچنین، پیامدهای ژئومورفولوژیکی، اکولوژیکی و هیدرولوژیکی احتمالی آن مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

## لزوم احداث سد در حوضه‌ی قرنقوچای

یکی از اهداف اولیه در احداث سدها، کاهش سیلاب‌ها وخسارات ناشی از وقوع آنها بر اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی است. تحقیقاتی که از دهه‌ی ۱۹۶۰ و۱۹۷۰

صورت گرفته، نشان می‌دهد که سدها بر روی وقوع سیلاب‌های بزرگ تأثیر عمده‌ای گذاشته‌اند. به عنوان مثال، در اثر احداث سدهای عظیم بر روی رودخانه‌های بزرگ اروپا، از میزان وقوع سیلاب‌های بزرگ، با زمان برگشت ۵۰ سال، به میزان ۲۰ درصد و از وقوع سیلاب‌هایی با زمان برگشت ۱۰ سال، به میزان ۷۵ درصد کاسته شده است.

در حوضه قرنقوچای، به عنوان یکی از پرآب‌ترین حوضه‌های سهند، رودخانه اصلی و رودخانه‌های فرعی، هر ساله سیلاب‌های بزرگ و کوچکی را تجربه می‌کند. وقوع این سیلاب‌ها، موجب وارد آمدن خسارات سنگین بر اراضی کشاورزی، دام‌ها و حتی موجب تلفات جانی می‌شود. جدول ۲، خسارات ناشی از وقوع سیل در روستاهای حوضه‌ی قرنقوچای و زمان وقوع آنها را در طول ۳۰ سال گذشته، نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول ۲ می‌توان گفت که بخش‌های مختلف حوضه، در معرض تهدید سیلاب‌ها به ویژه در ماه‌های بهاری (در اردیبهشت و خرداد) قرار دارند. وقوع سیلاب‌ها با زمان بارش‌های بهاری و زمان ذوب برف‌های ارتفاعات همزمان است (رژیم‌های برفی –بارانی). با توجه به این که در بخش‌های میانی حوضه معمولاً اراضی کشاورزی، در دشت‌های سیلابی مستقر شده‌اند و محل تمرکز سیلاب‌ها نیز بخش‌های میانی حوضه است بیشتر خسارات وارده نیز به اراضی کشاورزی واقع در بخش‌های یاد شده است.

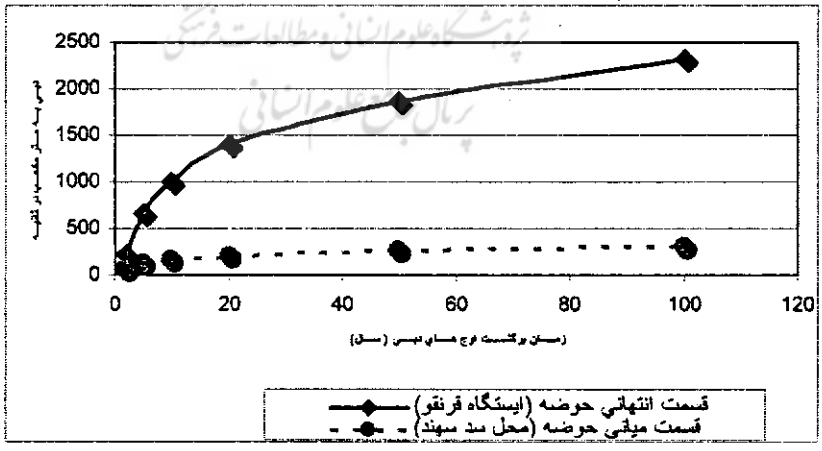
در منطقه‌ی مورد مطالعه، بخش اعظمی از ارتفاعات منطقه، عمدتاً تحت کشت محصولات دیمی است، اراضی آبی در تراس‌های رودخانه‌ای مانند رودخانه‌ی قرنقو، کلقان چای و نیز پیرامون شورچای در داخل دشت‌های سیلابی قرار گرفته‌اند. لذا در این محدوده‌ها، سیل هر ساله، عمده‌ترین منبع درآمد ساکنین روستاهای حوضه‌ی قرنقو، یعنی اراضی کشاورزی و باغی را تهدید و یا تخریب می‌نماید. البته شایان ذکر است که، خسارات وارده در اطراف رودخانه‌های اصلی و فرعی متفاوت است. همان‌گونه که ذکر شد، در اطراف رودخانه‌های اصلی، عمده‌ی خسارات وارده ناشی از وقوع سیل،

مربوط به اراضی کشاورزی و باغات می‌باشد و ممکن است در این محدوده‌ها علاوه بر اثرات مستقیم، وقوع سیل و فرسایش توده‌ای ناشی از آن، موجب از بین رفتن اراضی زراعی نیز شود. در اطراف رودخانه‌های فرعی، به علت این که اراضی قابل توجهی وجود ندارد، خسارات وارده نیز کمتر است. ساکنین محلی، بخش قابل توجهی از زمین‌های واقع در حاشیه‌ی آبراهه‌های فرعی را به کشت درختان اختصاص داده‌اند. این امر باعث شده است که در مواردی، ظرفیت کشش آبراهه‌ها کم شود و در نتیجه موجب افزایش یا بالا آمدن سطح آب شود و باعث وارد شدن خسارات به محدوده‌های باغی شود.

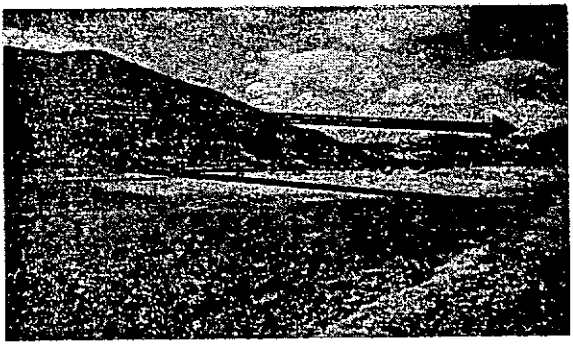
استعداد سیل‌خیزی در حوضه، توسط عوامل متعددی کنترل می‌شود که شکل عمومی و تعداد مراکز ثقل حوضه، از مهم‌ترین آنها است. با عنایت به این که شکل حوضه در قسمت‌های بالادست نیم‌دایره و در قسمت پایین دست باریک و طویل است، در بخش میانی حوضه و در محل احداث سد ــ که در واقع محل تمرکز تمامی آب‌های حوضه است ــ استعداد زیادی برای وقوع سیل وجود دارد. بنابراین، می‌توان گفت که بخش‌های بالادست حوضه از نظر استعداد سیل‌خیزی در حد متوسط و قسمت‌های میانی و پایین دست، از نظر استعداد سیل‌خیزی، در حد بالایی قرار دارند. بررسی اوج‌های دبی و زمان برگشت آنها، از احتمال وقوع سیلاب‌های بزرگتر، در درازمدت، در بخش خروجی حوضه حکایت می‌کند (شکل ۲). با عنایت به نمودار ترسیمی از زمان برگشت اوج‌های دبی، در دو ایستگاه مختلف مستقر در حوضه، می‌توان گفت که احتمال وقوع سیلاب‌های قوی، با ۲۳۱، مترمکعب در ثانیه در بخش‌های انتهایی حوضه و سیلاب‌هایی با دبی ۹۵ مترمکعب در ثانیه، با زمان برگشت ۱۰۰ سال، ممکن است در بخش میانی حوضه‌ی منطقه رخ دهد. این سیلاب‌ها می‌توانند در زمان وقوع، تمامی عرض دشت‌های سیلاب گسترده‌ی رودخانه‌ی قرنقوچای را در برگیرند. گستردگی دشت‌های سیلابی و داغ آب‌های موجود در کناره‌ی بستر جریان رودخانه‌ها، از وقوع سیلاب‌های بزرگ در گذشته حکایت می‌کنند (شکل ۳).

