

## مطالعه تأثیر رسوب زدایی سد سپیدرود بر شبکه آبیاری سپیدرود

محمد رضا یزدانی\* و سید فرهاد موسوی\*\*

### چکیده

آب مورد نیاز اراضی شالیکاری استان گیلان توسط یک شبکه وسیع آبیاری شامل سد مخزنی سپیدرود، سد انحرافی تاریک، شبکه فومنات، سدانحرافی سنگر و کanal های سمت چپ و راست سد سنگر تأمین می شود. به دلیل جمیع شدن رسوبات در مخزن سد سپیدرود، حجم آن به شدت کاهش یافته است. برای حل این مسئله، عملیات رسوب زدایی در نیمه دوم هر سال، در مخزن آن انجام می شود. رسوبات حاصل از فرسایش در حوزه سد سپیدرود که با سیلا بهای بهاره وارد مخزن سد شده و بخشی از آنها خارج می شوند و همچنین رسوبات تهشین شده در رودخانه در اثر عملیات رسوب زدایی، شبکه آبیاری را مورد تهدید قرار می دهد. در این تحقیق با هدف بررسی چگونگی تأثیر رسوب در شبکه آبیاری سپیدرود، اطلاعات ایستگاه رسوب سنتجی سد سپیدرود تجزیه و تحلیل شده و از سدهای انحرافی تاریک و سنگر، ابتدا و انتهای حوضچه های رسوبگیر سد سنگر، مسیر کanal های BP4 و SP3 تا کanal های مزرعه و زهکشی آنها نمونه برداری رسوب توسط نمونه بردار دستی انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که در دبی های کم رودخانه سپیدرود، رسوب در رودخانه و مخزن سد تاریک تجمع می یابد اما در دبی های زیاد فرسایش پذیر می باشد. متوسط بازده حوضچه های رسوبگیر سمت چپ و راست سد سنگر ۱۵/۳ و ۱۱/۲ درصد بدست آمد. زیر شبکه فومنات نیاز به تأسیسات رسوبگیری دارد. تأسیسات موجود در شبکه در معرض تهدید رسوب قرار داشته و کanal های درجه ۱ و ۲ وضع بهتری (از لحاظ رسوب) نسبت به کanal های درجه ۳ و ۴ دارند.

**واژه های کلیدی** - سد سپیدرود، رسوبگذاری در شبکه آبیاری، حوضچه های رسوبگیر

### مقدمه

به آب و هوای نیمه خشک، عدم وجود پوشش گیاهی مناسب، نابودی جنگلها، تبدیل کاربری اراضی و چرای بی رویه دام فرسایش شدیدی در حوزه آبریز این سد اتفاق افتاده است. به دلیل عدم وجود تأسیسات کنترل رسوب و عدم مدیریت صحیح در سطح حوزه آبریز، مخزن سد سپیدرود، شبکه های انتقال آب و مناطق کشاورزی تحت تأثیر رسوب ورودی قرار گرفته و ظرفیت موثر سد سپیدرود خیلی زودتر از زمان

استان گیلان به عنوان یکی از قطب های کشاورزی ایران با بیش از ۲۴۰ هزار هکتار اراضی شالیکاری از عمدت ترین تأمین کنندگان برنج محسوب می گردد. تأمین آب این اراضی که عمدها در اراضی کم شیب دشت گیلان قرار دارند، توسط شبکه وسیع آبیاری انجام می گیرد. این شبکه از سد مخزنی سپیدرود شروع شده و به وسیله سدهای انحرافی تاریک و سنگر و از طریق کanal های مختلف، آب مورد نیاز را به مزارع می رساند. با توجه

\* کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات برنج  
\*\* دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

نکند و مشکلات ناشی از رسوبگذاری در کانال‌ها به حداقل برسد، از حوضچه رسوبگیر استفاده می‌کنند (۳، ۵ و ۷). حدادی (۴) وضعیت رسوب در سد سپیدرود را بررسی کرده و کارآیی عملیات رسوب‌زدایی به روش شاس را مورد تأثید قرار داده است. جعفرزاده (۳) در مطالعات خود بازده ۸۲ درصد را برای بازده حوضچه‌های چپ و راست سد انحرافی سنگر به دست آورده است. او همچنین نتیجه گرفته که کانال‌های درجه ۱ و ۲ دارای قدرت حمل رسوب زیاد بوده ولی کانال‌های درجه ۳ عموماً رسوبگذار هستند. طلوعی (۱۸) نیز رسوب زدایی در سد سپیدرود را موقوفیت‌آمیز توصیف کرده است.

**مختصری در مورد شبکه آبیاری سپیدرود**  
رودخانه سپیدرود از تلاقی رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود در نزدیکی منجیل به وجود می‌آید. در این مکان سلسیپید رود در سال ۱۳۴۲ با ظرفیت  $1/8$  میلیارد مترمکعب و تولید برق  $17/5$  مگاوات بهره‌برداری شد. خروجی‌های این سد عبارتند از سه خروجی آبیاری در سمت راست سد، دو خروجی آبیاری در سمت چپ، دو دریچه اضطراری، دو سریز سطحی به فرم لاله‌ای و پنج مجرای عبور جریان برای تولید برق.  
رودخانه قزل اوزن با  $500$  کیلومتر طول و سطح حوزه‌ای حدود  $56000$  کیلومتر مربع، از ارتفاعات کردستان، همدان و آذربایجان سرچشمه گرفته و در گیلوان وارد سد می‌شود. رودخانه شاهرود با  $180$  کیلومتر طول و سطح حوزه حدود  $6000$  کیلومتر مربع از کوههای طالقان سرچشمه گرفته و در محل لوشان وارد دریاچه سد سپیدرود می‌شود. رژیم رودخانه قزل‌اوزن بارانی بوده و شدیداً تحت تأثیر بارندگی‌های بهاره قرار دارد و معمولاً پس از اردیبهشت ماه دبی آن به شدت نزول می‌کند. قسمتهای مهم جریانهای رودخانه شاهرود از ذوب برف کوههای البرز تأمین شده و دارای تغییرات کمتری در طول یک سال و در طول چندین سال نسبت به رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد. به طور کلی، سیلانهای عمدۀ و در نتیجه رسوبات عمدۀ ورودی به سد، از طریق قزل‌اوزن وارد می‌شود (جدول ۱ و شکل ۱).