جدول شماره‌ی (۲) خسارات ناشی از وقوع سیل در طول ۳۰ سال گذشته در حوضه‌ی قرنقوچای

| شماره | روستا | دهستان | شهرستان | زمان وقوع سیل | | برآورد خسارات | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | سال | ماه | اراضی کشاورزی | دام (به راس) | جانی(نفر) |
| ۱ | قره طورق | باشماق | میانه | ۱۳۷۵ | فروردین | ۷۰۰ | – | – |
| ۲ | قبله مسجد | سهند | بستان آباد | ۱۳۷۶ | اردیبهشت | ۱۰ | – | – |
| ۳ | قره دیو | آلمالو | هشترود | ۱۳۵٤ | اردیبهشت | ۱۰ | ۲۰۰ | ۲ |
| ٤ | باباکندی رود | قرنقو | هشترود | ۱۳۷۵ | تیر | ۲۰ | – | – |
| ۵ | علیجان | اوجان غربی | بستان آباد | ۱۳۷۶ | تیر | ۱۰ | – | – |
| ٦ | چرلو | سلوک | هشترود | ۱۳۷۵ | خرداد | ۱۵ | ۱۰۰ | – |
| ۷ | دوده | علی آباد | هشترود | ۱۳٤۸ | خرداد | ۱۰ | ٤۰۰ | ٤ |
| ۸ | داش بلاغ سفلی | ارسکنای سفلی | هشترود | ۱۳۵۹ | خرداد | ۵۰ | – | – |
| ۹ | خراسانلو | علی آباد | هشترود | ۱۳٤۹ | خرداد | ۳۰ | – | – |
| ۱۰ | گلوجه | قرنقو | هشترود | ۱۳۵۰ | خرداد | ۲۰ | ۵۰ | – |
| ۱۱ | گشایش | نظرکهریزی | هشترود | ۱۳۵۲ | اردیبهشت | ۲۰ | ۱۰۰ | ۲ |
| ۱۲ | لک لر | نظرکهریزی | هشترود | ۱۳٤۸ | اردیبهشت | ۱۰ | – | – |
| ۱۳ | فزلرجه | نظرکهریزی | هشترود | ۱۳۵٤ | اردیبهشت | ۱۰ | ۵۰ | – |
| ۱٤ | گنج آباد | آلمالو | هشترود | ۱۳۵٤ | اردیبهشت | ٤۰ | ۱۰۰ | – |

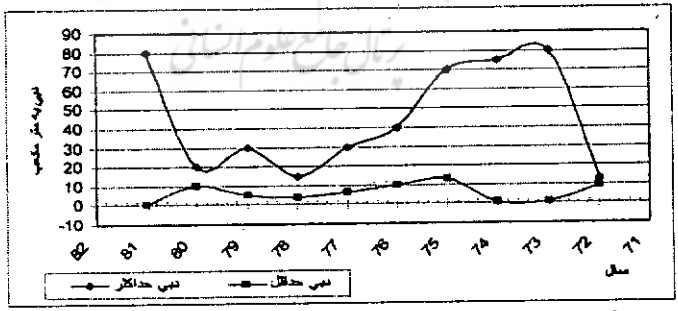



شکل شماره‌ی (۲) میزان دبی رودخانه قرنقودر دو ایستگاه حوضه واقع در موقعیت‌های مختلف حوضه

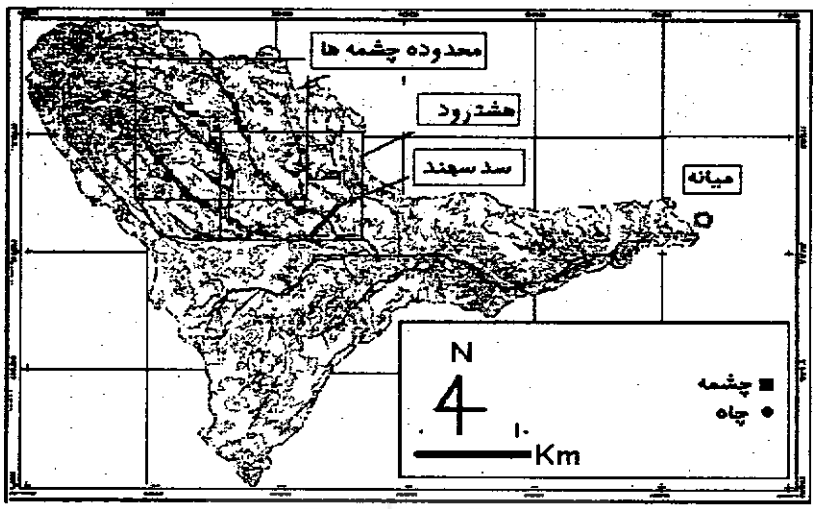


**شکل شماره‌ی (۳) محدوده‌ی سیلابی بستر جریان رودخانه‌ی قرنقوچای**

بررسی آمار دبی سالانه‌ی رودخانه‌ی قرنقو، نشان می‌دهد که نوسانات زیادی در دبی‌های حداکثر وجود دارد که این امر کنترل اوج‌های جریان را به منظور کاهش خسارات آنها، اجتناب‌ناپذیر کرده است. در حوضه‌ی[۵] قرنقوچای، از لحاظ تغذیه‌ی رودخانه‌های اصلی و فرعی از آب‌های زیرقشری و چشمه‌ها و چشمه‌سارهای متعددی که از پای دامنه‌ها خارج می‌شوند (شکل ۵)، نوسان دبی‌های حداقل به مراتب از دبی‌های حداکثر کمتر است. مواردی که ذکر شد لزوم مهار آب‌های سطحی و در نتیجه کاهش خسارات وارده از اوج‌های دبی را نشان می‌دهد. اما هرگونه اقدامی باید با آگاهی کامل از اثرات و پیامدهایی بعدی در بخش‌های مختلف حوضه صورت گیرد.




**شکل شماره‌ی (٤) نوسان در دبی‌های حداقل وحداکثر رودخانه‌ی قرنقوچای**




*شکل شماره‌ی (۵) پراکندگی چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌های آب در حوضه‌ی قرنقوچای*

## اثرات هیدرولوژیکی سد سهند در بخش‌های سرشاخه‌ها و پشت سدها

سد بزرگ سهند و دیگر بندهای کوچک در حوضه‌ی قرنقوچای، از عمده‌ترین سازه‌های آبی مستقر در مسیر رودخانه‌ی اصلی و فرعی قرنقوچای هستند که رژیم آب-ها را در پایاب و سرشاخه‌های رودخانه‌ها به طور کلی متحول کرده و خواهند کرد. یکی از اثرات بزرگ سدها، این است که چنین سازه‌هایی به هنگام آبگیری کامل و تشکیل دریاچه پشت آنها، آب‌ها را از یک توده‌ی آبی که دایماً در مسیر جریان در حال تجدید هستند، به توده‌ی آبی ساکن، با لایه‌های متعدد تبدیل نموده[1] و با تغییر در مسیر جریان‌های آبها، قطعاً یکی از عظیم‌ترین تغییرات را در چرخه‌ی آب‌شناسی منطقه (در درازمدت و کوتاه-مدت) ایجاد خواهد نمود. اثرات این سازه‌ها در رابطه با اندازه‌ی آنها متغیر است. شایان ذکر است که، اندازه‌ی مخزن سدها در ابعاد عمودی و افقی، در رابطه با سیستم‌های جریان

---

۱- پیت (Petts) سه لایه‌ی مشخص در دریاچه‌های پشت سدها تعیین نمود.۱) لایه‌ی Epilimnion یا لایه‌ی بالایی، که اغلب فعال است و دایماً تجدید می‌شود۲) لایه‌ی Metalimnion یا لایه‌ی میانی که تغییرات در آن در رابطه با سطح مخزن است ۳) لایه‌ی Hypolimnion یا پایین‌ترین لایه که لایه‌ی فسیل شده است که توده‌ی آب در این لایه هیچ تحرکی ندارد.

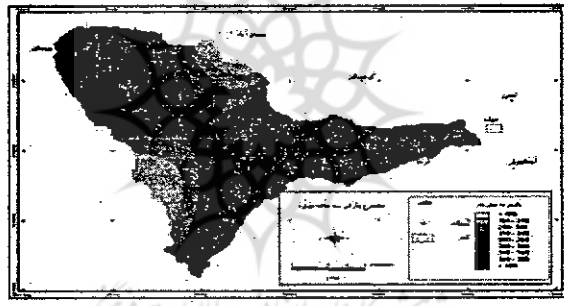
سالانه‌ی رودخانه در نظر گرفته می‌شود و دوره‌ی اقامت توده‌ی آب در مخزن سد نیز در رابطه‌ی مستقیم با ابعاد مخزن و مقدار جریان رودخانه و میزان تبخیر در منطقه است[۱]. اندازه‌ی مخزن سدها و گستردگی دریاچه‌ی پشت آن با ایجاد تغییرات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی، مؤثر است. در حوضه‌ی قرنقوچای، سدها و بندهای متعددی احداث شده است. بندهای کوچک، مانند ایمشه هشترود، که فقط تغییرات آنها محلی و کوچک است و تغییرات وسیعی را در آهنگ و تقسیمات رواناب‌های محدوده ایجاد نمی‌کنند و سدهای بزرگی مانند سهند و تکانلو، بر روی رودخانه‌ی اصلی قرنقو که می‌توانند، تغییرات گسترده را در فرایندهای هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، بیولوژیکی و اکولوژیکی محدوده‌ی چند کیلومتری سدها، به ویژه در تبخیر آب و در نتیجه در ترازنامه‌ی آب‌شناسی منطقه ایجاد کنند. تشکیل دریاچه‌ی پشت سدها اثرات هیدرولوژیکی آنها را محسوس‌تر می‌کنند. معمولاً با آبگیری کامل سدها، سطح گسترده‌ای از توده‌ی آب در اختیار عوامل تبخیر قرار می‌گیرد. این امر در مورد سد سهند نیز صادق است. سد سهند، به هنگام آبگیری کامل، دریاچه‌ای به وسعت ۱۰ کیلومترمربع، در پشت خود تشکیل خواهد داد. این سطح گسترده‌ای از آب، به منزله‌ی گسترش سطح بالقوه‌ای از آب، برای تبخیر بیشتر است. در واقع حجم عظیمی از آب که به هنگام جریان، دشت‌های پایین دست قرنقو را سیراب می‌کرد، با احداث سد در اختیار عوامل تبخیر قرار خواهد گرفت. با توجه به این که حجم زیادی از آب به هنگام شروع آبگیری سدها به آتمسفر برگشت خواهد نمود، در نواحی خشک و نیمه‌خشک، طراحان سد نیاز دارند که میزان تبخیر و آب تلف شده را نیز محاسبه کنند و تبعات چنین تلف شدگی را در نظر بگیرند. هر چه منطقه‌ی خشک و همچنین میزان بارندگی سالانه کمتر باشد، تبخیر بالقوه و میزان تلف‌شدگی آب نیز به مراتب بیشترخواهد شد. در حوضه‌ی قرنقوچای نیز با توجه به ویژگی‌های درجه‌ی حرارت و بارش حاکم، موارد مذکور صادق است. متوسط بارندگی در کل حوضه، ۴۰۳/۷ میلی‌متر بوده و با عنایت به این مقدار، حجم کل بارش در حوضه، ۱۴۵۰/۲ میلیون مترمکعب

---

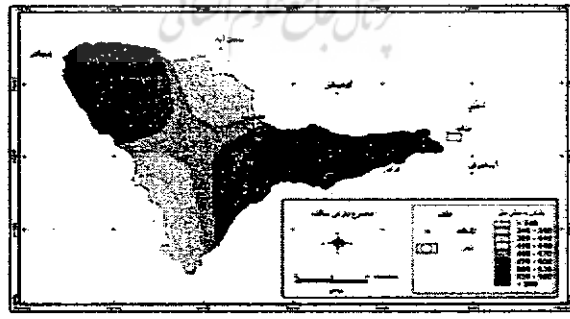
۲- به عنوان مثال در سدی با مساحت ۲۴۸۰۰۰ هکتار و با حجم آبی ۵۲۸ کیلومتر مکعب آب، مدت اقامت آب سطحی ۴۷ روز است.

برآورد شده که از این مقدار محاسبه شده، ٦٢٤ میلیون مترمکعب آن، مربوط به محدوده‌ی پشت سد سهند است (مساحت حوضه ۳۳۰۷ کیلومترمربع است). ۸۵/۷ درصد بارندگی‌های منطقه طی ماه‌های آبان تا اواخر اردیبهشت به وقوع می‌پیوندد و تقریباً بیشتر ایستگاه‌های مستقر در حوضه، بیشترین بارندگی را در ماه‌های فروردین و اردیبهشت نشان می‌دهند. ٦٠ درصد از بارندگی، در ٦ ماه اول سال آبی می‌بارد و پربارش‌ترین فصل سال، بهار با ٣٦/٧ درصد، بعد فصل زمستان، با ۳۲/۵ درصد است. تابستان با ۳/۳ درصد، فصل خشک سال محسوب می‌شود. رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای است و اقلیم منطقه از نیمه‌خشک سرد تا مرطوب (در ارتفاعات حوضه) در بخش‌های مختلف حوضه متغیر است.