پیش‌بینی شده کم شده است. در برخورد با این معضل، عملیات رسوب‌زدایی تحت عنوان "شاس" از سال ۱۳۵۹ در آن شروع شده و تاکنون نیز ادامه دارد. در نتیجه این عملیات، سالانه میلیونها تن رسوب از مخزن سد تخلیه شده و به پایین دست منتقل می‌شود.

توجه متخصصین به مسایل هیدرولیک رسوب در تأسیسات آبیاری نظری مخازن سدها، بندهای انحرافی و کانال‌ها دارای سابقه‌ای بیش از یک قرن است. هر چه اطلاعات موجود دریاره رسوب یک رودخانه بیشتر باشد می‌توان تأسیسات آبیاری منشعب از آن را با دقت بیشتری طراحی کرد. در یک شبکه آبیاری، در درجه اول باید مسئله رسوبگذاری و فرسایش در طول رودخانه مدنظر قرار گیرد زیرا در رودخانه‌ها رسوب در طول زیاد پراکنده شده و از تمرکز برخوردار نیست.

کندي (۱۲) و لیندلی (۱۴) بعد از تحقیقات تجربی در تعدادی از شبکه‌های آبیاری احداث شده در هندستان، تئوری رژیم را ارائه دادند. در این ارتباط، سرعت جریان در حالت رژیم با عمق آب مربوط است. بلنج (۱۰) در تکمیل معادلات لیسی، کندي و لیندلی دو فاکتور بستر و کناره را معرفی نمود. در مورد حداقل سرعت مجاز در کانال‌های غیرپوششی و پوشش دار تحقیقات زیادی انجام شده است (۷، ۱۷، ۱۳، ۱۱، ۸ و ۱۹). نواک و نالوری (۱۵) معادلات سرعت بحرانی و تنش بحرانی برای ذرات منفرد رسوب در کانال‌های پوشش دار را قابل مقایسه با کانال‌های بدون پوشش دانستند. براساس تئوری حد نهایی غلظت، با افزایش ضربی زیری، ظرفیت حمل مواد معلق کاهش می‌یابد (پاره کار به نقل از آوروا). پاره کار (۲) سرعت رسوبگذاری در تعدادی از کانال‌های آبیاری شبکه گتوند خوزستان را بررسی نموده و در مجموع روش حد نهایی غلظت با قطر  $D_{50}$  را جامع ترین و مناسب ترین روش بررسی شرایط غیر رسوبگذار در کانال‌های پوشش دار دانسته است. پل وساکوجا (۱۶) دریافته‌اند که بهترین مقطع با بازده بالا برای جلوگیری از ته نشین‌شدن رسوب، مقطع مستطیلی و ذوزنقه‌ای است. در شبکه‌های آبیاری به منظور کاهش بار رسوبی، به نحوی که باقیمانده رسوبات در جریان آب در کانال‌ها نشست

جدول ۱- درصد آب و رسوب ورودی از رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهروド و رسوب خروجی از سد سپیدرود (۱)

رودخانه	رسوب ورودی	رسوب خروجی	رسوب ت بشین شده	آب ورودی
قزل‌اوزن	۸۲	۲۰	۶۲	۷۳
شاهروド	۱۸	۱۰	۸	۲۷
مجموع	۱۰۰	۳۰	۷۰	۱۰۰

سد سپیدرود اندک می‌باشد (این امر ناشی از بستر سنگی رودخانه‌ها و پوشش گیاهی خوب منطقه گیلان می‌باشد) و ۳ در دبی‌های پایین، رودخانه سپیدرود و مخزن سد تاریک نقش رسوبگیر را دارند اما با ازدیاد دبی خروجی از سد سپیدرود، که با ازدیاد غلظت رسوب نیز همراه است، رسوبات تجمع یافته در رودخانه و پشت سد تاریک فرسایش یافته و به سمت سد سنگر هجوم می‌آورند. در این موقع، بستن دریچه‌های ورود آب به سد سنگر می‌تواند کمک شایانی به جلوگیری از ورود رسوب به حوضچه‌های رسوبگیر و کanal‌های آن کند.