الف ـ



ب ـ



*شکل شماره‌ی (٦) میزان بارش بهاری (الف) و بارش سالانه (ب) در حوضه‌ی قرنقوچای*

از ٤٠٣/٧ میلی‌متر بارش، به طور متوسط ٣٣٢/٦ میلی‌متر آن تبخیر می‌شود (براساس روش تورنث وایت)، که بخش اعظمی از آن، در فصل خشک سال صورت می‌گیرد. با در نظر گرفتن این میزان تبخیر، حجم آب خروجی از حوضه قبل از احداث سد ٢٥٠/٤ میلیون مترمکعب خواهد بود. با در نظر گرفتن این که دامنه‌ی تغییرات تبخیر از سطح آزاد آب سالانه از ١٦١٨ تا حدود ٤٥٠ میلی‌متر متغیر می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در کل محدوده‌ی مطالعاتی ١٠٦٨/٤ میلی‌متر خواهد بود. با عنایت به بررسی‌های صورت گرفته، روند افزایش دما در دنیا و در ایران در آینده ثابت شده است، روند افزایش دما در ایران، با توجه به ویژگی‌های اقلیم حاکم بر آن، با کاهش منابع آبی کشور همراه خواهد شد. با توجه به این واقعیت که بارش در ایران، در مجموع متمرکز است و در سراسر سال توزیع نمی‌شود، کاهش وسعت منابع آبی، به معنای تشدید کم آبی در ماه‌های گرم و بدون بارش خواهد بود. از مجموعه بررسی‌های صورت گرفته، چنین به نظر می‌رسد که روند آب و هوای ایران رو به سوی اقلیمی گرم‌تر وکم‌بارش‌تر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دمای شبانه‌ی ایران در حال حاضر نسبت به پنجاه سال پیش در مجموع ١,٥ درجه بیشتر شده است (مسعودیان، ١٣٨٤، ص٣٣). توجه به چنین افزیشی در دمای کشور، آب پشت سدهای کشور به میزان قابل ملاحظه‌ای در حال کاهش است. به گزارش مطبوعات کشور (روزنامه‌ی ایران، ١٣٨٤، ص٢١)، آب دریاچه‌ی پشت سدها در کلیه‌ی بخش‌های کشور، در یک دهه‌ی گذشته به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. در حوضه‌ی آبریز دریای خزر (که قرنقو نیز مربوط به این حوضه است) این کاهش به ٤٦ درصد نیز رسیده است. چنین کاهشی به منزله‌ی کاهش بیشتر آب‌های جاری در بستر رودخانه‌ها در پایین سدها و حاکی از پیامدهای متعدد دیگری در آینده است.

علاوه بر مواردی که ذکر شد، تشکیل دریاچه‌ی سد سهند به منزله‌ی در میان کشیدن محل استقرار پوشش گیاهی در قسمت‌های میانی حوضه است. در قسمت‌های میانی

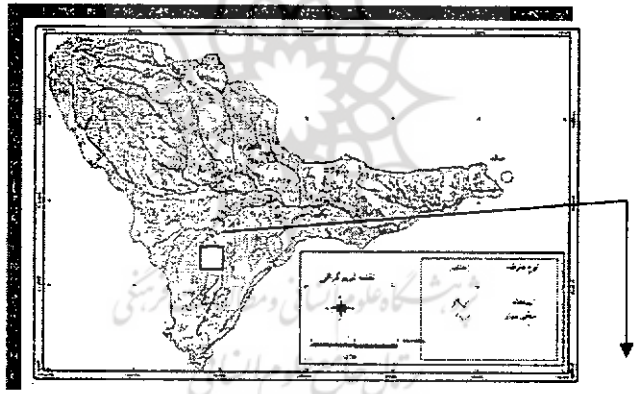
دشت سیلابی گسترده‌ی قرنقوچای، در اطراف پشته‌های رسوبی[1]، انواع گیاهان حتی درختان رشد و نمو می‌کنند که به هنگام وقوع سیلاب‌ها، مواد رسوبی از بالادست انتقال یافته و محدوده‌ی اجتماع آنها را گسترده می‌کنند و به این ترتیب، با گسترش پشته‌های رسوبی و عملکرد آنها به عنوان موانعی در جهت جریان آب، تغییراتی در آرایش جریان رودخانه‌ها رخ می‌دهد. با توجه به طول گسترش دریاچه‌ی پشت سد سهند که در زمان آبگیری کامل ۱۰ کیلومتر خواهد شد و همچنین با عنایت به این که محدوده‌ی گسترش آب دریاچه تا بخش‌های مرتفع دشت‌های سیلابی خواهد بود، می‌توان گفت که حداقل تا ۱۰ کیلومتری سد (به طرف بالادست سد)، تمامی سطوحی که در شرایط کنونی تحت پوشش گیاهی است به زیر دریاچه خواهد رفت که این امر می‌تواند ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی محدوده‌ی پشت سد مذکور را کاملاً متحول کند (شکل ۷). علاوه بر موارد مذکور، مطالعات مؤلف نشان می‌دهد که سازندهای زمین‌شناسی پشت سد، عمدتاً متشکل از مارن و توف‌ها هستند که به هنگام آبگیری کامل سد، بخشی از آنها به زیر دریاچه خواهند رفت و با تماس آب دریاچه، دامنه‌های متشکل از مواد مذکور، به صورت توده‌ای به زیر دریاچه فرو خواهد لغزید. وقوع حرکات توده‌ای در واقع به منزله‌ی تغییر دز شکل ناهمواری‌ها و افزایش میزان مواد رسوبی پشت سدها است. با عنایت به این که یکی از کناره‌ی بستر قبلی رودخانه‌ی قرنقو به ارتفاعات متشکل از گنبدهای نمکی متصل می‌شود و این ارتفاعات طبق پیش‌بینی‌ها، به هنگام آبگیری سد، با آب دریاچه تماس خواهند یافت (شکل ۸)، بنابراین، علاوه بر تغییر شکل دامنه‌ها در اثر جریان آب‌های شور به دریاچه، از کیفیت آب دریاچه نیز کاسته خواهد شد. اصولاً بخش‌های فرسایش‌پذیر و رسوب‌زای حوضه، در بخش‌های میانی و درست در بالادست سد قرار گرفته است. فرسایش‌پذیری محدوده‌های مذکور و جریان فزاینده رسوبات به طرف دریاچه تشکیل شده، به تدریج موجب خواهد شد که عمر مفید سد به مرور کاهش یابد. با چنین

1- Levee

وضعیت حاکم در پشت سدها تغییرات مشخصی که در قطعه‌ی بالای مخزن دیده خواهد شد، افزایش در فعالیت فرایندهای انباشتی و افزایش در میزان رسوب‌گذاری در قسمت‌های پشت سد خواهد بود.

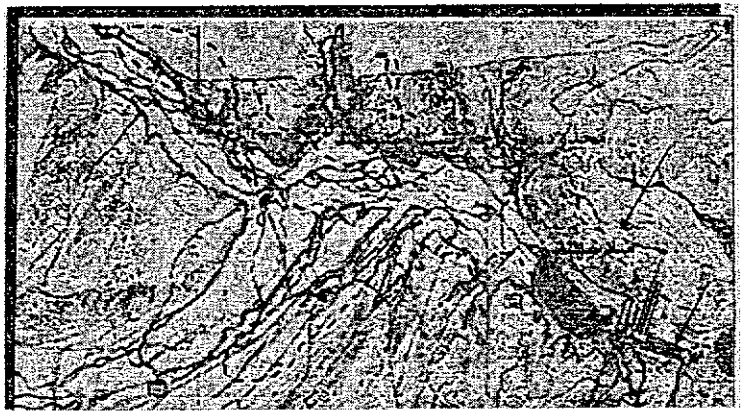
یکی از تغییرات مشخص دیگر این است که در پشت سد، آب‌های جاری در هر شاخه‌ای که در فاصله‌ی کوتاهی از مخزن سد به آن می‌پیوندد، در پاسخ به تغییرات صورت گرفته یعنی پر شدن دریاچه، سرعت جریان و میزان حمل نهشته‌گذاری خود را تغییر خواهند داد، که این امر در رخساره‌های گیاهی و جانوری[1] محدوده‌ی پایینی (حوضه‌ی آبراهه‌های رده ۱)، همچنین در اشکال ژئومورفولوژیکی محدوده‌ی مذکور تغییراتی را پدید خواهد آورد (شکل ۹).

الف)

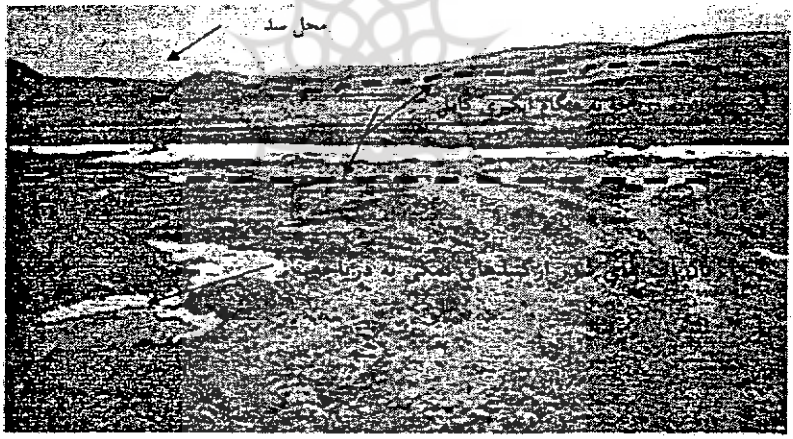


ب)

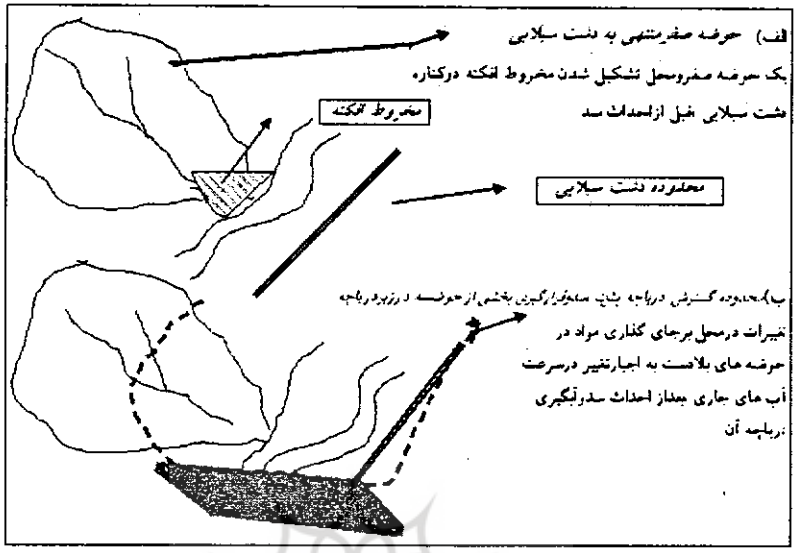
1 -Flora and Fauna



شکل شماره‌ی (۷) محل احداث سد سهند (الف) در حوضه‌ی قرنقوچای و محدوده‌ی گسترش دریاچه‌ی پشت سد سهند (ب)




شکل شماره‌ی (۸) محدوده‌ی تشکیل دریاچه‌ی سد سهند و ورود آب‌های شور از گنبدهای نمکی اطراف به آن و تماس آب دریاچه با گنبدها در صورت آبگیری کامل سد




***شکل شماره‌ی (۹) محل تشکیل مخروط افکنه‌ها قبل از احداث سد و تغییر در موقعیت آب‌های جاری و محل بر جای‌گذاری مواد در حوضه‌های صفر. بعد از احداث سد***

## تغییرات در پایاب‌های بعد از احداث سد

معمولاً بیشتر سدها – حداقل به هنگام آبگیری - میزان آب رها شده به پایاب‌ها را کاهش می‌دهند. این امر موجب می‌شود که در محدوده‌ی یاد شده، از قدرت آب‌های جاری به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاسته شود. یکی از اهداف اولیه‌ی احداث سدها، کاهش سیلاب‌ها است که چنین کاهشی، تأثیر عمده‌ای در عملکرد فرایندهای سایشی و نهشته‌گذاری در بخش‌های پایاب‌ها برجای خواهد گذاشت. این تأثیر زمانی بیشتر خواهد شد که بستر دشت سیلابی متشکل از گراول و رودخانه نیز دارای پیچان[1] باشد (Petts, 2000, PP. 4, 3). چنان که رودخانه در یک منطقه‌ی نیمه‌خشک جاری باشد، کاهش در فراوانی وقوع سیلاب‌ها موجب آشفتگی در جریان عادی، اما در عین حال موجب افزایش در جریان پایه می‌شود. با افزایش در جریان پایه، سدها این رطوبت