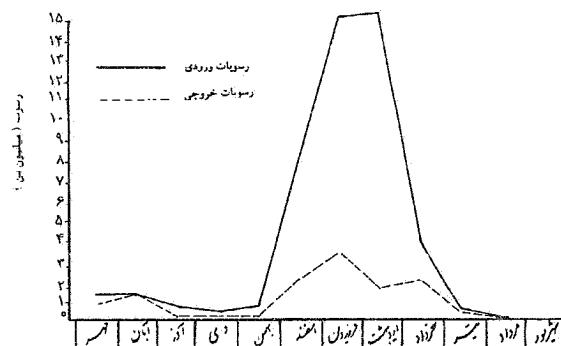
سد انحرافی تاریک در ۴۰ کیلومتری پایاب سد سپیدرود احداث شده و مقدار ۳۵ مترمکعب در ثانیه آب را به تونل آب برフォمن هدایت می‌کند. کanal فومن با طول ۷۰ کیلومتر آب را به کanal‌های بتی درجه ۲ با مقطع ذوزنقه و از آنجا به کanal‌های درجه ۳ از نوع کanal‌های پایه‌دار با مقطع نیم دایره هدایت می‌کند.

پس از سد تاریک، با توجه به عریض شدن بستر رودخانه سپیدرود، امکان رسوبگذاری به طور بالقوه در موقع غلیظ بودن جریان رودخانه وجود دارد. به همین دلیل، رودخانه حالت شاخه شاخه<sup>۲</sup> پیدا کرده و جزیره‌های رسوبی (خصوصاً پس از عملیات "شاس") در آن پدید آمده است که با پایین آمدن غلظت رسوب در آب و یا ازدیاد دبی رودخانه قابلیت فرسایش زیادی دارند.

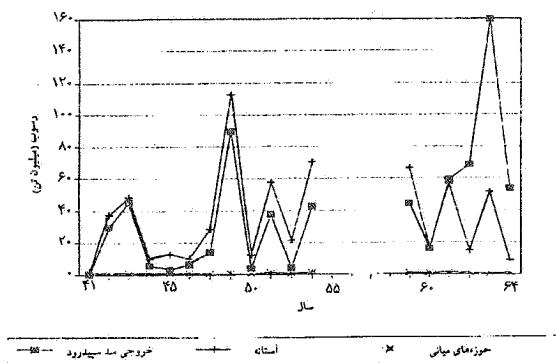
سد انحرافی سنگر در ۶۰ کیلومتری پایاب سد سپیدرود قرار دارد و آب را به کanal‌های سمت چپ و راست هدایت می‌کند. کanal سمت راست با طول ۱۵ کیلومتر و دبی ۶۷ مترمکعب در ثانیه زمینهای مناطق سیاهکل، لاهیجان و لنگرود را آبیاری

به دلیل جمع شدن رسوبات در مخزن سد سپیدرود و کاهش حجم آن، از سال ۱۳۵۹ عملیات رسوب‌زدایی به روش "شاس" در آن آغاز شد. در این روش، با تخلیه مخزن در نیمه دوم هر سال و با استفاده از جریان آب از طریق دریچه‌های تحتانی، رسوبات ذخیره شده و همچنین رسوبات سیلابهای همان سال تخلیه می‌شوند. بخش اعظم آب و رسوب ورودی در دو ماه اول فصل بهار وارد مخزن سد می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲). در موقع سیلابی شدید، حرکت جریان غلیظ<sup>۱</sup> در خط القعر مخزن و مانور دریچه‌های تحتانی سد بر روی غلظت آب خروجی از سد تأثیر می‌گذارد. باز بودن دریچه‌ها دارای تأثیر مثبت در حفظ ظرفیت مخزن بوده ولی تأثیر منفی در بالابردن غلظت رسوب در رودخانه و به تبع آن در شبکه آبیاری دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در دو ماه اول فصل بهار (که شبکه آبیاری نیازی به آب ندارد) ورودیهای شبکه آبیاری گیلان بسته شوند تا از ورود رسوب به داخل آن ممانعت به عمل آید.

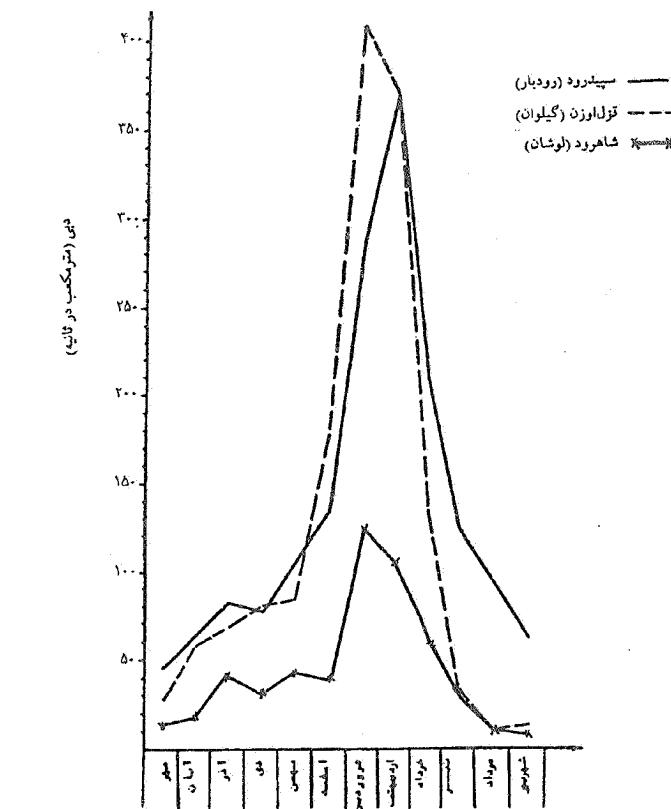
بعد از سد، رودخانه سپیدرود قرار دارد که می‌توان آن را به بخش‌های زیر تقسیم کرد: سد سپیدرود تا گنجه (شیب ۲/۴ در هزار و طول ۲۸ کیلومتر)، گنجه تا سد تاریک (شیب ۲/۹ در هزار و طول ۳۲ کیلومتر)، سد تاریک تا سد سنگر (شیب ۲/۷ در هزار و طول ۲۰ کیلومتر)، سد سنگر تا پل آستانه (شیب ۱/۹ در هزار)، پل آستانه تا بندر کیا شهر (شیب ۴/۰ در هزار) و حد فاصل بندرکیا شهر تا دریای خزر (شیب ۴/۰ در هزار). چنانچه قسمتهاي فوق را در ارتباط با رسوب مورد توجه قرار دهیم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱) با افزایش فاصله از سد سپیدرود، رسوبات ریزدانه‌تر می‌شوند، ۲) با توجه به شکل<sup>۳</sup> رسوبات رودخانه‌های میانی در مقایسه با رسوب خروجی از