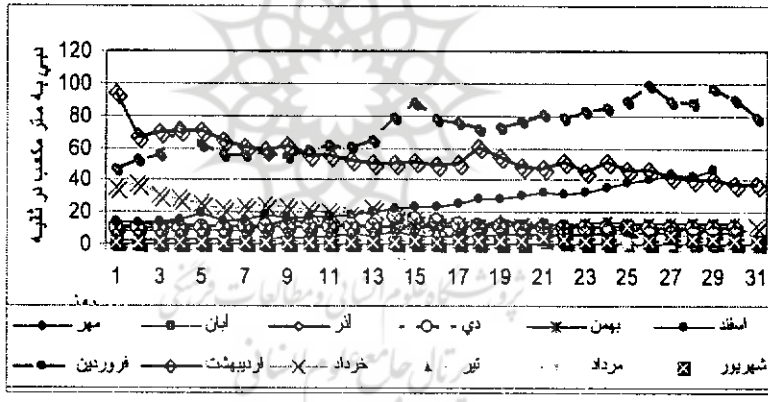
1- Meander

اضافی را به محدوده تزریق می‌کنند، وجود این رطوبت اضافی از اثرات مثبت سدها در محدوده‌ی تأثیر محسوب می‌شود. اثرات سدها بر روی ویژگی پایاب رودخانه‌ها، با مورفومتری مخازن، ویژگی‌های مسیرهای مارپیچی و مقدار آب رها شده از آن و همچنین میزان تغییرات در جریانات روزانه و سالانه‌ی دبی آب رودخانه‌ها در رابطه است. هر چه این تغییرات بیشتر باشد، تغییرات ناشی از احداث سدها در پایاب و سرآب رودخانه‌ها نیز بیشتر خواهد بود. از نظر ژئومورفولوژی، بروز تغییرات در ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه در بخشی از بستر، بسیار تأمل‌برانگیز است. هر تغییری که در دبی رودخانه‌ها در پایین دست سدها صورت گیرد، بستر جریان را در حالت نیمه‌تعادل[1] قرار می‌دهد که این امر باعث می‌شود که بستر برای رسیدن به حالت تعادل، تغییراتی را در شکل و نحوه‌ی جریان ایجاد کند. نحوه و میزان تغییرات در بستر با دبی رودخانه‌ها در رابطه است. در دبی‌های بیشتر از ۰,۹ مترمکعب بر ثانیه، تمامی کانال می‌تواند فرسایش را تجربه کند. در حالی که در دبی‌های کمتر از ۰,۷۵ مترمکعب در ثانیه رودخانه تمایل به انباشتگی و بر جای‌گذاری مواد دارد. شایان ذکر است که، بعد ازاحداث سدها در بخش‌های پایین دست سد، رودخانه ممکن است حالات مختلفی از نظر میزان دبی، مقدار بار رسوبی و ظرفیت حمل تجربه کند. یکی از حالات ممکن برای نواحی نیمه‌خشک، کاهش در میزان دبی و مقدار بار رسوبی و افزایش در ظرفیت حمل رودخانه است. کاهش دبی در پایین دست سد و همچنین کاهش در بار رسوبی، به علت اثر به تله انداختگی رسوبات توسط سدها است. این حالت در مورد سد سهند نیز صادق است. تغییرات در ورودی آب رودخانه‌ی قرنقو به بخش‌های پایاب، ممکن است باعث تغییر در آرایش جریان شود و بستر حالت قیطانی به خود گیرد. در حوضه‌ی قرنقو یک رودخانه‌ی اصلی و چهار رودخانه‌ی فرعی وجود دارد. طول رودخانه‌ی اصلی قرنقو حدوداً ۱۶۵ کیلومتر می‌باشد که از شمال‌غربی حوضه‌ی سرچشمه می‌گیرد و بعد از طی مسیر کوتاهی به سمت شرق گردش می‌نماید. در طول

---

1- Quasi-equilibriu-

مسیر رودخانه‌های فرعی متعددی به آن می‌پیوندد. رودخانه‌ی اصلی قرنقو و بعضی از رودخانه‌های فرعی مانند کلقان و سراسکند، دارای آب دایمی می‌باشند. اما سرشاخه‌های رودخانه‌ها دارای آب فصلی و یا بسیار ناچیز می‌باشند. بخش اعظمی از آب رودخانه‌های اصلی و فرعی در حوضه‌ی قرنقو، از بارش‌های فصلی تأمین می‌شود. بر حسب نوسانات فصلی در بارش، مقدار دبی روزانه‌ی رودخانه‌ی قرنقو نیز در ماه‌های مختلف سال متفاوت است. اما بیشترین مقدار دبی رودخانه‌ی قرنقو در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه است (شکل ۱۰) که بیشترین سهم پرشدگی سد نیز در این ماه‌ها است. با عنایت به ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها، تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از نوسانات در دبی و کاهش دبی بعد از احداث سد سهند، در پایین دست سد آن برجسته‌تر خواهد شد.




*شکل شماره‌ی (۱۰) دبی رودخانه‌ی قرنقوچای در ماه‌های مختلف سال*

تعداد سدهای احداث شده در میزان تغییرات، نقش مهمی را ایفا می‌کنند. به عنوان مثال، اثرات یک سد کوچک و مجزا ممکن است کاملاً ناچیز باشد. اما اثرات ترکیبی چند سد کوچک احتمال دارد حتی از اثرات یک سد بزرگ نیز بیشتر باشد. تصور کنید که هر سدی در چند کیلومتری بالا و پایین دست خود تغییراتی را در عملکرد فرایندهای سایشی و انباشتی پدید آورد. با افزایش تعداد سدها، میزان تغییرات آن در

ابعاد مکانی نیز افزایش می‌یابد. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان‌شرقی، تعداد ٦ مورد سد خاکی و یا انحرافی مهم در حوضه‌ی زهکشی قرنقو احداث شده است (جدول ۳). هر یک از این سدها با عنایت به ویژگی‌هایی که دارند، تغییراتی را در بستر جریان رودخانه‌های اصلی و فرعی قرنقو پدید آورده‌اند که مهم‌ترین آنها افزایش در میزان کاوش در پایین دست و انباشتگی در بالادست سد است. با وجود این که سازه‌های مذکور تا حدی توانسته‌اند در کاهش حجم سیلاب‌ها و خسارات ناشی از آن تأثیرگذار باشند، اما عدم به کارگیری تمهیداتی جهت کنترل رسوب و کاهش حجم رسوبات درحوضه، افزایش حجم رسوبات انباشته شده مخازن سدهای احداث شده را تهدید می‌کند. این امر موجب شده است که حجم مفید مخزن این سدها، از زمان پیش‌بینی شده نیز زودتر کاهش یابد. با اذعان این امر توسط مسئولین، که میزان مواد انباشته شده در پشت سدها از میزان پیش‌بینی شده بیشتر است، خود حاکی از در نظر نگرفتن تغییر در فعالیت فرایندهای ژئومورفولوژی متأثر از احداث سدها است.

***جدول شماره‌ی (۳) سدهای درحال بهره‌برداری در حوضه‌ی قرنقوچای***

| ردیف | نام سازه و نوع آن | طول تاج (m) | ارتفاع(m) | حجم ($m.m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ایمشجه هشترود (سدخاکی مخزونی) | – | – | ۲ |
| ۲ | چرلو هشترود (انحرافی) | – | – | ۰/٦ |
| ۳ | خرم‌درق هشترود (سدخاکی مخزنی) | – | – | ۰/۵۵ |
| ٤ | سعادلوهشترود (انحرافی ) | ٦٦ | ۲,۵ | – |
| ۵ | قرخ ابلاغ هشترود (سد سنگی) | ۳۵۰ | ۵ | ۰/۵ |
| ٦ | تکانلوهشترود (سد خاکی مخزنی) | ۳٦۷ | ۲۷ | ۲/۸ |

جدول فوق، تنها مربوط به سدهای مهم حوضه است که در سال‌های اخیر مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. همراه با سد مذکور در حال حاضر، حداقل ۲۵ سد خاکی در حوضه‌ی مورد استفاده قرار دارند که بیشتر آنها در سرشاخه‌های قرنقو

احداث شده‌اند و آبیاری ۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی محدوده‌ی مورد بررسی را عهده‌دار می‌باشند (مانند سد خاکی قاضی‌کندی، سد خاکی ورقه، سد خاکی ملاجیق، سد خاکی سکرآباد، سد خاکی زوایه، سد خاکی نقارآباد، سد خاکی نوروزآباد و سد خاکی بریلیق). اما یکی از سدهای بزرگ که احداث آن از سال‌ها پیش شروع شده، سد سهند می‌باشد که اهداف مختلفی برای آن پیش‌بینی شده است (جدول ٤). این سد، به هنگام آبگیری کامل (که آبگیری آن از اردیبهشت ۸۵ شروع شده است)، به کلی بستر جریان رودخانه را متحول خواهد ساخت. به طور نوعی اثرات هیدرولوژیکی سد سهند در پایین‌دست، کاهش در جریانات بزرگ است، که این جریانات می‌توانستند با به جاگذاری رسوبات در بخش‌های میانی دشت سیلابی امکان رشد انواع گیاهان را فراهم سازند. با کاهش چنین جریاناتی در پایین دست سد، که همراه با عدم تغذیه گیاهان با آب و در نتیجه برچیده شدن آنها از قسمت‌های میانی دشت‌های سیلابی است، چرخه‌ی حیاتی در دشت‌های سیلابی آشفته می‌شود و در مواردی اکولوژی محدوده، کاملاً متحول می‌شود. به عبارت دیگر، یکی از پیامدهای عمده‌ی تغییرات هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی احداث سد سهند، تغییر در نوع و موقعیت پوشش گیاهی و تغییر در اکولوژی[1] دشت سیلابی است.

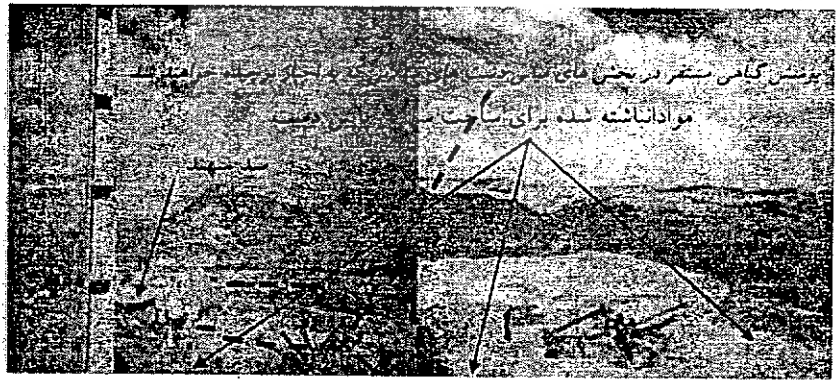
*جدول شماره‌ی (٤) مشخصات سد سهند*

| نوع سد | خاکی با هسته ناتروای میانی |
|---|---|
| تراز تاج سد وبستر رودخانه | ۱۶۰۷و۱۵۶۲ متر از سطح دریا |
| طول وعرض تاج سد | ٤٥٠ و۱۰متر |
| حجم مصالح بدنه | ۳/۱ میلیون متر مکعب |
| ارتفاع سد از پی وبستر رودخانه | ۵۹ و٤٥ متر |
| حجم کل مخزن سد | ۱٦٥ میلیون متر مکعب |

۱ ـ طبق گزارش سازمان دیده‌بان جهانی، قبل از بسته شدن سد آسوان، ٤٧ نوع ماهی در رود نیل زندگی می‌کردند که بعد از بسته شدن سد آسوان، فقط ۱۷ نوع ماهی باقی مانده است (Leopold,1997, P. 157).

| | |
|---|---|
| حجم مفید مخزن | ۱۳۵ میلیون متر مکعب |
| طول دریاچه | ۱۰ کیلومتر |
| سطح دریاچه | ۱۰ کیلومتر مربع |
| نوع سر ریز | آزاد با آستانه اوجی شکل |
| ظرفیت سرریز | ۱۵۱۰مترمکعب برثانیه |

قبل ازاحداث سد، رودخانه‌ی قرنقو با پیچ و خم‌هایی که در مسیر جریان خود می‌داد، پوشش گیاهی مستقر در کناره‌ها و بخش‌های میانی مستقر در دشت سیلابی را سیراب می‌کرد (شکل ۱۱) و در قسمت‌های میانی با ایجاد پشته‌های رسوبی، امکان استقرار پوشش گیاهی بیشتری را می‌دهد که با احداث سد، چنین امکانی دیگر وجود نخواهد داشت. آب رودخانه‌ی قرنقو، که فقط از یک کناره‌ی سد امکان خروج خواهد داشت، ابتدا در یک کانال باریک جریان یافته و به علت این که ظرفیت حمل آن زیاد است (به علت زلال بودن و عاری بودن از مواد رسوبی)، شروع به فرسایش بستر جریان وکناره‌های ـ خود خواهد نمود که این امر با تشکیل تراس‌های جدید در کناره-های بستر باریک، همراه خواهد شد و با رشد گیاهان در روی این تراس‌ها، امکان تثبیت کناره‌ها فراهم خواهد شد.




*شکل شماره‌ی (۱۱) دشت سیلابی واقع در پایین دست سد سهند و مواد حاصل انباشته شد ناشی از عملیات سدسازی در آن*

موضوع دیگری که نباید فراموش نمود این است که عملیات سدسازی در پایین‌دست، با افزایش مواد در دشت سیلابی همراه است که از کناره‌های دشت و یا از بخش‌های دیگر برای ساخت سد آورده شده و در یک قسمت ویژه انباشته می‌شوند و بعد از اتمام سد، حجم عظیمی از این مواد در دشت باقی می‌مانند (شکل ۱۱) این مواد در اثر جریانات حاصل از بارندگی و آب‌های ورودی، از شاخاب‌های پایین دست سد، در نهایت از این قسمت برداشته شده و به قسمت‌های پایین‌تر منتقل خواهند شد. مواد حاصل در صورت احداث سد دیگری در پایین دست، در پشت آنها راسب خواهند شد که این خود معضل دیگری ناشی از احداث سدهای متعدد در مسیر یک رودخانه است.

## نتیجه‌گیری

افزایش جمعیت و به دنبال آن کاربری‌های شدید و افراطی کوهستان‌های بلند، به ویژه کوهستان‌های نیمه‌خشک، تمامی عناصر، به خصوص کارکرد فرایندهای ژئومورفیک این نواحی را ــ در قالب یک سیستم ــ تحت تأثیر قرار داده است و مدیریت این نواحی، بدون توجه به ویژگی‌های طبیعی، تعادل چنین محیط‌هایی را بر هم زده است. در واقع عدم نگرش مدیران و برنامه‌ریزان به حوضه‌های زهکشی به عنوان یک سیستم و انجام پروژه‌های عمرانی بدون عنایت به ارتباط اجزاء سیستم با یکدیگر، به بروز تغییرات عمده‌ای منجر شده که ادامه‌ی چنین روندی، چالش‌های جدی‌تری را نیز به همراه خواهد داشت. در چند دهه‌ی گذشته احداث سدها در بخش‌های مختلف حوضه‌ی قرنقو که با هدف اولیه‌ی استفاده‌ی بهینه از آب‌های سطحی و بهبود اقتصاد محلی مدنظر بوده، اکوسیستم بسترهای جریان رودخانه قرنقو، دشت‌های سیلابی و در واقع کلیه‌ی اجزاء مربوط به این رودخانه را در مرحله‌ی دوم اهمیت قرار داده است که این امر به بروز تغییرات عمده‌ای در حوضه‌ی قرنقو منجر شد است. حوضه‌ی زهکشی قرنقوچای، به عنوان حوضه‌ای با رودخانه‌های متعدد فصلی و دائمی، دشت‌های سیلابی حاصل‌خیز، طراحان سدها را به سوی خود جلب