شکل ۲- تغییرات ورودی و خروجی رسبوب سد سپیدرود در ماههای مختلف سال، قبل از عملیات شاس (۴)



شکل ۳- مقایسه مواد معلق خروجی از سد، ایستگاه آستانه و حوزه‌های میانی رودخانه سپید رودخانه در قبل و بعد از عملیات شاس (۶)



شکل ۱- تغییرات دبی ماهانه رودخانه‌های قزل اوزن، شاهرود و سپیدرود (۱)

**مواد و روشها**

اطلاعات دبی آب و رسبوب ایستگاه رودبار، که در فاصله کمتر از یک کیلومتری پایاب سد سپیدرود قرار دارد، (از سال ۱۳۴۱ تا ۱۳۷۳) جمع‌آوری گردید. برای برآورد حجم رسبوبات موجود در حوضچه‌های رسبوبگیر سد سنگر و ترسیم توپوگرافی آنها، حوضچه‌ها در زمستان ۱۳۷۳ (پس از اتمام فصل آبیاری) نقشه‌برداری شدند. از رسبوبات کف کanal‌های انتقال آب BP4 و SP3 و تأسیسات آنها نظیر تنظیم کننده‌ها، سیفون‌ها، تقسیم‌کننده‌ها و همچنین کanal‌های خاکی داخل مزارع در انتهای فصل آبیاری سال ۱۳۷۳ نمونه‌برداری شد. به منظور مقایسه غلظت رسبوب در سدهای تاریک و سنگر،

می‌کند. کanal سمت چپ با ۲۵ کیلومتر طول، دبی ۱۱۴ مترمکعب در ثانیه را برای آبیاری قسمت غربی رودخانه سپیدرود شامل مناطق رشت و شرق فومنات هدایت می‌کند. حوضچه‌های رسبوبگیر سد سنگر به شکل مستطیل و به ابعاد ۴۵۰×۷۸۰ متر (چپ) و ۳۸۵×۵۸۰ متر (راست) و ارتفاع ۴ متر برای تهذیب کردن مواد معلق آب و رودی احداث شده‌اند. هدف از تحقیق حاضر عبارت است از تجزیه و تحلیل اطلاعات ایستگاه رسبوب سنجی پایاب سد سپیدرود در رودبار، نمونه برداری رسبوب از سدهای انحرافی تاریک و سنگر، ارزیابی رسبوبگذاری در حوضچه‌های رسبوبگیر سد سنگر، نمونه برداری از رسبوبات کف کanal‌های BP4 و SP3 و تأسیسات مربوطه بعد از پایان فصل آبیاری و نمونه برداری از آب کanal‌ها در طی مسیر، از سد انحرافی تاریک تا سطح مزرعه و زهکشها.

فرسایش رسوب تجمع یافته در حوضچه) می‌باشد. در حوضچه سمت راست سدسنگر، طیف غلظت رسوب ورودی از ۰/۰۷ تا ۰/۶۱ گرم در لیتر و غلظت خروجی از ۰/۰۹ تا ۰/۱ گرم در لیتر بوده است. بر اساس رابطه [۱]، بازده حوضچه سمت راست از ۰/۹۹ تا ۰/۴۳ درصد متغیر بوده است. در این حوضچه، متوسط بازده در دو ماهه اول سال ۱۳۷۴ برابر ۱۱/۲ درصد به دست آمد. این مقادیر با نتایج مطالعات جعفرزاده (۳) تطابقی ندارد.

شکلهای ۴ و ۵ توپوگرافی سطح رسوب حوضچه‌های رسوبگیر سمت چپ و راست سد سنگر را نشان می‌دهند. همان‌طور که در این شکلهای دیده می‌شود، انباشته شدن رسوبات در اثر عدم لایروبی به موقع حوضچه‌ها سبب شده که آب ورودی از مسیر غیریکنواختی در طول حوضچه‌ها حرکت کند و عمل رسوبگیری به خوبی انجام نشود. علت پایین بودن بازده نیز همین تجمع رسوب می‌باشد و گرنه از لحظ طراحی هیچ مشکلی وجود ندارد. در زمستان ۱۳۷۳ (دو سال پس از آخرین لایروبی) حدود ۶۲ درصد حجم حوضچه چپ و ۸۰ درصد حوضچه راست از رسوب پر شده است. بنابراین عمدۀ رسوبات ورودی وارد شبکه‌ها خواهند شد و آنها را مورد تهدید قرار می‌دهند. لذا لازم است که لایروبی این حوضچه‌ها به طور مداوم انجام گیرد.

### ب - زیر شبکه فومنات

در این قسمت، مسیر انتخابی از سد تاریک تا تونل و کanal آب بر فomon و از آنجا کanal‌های BP4 و SP3 مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به ۴ متر تفاوت رقوم کف رودخانه در بالا دست سد تاریک و ورودی آبگیر تونل، درصد بسیار زیادی از رسوبات در پای سد تاریک باقی مانده و وارد تونل نخواهد شد. به همین دلیل، طراحان این سد انحرافی هیچ گونه حوضچه رسوبگیری برای آن طراحی نکردند. در تونل آب بر فomon که از سد تاریک

در فروردین و اردیبهشت ۱۳۷۴ به صورت روزانه از رودخانه (در محل آبگیری این سدها) به وسیله نمونه‌بردار دستی از نوع مداوم عمقی<sup>۱</sup> نمونه‌برداری شد. برای مقایسه غلظتها در ابتداء و انتهای حوضچه‌های رسوبگیر سدسنگر و محاسبه بازده نگهداری رسوب در آنها، در پنج نقطه و در سه تکرار نمونه آب برداشته شد و دبی نیز اندازه‌گیری گردید. در بهار ۱۳۷۴، زمانی که جریان غلیظ از کanal‌ها عبور می‌کرد، از ابتدای سدهای انحرافی فوق در فواصل کوتاه تا نقاط انتهایی شبکه‌های آبیاری نمونه‌های آب برداشته شد و غلظت رسوب نمونه‌ها در آزمایشگاه تعیین گردید. در تعدادی از کanal‌های خاکی مزارع در دو حالت (با وجود علفهای هرز بلند و بدون وجود علفهای هرز) نمونه‌برداری آب صورت گرفت و غلظت رسوب تعیین شد.

### نتایج و بحث

#### الف - حوضچه‌های رسوبگیر سدسنگر

نمونه‌برداری روزانه در طی دو ماه اول سال ۱۳۷۴ از ورودی و خروجی حوضچه‌های رسوبگیر سد سنگر نشان می‌دهد که در حوضچه سمت چپ سدسنگر، غلظت رسوب ورودی از ۰/۰۷ تا ۰/۶۱ گرم در لیتر و غلظت خروجی از ۰/۰۶ تا ۰/۴ گرم در لیتر متغیر است. نسبت حذف رسوب<sup>۲</sup> (یا به عبارتی بازده حوضچه رسوبگیر) از رابطه زیر به دست می‌آید (۹):

$$R = \frac{q_{si} - q_{so}}{q_{si}} \quad [1]$$

R = نسبت حذف رسوب از آب حاوی رسوب

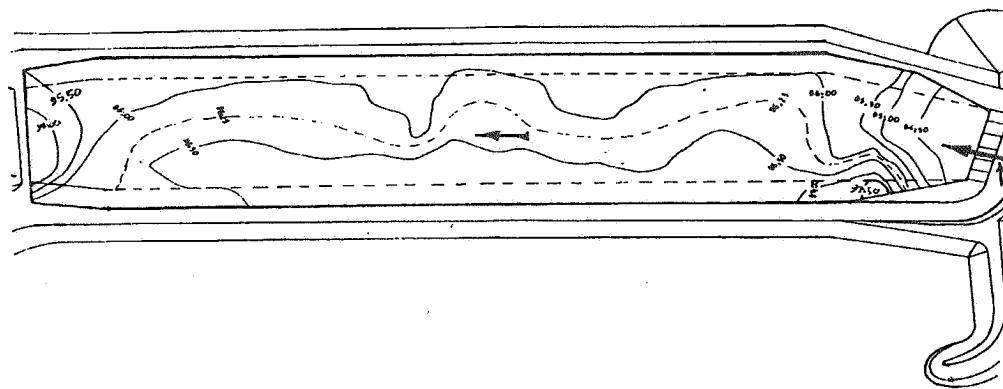
$q_{si}$  = دبی رسوب ورودی به حوضچه

$q_{so}$  = دبی رسوب خروجی از حوضچه

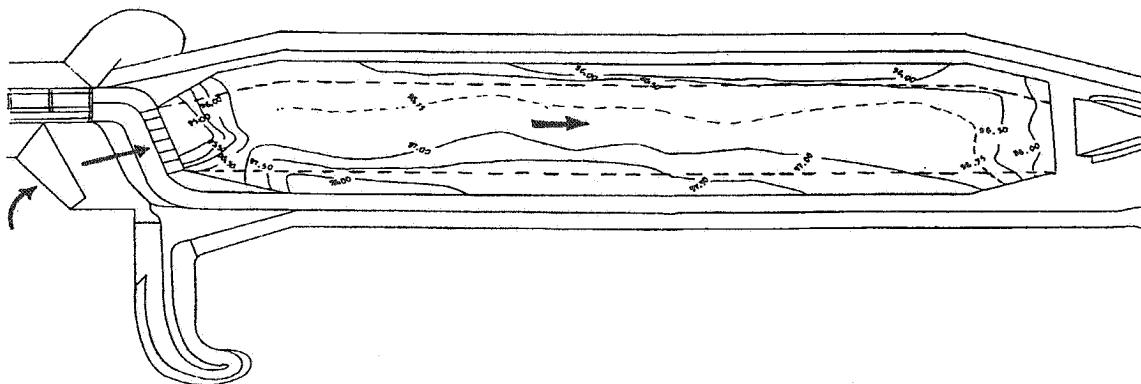
براساس این رابطه، بازده حوضچه رسوبگیر سمت چپ سدسنگر از ۰/۲۶ تا ۰/۴۳ درصد متغیر بود. در این حوضچه، متوسط بازده دو ماهه فروردین و اردیبهشت ۱۳۷۴ برابر ۱۵/۳ درصد به دست آمد. منفی شدن بازده به معنی غلظت کم آب ورودی و غلظت زیاد آب خروجی از حوضچه (به دلیل

1- Depth -integrating sampler (type DH-48)

2- Removal ratio



شکل ۴- توپوگرافی سطح حوضچه و رسویگیر سمت چپ سد سنگر، بعد از اتمام فصل آبیاری در زمستان ۱۳۷۳



شکل ۵- توپوگرافی سطح حوضچه و رسویگیر سمت راست سد سنگر، بعد از اتمام فصل آبیاری در زمستان ۱۳۷۳

آب، رسویگذاری در چند کیلومتر ابتدایی کanal فومن مشاهده نمی شود شاید به این دلیل است که با کاهش غلظت به میزان کمتر از ظرفیت حمل رسووب در کanal (که در بخش عمدۀ فصل زراعی اتفاق می افتد)، رسویبات نهشته شده به تدریج دوباره از جا کنده شده و معلق می گردند.

کanal های ذوزنقه‌ای شکل و بتني BP<sub>4</sub> و SP<sub>3</sub> از کanal خاکی فومن منشعب می شوند (شکل ۶). جدول ۳ کاهش غلظت رسووب در طول کanal BP<sub>4</sub> را در پانزدهم اردیبهشت ۱۳۷۴ نشان می دهد. به طور متوسط در این روز حدود ۱/۵ سانتیمتر رسووب در طول کanal نشسته است.

گرچه خصوصیات هیدرولیکی و هندسی کanal های خاکی فومن و بتني BP<sub>4</sub> و غلظت رسووب واردۀ به آنها متفاوت است اما مقایسه جداول ۲ و ۳ این نکته را مشخص می کند که کاهش

آب می گیرد، به دلیل داشتن شیب ۲ در هزار تا کنون رسوی مشاهده نشده است.

پس از تونل، کanal خاکی آب بر فومن قرار دارد. سرعت آب در آن ۰/۸ متر در ثانیه است و در کیلومترهای ابتدایی آن رسویگذاری قابل ملاحظه ای روی نداده است. اما در موقعی که جریان آب دارای غلظت زیاد باشد خروج آب به شکل سریز از فلوم هایی که در مسیر کanal و در اوایل آن قرار دارد مشاهده گردیده است. به طور قطع این مسئله به دلیل کم شدن قدرت عبور جریان در کanal می باشد (۲) که می تواند ناشی از رسویگذاری ذرات در کف کanal در غلظت بالای جریان آب (بیش از حدود ۵ گرم در لیتر) باشد (جدول ۲). اعداد جدول ۲ در پانزدهم اردیبهشت ۱۳۷۴ و غلظت زیاد آب کanal فومن به دست آمده است. این که چرا در پایان فصل آبیاری پس از قطع

جدول ۳- کاهش غلظت رسوب در طول مسیر کanal

بتنی 4

فاصله از ابتدای کanal (گرم در لیتر)	غلظت رسوب در آب (متر)
۷/۰۰	۰
۶/۸۹	۵۰
۶/۸۶	۱۶۰۰
۶/۷۹	۲۰۰۰
۶/۷۲	۳۰۵۰
۶/۲۵	۴۵۰۰
۶/۱۴	۵۵۰۰
۶/۰۴	۶۷۰۰
۵/۹۳	۷۰۰۰
۵/۸۶	۷۸۵۰
۵/۷۹	۸۴۰۰
۵/۵۴	۸۵۰۰
۵/۱۴	۱۰۷۰۰

غیرقابل استفاده گشته است.

در انتهای کanal ذوزنقه‌ای BP4 کanal S7G با مقطع نیمداireه قرار دارد. شیب و سرعت آب در ابتدای کanal به ترتیب ۱/۱ درصد و ۰/۸۵ متر بر ثانیه و در فاصله ۲۰۰ متری از ابتدای کanal به ترتیب ۰/۶ درصد و ۰/۵ متر بر ثانیه اندازه گیری شده است. در طول این ۲۰۰ متر، غلظت رسوب از ۱/۵ گرم در لیتر به ۰/۴ گرم در لیتر کاهش یافته است. این امر به دلیل ظرفیت کمتر انتقال رسوب در این کanal (نسبت به کanal BP4) و شاید هم نیمداireه‌ای بودن سطح مقطع آن می‌باشد و در نتیجه مسائل رسوب حادتر است. این نکته منطبق بر نتایج تحقیقات جعفرزاده (۳) می‌باشد.

دانه‌بندی ذرات تهشین شده در مسیر سد تاریک تا انتهای کanal مسیر BP4 در شکل ۷ نشان داده شده است. در این شکل دیده می‌شود که ذرات ماسه و سیلت در اکثر موارد رسوب

جدول ۲- کاهش غلظت رسوبات در کanal فومن در مسیر

چوبر تا چهار راه اصلی شفت

فاصله از ابتدای کanal (گرم در لیتر)	غلظت رسوب در آب (متر)
۱۵/۸	۰
۱۰/۸	۵۰
۹/۴	۱۶۰۰
۷/۸	۲۰۰۰
۷/۴	۳۰۵۰
۷/۰	۴۵۰۰
۶/۷	۵۵۰۰
۶/۴	۶۷۰۰
۶/۱	۷۰۰۰

غلظت رسوب در کanal خاکی فومن نسبت به کanal بتنی (BP4) (در یک فاصله مشخص) بیشتر است. بنابراین انتقال رسوب در کanal بتنی BP4 تا فاصله بیشتری صورت می‌گیرد، بدون این که ذرات رسوب تهشین شوند. شیب و سرعت کافی آب در کanal بتنی BP4 سبب انتقال رسوبات به انتهای شبکه آبیاری می‌گردد، که نتایج پاره کار (۲) را تأیید می‌نماید.

بعد از اتمام فصل آبیاری و قطع آب در هر کدام از سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴ مشاهده شد که مقادیر زیادی رسوب در پشت اکثر تأسیسات این کanal جمع شده است که این مسئله در بهره برداری تاثیر نامطلوبی خواهد داشت.

کanal SP3 نیز از لحاظ رسوب و ضعیتی مشابه کanal BP4 دارد. در طول کanal‌های BP4 و SP3 کanal‌های فرعی با مقطع نیمداireه، به فاصله حدود یک کیلومتر منشعب می‌شوند (شکل ۶). به دلیل شیب و سرعت آب کمتر در این کanal‌ها، به طور متوسط رسوبات نشسته در کف این کanal‌های درجه ۳، بعد از اتمام فصل آبیاری، حدود دو برابر کanal اصلی بوده است. حتی در مواردی رسوبات تهشین شده چندان زیاد بوده که کanal



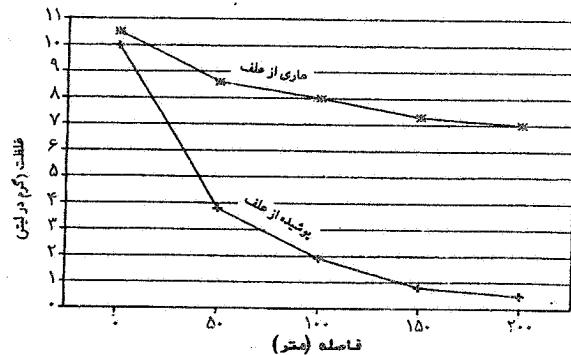
شکل ۶- کانال های  $BP_2$  و  $SP_3$  در زیر شبکه فومنات

جدول ۴ - دانه‌بندی مواد تهشین شده در کanal‌های مزرعه

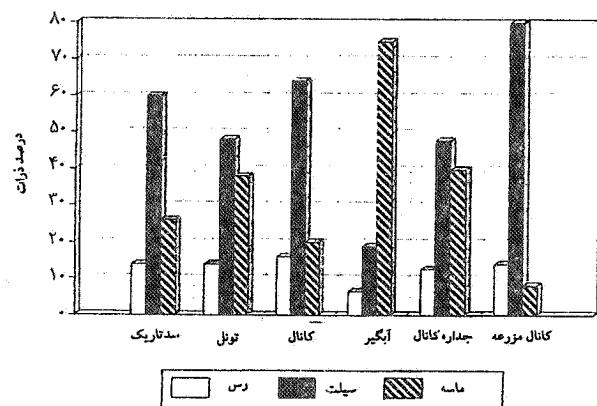
موقعیت	رس	سیلت	ماسه
ابتدای کanal	۸	۶۸	۱۴
۲۰۰ متر از ابتدای کanal	۱۲	۸۴	۴

جدول ۵ - کاهش غلظت رسوب در طول یک کرت برج به ابعاد  $100 \times 100$  متر در مرحله ۱۵ روز بعد از نشاء

فاصله از ابتدا (متر)	۱۰۰	۵۰	۳۰	۱۵	۱۰	۵	۰
غلظت (گرم در لیتر)	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۷۶	۱/۱۹	۳/۳۷	۵/۸۱
درصد تهشینی تجمعی	۹۱/۶	۹۰/۴	۸۸/۸	۸۶/۹	۷۹/۰	۴۲	۰



شکل ۸ - مقایسه کاهش غلظت رسوب در کanal‌های پوشیده از علف هرز و عاری از علف هرز



شکل ۷ - درصد ذرات تهشین شده از سد تاریک تا کanal مزرعه در مسیر ۴

مزرعه، اقدام به نمونه برداری از مواد معلق در طول ۲۰۰ متر یک کanal خاکی در موسسه تحقیقات برج می‌گردید. دو حالت: ۱) کanal با علف هرز زیاد به طوری که اطراف کanal کاملاً پوشیده باشد و ۲) همان کanal ولی عاری از علف هرز، در نظر گرفته شد. شکل ۸ به خوبی نشان می‌دهد که با زدودن علفهای هرز در طول ۲۰۰ متر حدود  $\frac{3}{4}$  درصد مواد معلق تهشین شده‌اند اما در حالتی که علف هرز وجود دارد در همین فاصله حدود ۹۵ درصد مواد رسوبی تهشین شده‌اند. به این ترتیب می‌توان گفت که با از بین بردن علفهای هرز مشکل رسوبگذاری به مراتب کمتر می‌شود.

کanal‌های مزارع، آب را به کرتاهای برج می‌رسانند. چنانچه

کرده‌اند. وضعیت رسوب کanal ۳ SP3 نیز شبیه BP4 می‌باشد. کanal‌های خاکی موجود در سطح مزارع عمده‌تاً دارای شیب و سرعت کم و علفهای هرز بسیار بوده و در مزارع سنتی مشکل پیچ و خم دار بودن کanal نیز به آن اضافه می‌گردد. لذا می‌توان انتظار داشت که سرعت جریان آب در آنها کم باشد. به همین دلیل ذرات ریز دانه نظیر سیلت نیز فرصت تهشینی بیشتری پیدا می‌کنند (جدول ۴). چنانچه عوامل کاهش سرعت (یعنی علفهای هرز و پیچ و خم کanal) از بین برده شوند رسوب کمتری در کanal‌های مزرعه باقی خواهد ماند. به عنوان مثال، برای نشان دادن تأثیر علفهای هرز در روند رسوبگذاری کanal‌های خاکی

شبکه فومنات وجود ندارد ایجاد تأسیسات جدید رسوبگیری در ابتدای این شبکه می‌تواند مشکل رسوب را در این قسمت بسیار کاهش دهد. همچنین لازم است تأسیسات شبکه مزبور به طور مرتب بازرسی شده و در موقع لزوم لایروبی گردد، علفهای هرز کanal‌های مزرعه از بین برده شوند و رقوم ارتقایی کرتهای برنج کنترل گردد.

#### قدردانی

از سازمان تحقیقات کشاورزی و موسسه تحقیقات برنج به خاطر تأمین بودجه و امکانات انجام این طرح و از سازمان آب گیلان به خاطر همکاریهای بی‌شایبه سپاسگزاری می‌شود.

شبکه قادر به کنترل رسوب نباشد ذرات رسوب وارد کرتها خواهند شد. با توجه به جدول ۵ ملاحظه می‌شود که عمدۀ مواد رسوبی واردۀ به سطح مزرعه ریزدانه بوده و ورود آنها به داخل کرت برنج از نظر تغذیه مفید خواهد بود، به شرطی که رقوم ارتقایی سطح مزرعه چندان تغییری نکند.

در کanal‌های زهکشی، به دلیل تهشین شدن عمدۀ ذرات رسوب در سطح کرتهای برنج، مسئله رسوب به شدت کanal‌های آبیاری نیست. به طور مثال، زمانی که غلظت رسوب در کanal آبیاری  $5/81$  گرم در لیتر بود غلظت رسوب در ابتدای زهکش مزرعه  $34/3$  گرم در لیتر و در فاصله  $90$  متری از ابتدای برابر  $31/0$  گرم در لیتر اندازه گیری شد.

به طور کلی، از آنجا که هیچ گونه تأسیسات رسوبگیری در

#### منابع مورد استفاده

- ۱- امور مطالعات آب و خاک. ۱۳۶۲. گزارش رسوبات سد سفیدرود، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای شمال.
- ۲- پاره کار، م. ۱۳۷۱. بررسی سرعت رسوبگذاری در کanal‌های آبیاری (شبکه آبیاری گتوند، خوزستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.
- ۳- جعفرزاده، ا. ۱۳۷۱. روش‌های کنترل رسوب در شبکه‌های آبیاری و آبرسانی، انتشارات فرهنگ جامع، تهران، ۱۸۹ صفحه.
- ۴- حدادی، م. ۱۳۶۶. بررسی رسوب و رسوب‌زدایی در مخزن سد سفیدرود و اثرات آن در پایاب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.
- ۵- شتاب بوشهری، س. ب. ۱۳۷۴. طراحی بهینه حوضچه‌های رسوبگیر در شبکه‌های آبیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۲ صفحه.
- ۶- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۶۹. گزارش مطالعات طرح ساماندهی رودخانه سپیدرود، مهندسین مشاور زیستاب.
- ۷- کسمایی، ه. م. ۱۳۷۱. کنترل رسوب ورودی به آبگیرها در سدهای انحرافی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.
- ۸- میرابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۱. تخمین سرعت رسوبگذاری در کanal‌های پوشش‌دار با استفاده از غلظت مواد معلق و مقایسه آن با سایر روش‌های موجود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- 9- Arci, I. 1990. Design of intakes and settling basins. In: Sediment Transport Technology, Proceedings, Vol. 1, DSI, Ankara, Turkey, pp. 10.1-10.28.
- 10- Blench, T. 1966. Mobile-Bed Fluviology. Dept. of Tech. Services, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- 11- Engelund, F. and E. Hansen, 1967. A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams. Teknisk

Vorlag, Copenhagen, Denmark.

- 12- Kennedy, R.G. 1895. The prevention of silting in irrigation canals. Proc., Inst. of Civil Eng. 119: 281-290.
- 13- Lane, E.W. 1955. Design of stable channels, Trans., ASCE, 120: 1234-1279.
- 14- Lindley, E.S. 1919. Regime channels. Proc. Punjab Engineering Congress.
- 15- Novak, P., and C. Nalluri, 1975. Sediment transport in smooth fixed bed channels. Proc. ASCE, J. Hyd. Div. 101 (9): 1139-1154.
- 16- Paul, T.C., and V.S. Sakuja, 1990. Why sediment deposit in lined channels. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 116: (5).
- 17- Sayre, W.W. 1969. Dispersion of silt particles in open channel flow. ASCE, J. Hyd. Div. 95 (3): 1009-1038.
- 18- Tolouie, E. 1984. Reservoir sedimentation and de-siltation. Ph.D. dissertation, Engineering University of Birmingham.
- 19- USBR, 1967. Canals and Related Structures, Design Standards No. 3, Chapter 1, Dept. of the Interior, Denver, Colorado, USA.