کرده است و مدیران برای تأمین آب زمین‌های کشاورزی و مهار سیلاب‌ها، سدهای متعددی با ویژگی‌های متنوع در بخش‌های مختلف آن احداث کرده‌اند و پروژه‌های زیادی با اهداف مختلف را در دست بررسی و اجرا دارند. این در حالی است که یکی از رسوب‌زاترین حوضه‌های سهند محسوب می‌شود و لغزش‌های زیادی در کناره‌ی دره‌ها و شیب‌های مشرف به دشت‌های سیلابی رخ می‌دهد که در نهایت تمامی آنها به پشت سدها منتقل و در آنجا راسب می‌شوند. احداث سدها از لحاظ تغییراتی که در ویژگی‌های هیدرولوژیکی ایجاد می‌کنند، می‌توانند حرکات توده‌ای و سایش بستر را تشدید کنند و به طور کلی کارکرد فرایندهای فرسایشی و نهشته‌گذاری را دگرگون کنند و چهره‌ی ژئومورفولوژیکی دشت‌های سیلابی منطقه و حتی شیب‌های منتهی به آنها را تغییر دهند و این تغییرات تا زمانی که رودخانه‌های فرعی و اصلی بتوانند عدم تعادلی که در اثر احداث سدها حاصل شده، جبران کنند، ادامه خواهند یافت که پیامد نهایی آن تغییر محل فعالیت فرایندهای انباشتگی و فرسایشی و یا تغییر در موقعیت جبهه فرسایشی کاوشی و نهشته‌گذاری در منطقه است. مدیریت کامل آب رودخانه‌ها در یک حوضه‌ی زهکشی مانند قرنقو، دارای نقشی با چندین عملکرد است و چنین مدیریتی باید با نگرشی جامع به حوضه و تمامی اجزاء آن (بستر رودخانه‌ها، کلیه سرشاخه‌ها، دامنه‌های مشرف به دشت‌های سیلابی و جزء آن) و همچنین حیات اکولوژیکی و بیولوژیکی وابسته آن را به صورت کل، قبول کند. اصولاً در حوضه‌های رودخانه‌ای هنگامی به برنامه‌ریزی نیاز احساس می‌شود که حوضه‌ی رودخانه‌ای قرنقو که با بحران‌هایی از قبیل سیلاب، خشکسالی و جزء آن روبرو است و یا در دورنمای آن ترس از بروز آنها وجود دارد و یا تأمین منابع آب برای شهرهای اطراف با جمعیتی با رشد روزافزون مانند هشترود مورد هدف است و یا به طور کلی تأمین انواع نیازهای جمعیتی شهر و روستا و پاسخگویی به اهداف توسعه‌ی آینده مد نظر است، در جهت پاسخگویی سریع به چنین نیازهایی و رسیدن به اهداف مورد نظر، واکنش‌های محیطی نسبت به هر گونه تغییر در روند طبیعی مد

نظر قرار نگرفته و معمولاً مدیریت یکسویه در هدف کاری قرار گرفته است. در نواحی خشک و نیمه‌خشک مانند منطقه‌ی مورد مطالعه، که واکنش‌های محیطی در مقایسه با سایر محیط‌ها سریع است، مدیریتی که اساس آن بر پایه‌ی رویکردی یکسویه باشد، عملکرد فرایندها در حوضه‌های رودخانه‌ای کاملاً دگرگون خواهد شد.

## منابع


۱- سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان‌شرقی (۱۳۸٤)، «***گزارشات حاصل از نتایج مطالعاتی سد سهند***».

۲- رجائی، عبدالحمید (۱۳۷۲)، «کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش و مدیریت حوضه‌های رودخانه‌ای و مکان‌یابی سدها، ***فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیائی***»، شماره‌ی ۲۸.

۳- ***روزنامه‌ی ایران*** (۱۳۸٤)، «ذخیره‌ی آب سدهای کشور کاهش یافت»، ٥ آبان.

٤- قبادی، محمدحسین (۱۳۸۱)، «***زمین‌شناسی مهندسی***»، انتشارات شهید چمران اهواز.

٥- مسعودیان، ابولفضل (۱۳۸٤)، «بررسی دما ایران در نیم سده گذشته»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، صص.

٦- معتمد، احمد و محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۳)، تهران: «***هیدرولوژی قاره‌ها***»، انتشارات سمت.

۷- وفائیان، محمود (۱۳۸٤)، ***اطلاعات اجرایی در مورد سدهای خاکی***، انتشارات ارکان.

8- 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***.

9- Azanon, J., Antonito, J.V., Pena and J.M. Carrillo (2005), "***Late*** Quaternary Large Scale Rotational Slides Induced by River Incision, ***Geomorphology***", 69, PP. 152-168.

10- Brandt, S.A. (2000), "Classification of Geomorphological Effects Downstream of Dams", ***Catena***, 40, PP. 375-401.

11- Brierley, G.J., and A, F.Fryirs (2005), ***Geomorphology and River Management,*** Blackwell.

12- Butler, D.R., and G.P., Malanson (2005), "***The Geomorphology Influences of Beaver Dams and Failures of Beaver Dams***", Geomorphology, In Press.

13- Chanson, H. (2005), "The 1786 Earthquake-triggered Landslide Dam and Subsequent Farm-break Flood on the Dadu River, Sputhwestern China", ***Geomorphology***.

14- 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, PP. 41-67.

15- Graf, W.L., (2005), ***"Geomorphology and American Dams: The Scientific, Social, and Economic Contex", Geomorphology***. In Press.

16- Korup, O. (2005), "Geomorphology Hazard Assessment of Landslide Dams in South Westland", ***Geomorphology***, 66, PP. 167-188.

17- 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, PP. 1073-1084.

18- Leopold. L.B., (1997), "***Water in River and Creeks***".

19- Lorang, M.S., and G., Aggett (2005), "Potential Sedimentation Impacts Related to Dam Removal", ***Geomorphology***, In Press.

20- Magilligan, F.J. and K.H. Nislow (2005), "Changes in Hydrologic Regime by Dams", ***Geomorphology***.

21- 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***.

22- Petts, G.E., (2005), "Dams and Geomorphology", ***Geomorphology.***

23- Radoane, M. and N., Radoano (2005), "***Dams, Sediment Sources and Reservoir Silting in Romania***", Geomorphology, In Press.

24- Romanov, D.R., Garovsek and W., Dreybroudt (2003), "Dam Sites in Soluble Rocks: Amodel of Increasing Leakage by Dissolutional Widening of Fractures Beneath a Dam", ***Engineering Geology***, 70, PP. 17-35.

25- Salant, N.L., (2005), "Short and Long Term Changes to Bed Mobility and Bed Composition under Altered Sediment Regimes", ***Geomorphology***.

26- Sinha, R.V., Jain, P., Babu and S., Ghosh (2005), "***Geomorphic Characterization and Diversity of the Fluvial Systems in the Gangetic Plain, Geomorphology***", In Press.

27- Sternberg, R. (2006), "***Damming the River: A Changing Perspective on Altering Nature***", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10, PP. 165-197.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی