خلاصه مدیریتی

طرح تأثیرات سازندهای نمکی در مخزن سد گتوند علیا بر شوری آب رودخانه کارون

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۲۰۳۰
آبان‌ماه ۱۳۹۰
دفتر: مطالعات زیربنایی

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۳
۱. طرح مسئله ۵
۲. تاریخچه ٦
٤. پیش‌بینی شوری آب دریاچه سد ۱۳
٥. نتایج پیش‌بینی برای اقدامات علاج‌بخشی ۱۷
٦. اظهارنظر کارشناسی ۱۹
جمع‌بندی و پیشنهادات ۲۲
منابع و مآخذ ۲٦

خلاصه مدیریتی
طرح تأثیرات سازندهای نمکی در مخزن سد گتوند علیا بر شوری آب رودخانه کارون

چکیده

متأسفانه تا قبل از شروع انجام مطالعات صحرایی درخصوص سازند نمکی در سال ۱۳۸۵ توسط شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس هیچ‌گونه مطالعه دیگری توسط مهندسان مشاور قبلی طرح (شرکت مشانیر به‌عنوان مسئول انجام فاز ۱ مطالعات (۱۳۷٤) و شرکت مهاب قدس که متولی اتمام فاز ۲ مطالعات بود (۱۳۸۲)) صورت نگرفته بود.

طرح سد و نیروگاه گتوند علیا در ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون و ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان شوشتر و در نزدیکی شهر گتوند واقع شده است که در پایین‌دست آن سد دیگری احداث نخواهد شد.

در چند ماه اخیر در مورد پروژه سد گتوند علیا به‌عنوان بزرگ‌ترین پروژه عمرانی کشور ابهامات و انتقادهای بسیاری مطرح شد که با توجه به اهمیت این گونه پروژه‌ها برای زندگی مردم منطقه و استان به‌لحاظ اجتماعی ـ سیاسی، واکاوی واقعیت و تفکیک شایعه از حقیقت امری حیاتی است. آبگیری از سد گتوند علیا ششم مردادماه سال جاری با حضور رئیس‌جمهور انجام شد. از چند ماه پیش از آن با مطرح شدن رسیدن به زمان

آبگیری سد، نگرانی‌هایی از بابت وجود سازند گچساران در مخزن سد و احتمال شور شدن رودخانه کارون مطرح شد. پس از آبگیری سد نیز اظهارات ضدونقیضی از شور شدن آب مطرح بود تا اینکه حجم انتقادها گسترش یافت.

البته لازم به ذکر است که تا قبل از شروع انجام مطالعات صحرایی درخصوص سازندهای نمکی در سال ۱۳۸۵ توسط شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، هیچ‌گونه مطالعه دیگری صورت نگرفته بود. این امر نشاندهنده شتابزدگی در امر اجرایی کردن طرح قبل از اتمام مطالعات ضروری است. در صورتی که مطالعات لازم و دقیقی جهت شناسایی منطقه و انتخاب مکان احداث سد صورت می‌گرفت از بروز مشکلات آتی جلوگیری به عمل می‌آمد.

بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که مشکل وجود سازندهای نمکی و امکان شور شدن آب مخزن سد صحت داشته و برای جلوگیری از شور شدن آب مخزن سد در اثر انحلال سازندهای نمکی تمهیدات زیادی اندیشیده شده و به مرحله اجرا درآمده است که از آن جمله می‌توان به احداث پتوی رسی بر روی سازندهای نمکی مذکور اشاره کرد. چنانچه تراز پتوی رسی تا تراز بالاتر از تراز نرمال مخزن ایجاد شده و اجرای آن براساس اصول فنی و ضوابطی در جهت پایداری آن صورت می‌گرفت به احتمال زیاد می‌توانست از شوری آب داخل مخزن و آب خروجی از مخزن جلوگیری کند. به‌نظر می‌رسد که انجام این عملیات و تکمیل آن با اتخاذ سناریوی مناسب بهره‌برداری با خارج کردن آب شور از لایه‌های زیرین مخزن، جهت حفظ و نگهداری این سرمایه ملی اجتناب‌ناپذیر است.

قابل ذکر است که با توجه به عدم قطعیت‌های موجود و احتمال وقوع شرایط

پیش‌بینی نشده نظیر مکانیسم جدید انحلال و یا ورود شوری به داخل مخزن از محل‌هایی پیش‌بینی نشده، که ممکن است موجب عدم امکان کنترل شوری مخزن شود، لازم است که شرایط و آمادگی کافی جهت تخلیه مخزن در هر ترازی از ابتدای آبگیری وجود داشته باشد. بدیهی است در صورت لزوم تخلیه باید شرایط لازم جهت عبور شوری زیاد در پایین‌دست مخزن ایجاد شود.

موضوع مهم دیگری که قابل تأکید است این است که اگرچه مشکل به‌وجود آمده به‌دلیل عدم دقت در مراحل پیش‌شناخت و شناخت طرح است، لذا با توجه به اینکه تاکنون هزینه‌ای بالغ بر ۱۷۰۰۰ میلیارد ریال در این طرح هزینه شده است، و همچنین با توجه به امکان‌پذیری علاج‌بخشی آن از لحاظ فنی و ناچیز بودن هزینه علاج‌بخشی آن در قیاس با هزینه کل طرح، در نتیجه پیگیری علاج‌بخشی آن از لحاظ اقتصادی و ثمربخشی در مراحل بعد قابل توجیه است که این امر باید مورد توجه تصمیم‌گیران و مسئولین امر قرار گیرد.

مقدمه

سد و نیروگاه گتوند علیا در پایین سد مسجد سلیمان، در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گتوند و ۲۵ کیلومتری شمال شهرستان شوشتر و در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون واقع شده که پایین‌ترین سد مخزنی روی این رودخانه محسوب می‌شود.

تولید انرژی برق آبی به میزان ٤٥٠٠ گیگاوات ساعت در سال، کنترل سیلاب‌های

فصلی رودخانه کارون و آب‌های خروجی از سدهـای بـالادست، تأمین آب آشامیدنی شهرهای گتوند، شوشتر، ملاثانی، اهواز، تنظیم آب کشاورزی ۲۰۰ هزار هکتار زمـین زراعی و باغی پایین‌دست و ایجاد جاذبه‌های گردشـگری از اهـداف سـاخت ایـن سـد می‌باشد.

عملیات احداث تونل‌های انحراف در اردیبهشت‌ماه سـال ۱۳۷٦ و عملیـات اصـلی ساختمان سد توسط قرارگاه خاتم‌الانبیاء به‌عنوان پیمانکار طرح در سـال ۱۳۸۰ آغـاز شد و انحراف کامل آب رودخانه پس از عملیـات اجرایـی فرازبنـد، در اردیبهشـت‌مـاه ۱۳۸۲ صورت گرفت. همچنین این سد با ۲۷ کیلومتر تونل بزرگ‌ترین تونل‌های آب‌بـر نیروگاه‌های آبی در کشور را بـه‌لحاظ طول و سطح مقطع دارا می‌باشد.

طرح سد و نیروگاه گتوند علیا با حجم خاک‌برداری حدود ۸۲ میلیـون مترمکعـب (بیش از ۳۲ میلیون مترمکعب آن مربوط به خاک‌ریزی بدنـه سـد بـوده اسـت)، حجـم بتن‌ریزی حدود ۲/۲ میلیون مترمکعب، وزن ۲٦۰۰۰ تنی تجهیزات هیـدرومکانیک و در نظر گرفتن طرح‌های جانبی آن ازجمله پل لالی، پل قیصر امین‌پور و راه‌های جـایگزین احداثی بزرگ‌ترین پروژه عمرانی کشور محسوب می‌شود.

بـرای ساخت این سد با ارتفاع از پی ۱۸۰ متر و طـول تـاج ۷٦۰ متـر، تـاکنون بیش از ۱٦۰۰ میلیارد تومـان سرمایه‌گذاری شده و انتظار می‌رود حدود ۵۰۰ تـا ٦۰۰ میلیارد تومان دیگر نیز تا اتمام پروژه هزینه شود. همچنین در ایـن طـرح بـیش از ۱۰ هزار نفر به‌طور مستقیم و غیرمستقیم اشتغال داشته‌اند.

قابل ذکـر اسـت کـه طـول دریاچـه ایـن سـد ۹۰ کیلـومتر و مسـاحت آن ۹٦۵۰۰ مترمربع بوده و ۲٤٤ متر بـالاتر از سطح دریا قرار دارد.

متأسفانه علیرغم اینکه عملیات اجرایی این طرح از سال ١٣٧٦ آغاز گردید اما فاز ٢ طرح توسط شرکت مهاب قدس به‌شکل رسمی در سال ١٣٨٢ شروع شد.

آبگیری این سد در ٤ مرحله اجرا می‌شود. در مرحله اول به مدت سه ماه، سد حداکثر تا تراز ١٤٠ آبگیری می‌شود؛ در این تراز ٢٨٠ میلیون مترمکعب آب ذخیره می‌شود. در این مرحله قرار است ضمن کنترل تمام موارد فنی طرح با استفاده از تجهیزات مدرن، کیفیت آب تمام نقاط مخزن سد و اعماق آن کنترل و آزمایش شود. مرحله دوم تا تراز ١٦٠ و مرحله سوم نیز تا تراز ١٨٥ آبگیری خواهد شد. تراز نرمال سد نیز ٢٣٠ است که تا سال آینده آبگیری می‌شود.

در این گزارش، به مباحث مختلف توده‌های نمکی و انحلال آن، شرایط موجود و آینده شوری آب رودخانه کارون در قالب سناریوهای محتمل با ارائه راهکارهای علاج‌بخشی پرداخته می‌شود.

١. طرح مسئله

قسمتی از تکیه‌گاه چپ مخزن در فاصله حدود ٤/٥ کیلومتری بالادست سد، با طول ٢٢٠٠ متر و ارتفاع حداکثر ٨٠ متر که در این گزارش به‌عنوان توده گچساران عنبل نامیده شده است، دارای توالی نسبتاً ضخیم و کارستی شده از سازند تبخیری گچساران متشکل از مارن، انیدریت و نمک می‌باشد. با توجه به اینکه سطح قابل توجهی از این توده پس از آبگیری در زیر تراز نرمال مخزن (٢٣٠ متر) قرار می‌گیرد بنابراین نگرانی از بابت انحلال بخش‌های انحلال‌پذیر، امکان فرار آب و همچنین تغییر

کیفیت آب مخزن برای مصارف پایین‌دست وجود دارد. برخی کارشناسان به‌خصوص در حوزه محیط زیست، وجود این گنبدهای نمکی و ساخت و آبگیری سد گتوند را باعث شور شدن آب کارون می‌دانند. با این حال مسئولان و متخصصان مربوط اعلام کرده‌اند که تا قبل از آبگیری سد، گزینه احداث دیواره‌ای با سنگ و رس که به آن پتوی رسی می‌گویند، باعث می‌شود تا این توده‌های نمکی با سرعت کمتر و در مدت زمان طولانی‌تر در آب انحلال یافته و وارد آب‌های دریاچه گردد. اما متأسفانه به‌دلیل عدم رعایت ملاحظات فنی توسط شرکت مشاور (مهاب قدس) در قسمت اجرای عملیات علاج‌بخشی نیز موفقیت چندانی حاصل نشده است و پس از آبگیری اولیه سد قسمت‌هایی از پتوی رسی احداث شده فرو ریخته است؛ با توجه به مطالب مذکور ضروری است که نحوه عملکرد این پوشش، درحال حاضر و همچنین در طی مراحل بعدی به‌طور دقیق بررسی شود تا ضرورت ادامه احداث پوشش مذکور و همچنین ترمیم قسمت‌های آسیب‌دیده و تعیین میزان اثربخشی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. ازاین‌رو مطالعات حاضر (بررسی جنبه‌های مختلف وجود توده گچساران و به‌ویژه اثرات آن بر روی کیفیت آب مخزن) با درک معضل فوق‌الذکر، در پی یافتن پاسخی در خور برای حل این مشکل، در دستور کار قرار گرفته است.

۲. تاریخچه

بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که تا قبل از شروع انجام مطالعات صحرایی در سال ۱۳۸۵ توسط شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس هیچ‌گونه مطالعه دیگری

توسط مهندسان مشاور قبلی طرح (شرکت مشانیر به‌عنوان مسئول انجام فاز ۱ مطالعات (۱۳۷٤) و شرکت مهاب قدس که متولی اتمام فاز ۲ مطالعات بود (۱۳۸۲))، با هدف بررسی اثرات سازندهای زمین‌شناسی بر روی کیفیت آب مخزن پس از آبگیری انجام نشده و صرفاً به شرایط کلی زمین‌شناسی و وضعیت کمّی‌وکیفی رودخانه کارون پرداخته شده بود.

بررسی‌های دفتری جنبه‌های مختلف اثرات توده گچساران عنبل در مخزن سد گتوند از اواسط سال ۱۳۸۳ توسط شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس آغاز گردید. در بدو امر به دلیل حساسیت موضوع سعی شد تا ضمن دعوت از کارشناسان باتجربه و خبره داخلی و بین‌المللی، استراتژی و نحوه وارد شدن به موضوع تدوین گردد که خود این مسئله با توجه به بدیع بودن آن و نبود موارد مشابه در سطح داخل و خارج از کشور بر دشواری کار افزود و در نهایت مطالعات اکتشافی با حفاری ۷ گمانه از سال ۱۳۸۵ آغاز گردید.

در ذیل، مجموعه بررسی‌ها و مطالعاتی که صورت گرفته، ارائه شده‌اند:

ـ مطالعات اولیه انجام شده توسط شرکت مهاب قدس

محورهای اصلی فعالیت‌های انجام شده عبارتند از:

۱. بازدیدهای مکرر و دعوت از کارشناسان مختلف به‌منظور بررسی دقیق موضوع،

۲. بررسی‌های مختلف زمین‌شناسی و تهیه نقشه،

۳. بررسی شیوه‌های تأثیر سازند گچساران بر کیفیت آب مخزن،

٤. برآورد حجم مؤثر سازند گچساران و دارای پتانسیل انحلال،

۵. بررسی امکان فرار آب از مخزن،

٦. شبیه‌سازی کیفیت آب با فرض اختلاط کامل در دوره ٤١ ساله.

انجام شبیه‌سازی کیفیت آب مخزن با استفاده از آنالیز حساسیت و در قالب دو سناریو:

سناریو A: بخش عمده‌ای از نمک در سال اول آبگیری حل می‌شود.

سناریو B: در ماه اول آبگیری لغزش به میزان ۱۵ میلیون مترمکعب صورت می‌گیرد و مابقی نمک در:

- سال اول حل می‌شود (B_1)،
- دو سال اول حل می‌شود (B_2)،
- چهار سال اول حل می‌شود (B_3)،
- ده سال اول حل می‌شود (B_4).

ـ مطالعات تکمیلی توسط مشاور خارجی (شرکت‌های DHI و SRK)

پس از انجام مطالعات اولیه توسط شرکت مهاب قدس و ارائه گزارش آن، بنا بر صلاحدید کارفرمای طرح (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران) و به‌منظور بهره‌گیری از تجارب بین‌المللی به‌ویژه برای تدقیق بحث چگونگی نرخ انحلال نمک و مدل‌سازی کیفیت آب مخزن، توافقات و هماهنگی‌های لازم در این مورد به عمل آمد و در این ارتباط در اواسط سال ١٣٨٦ شرکت DHI از کشور دانمارک برای مطالعات تکمیلی انتخاب گردید. از آنجا که این شرکت در زمینه بررسی‌های ژئوتکنیکی فاقد تجربه لازم بود با شرکت SRK از کشور انگلیس به‌صورت مشترک فعالیت نموده است.

در این دوره شرکت مهاب قدس به‌عنوان فراهم‌کننده اطلاعات مورد نیاز، ناظر بر عملیات ژئوتکنیک و بررسی‌کننده انطباق گزارش‌های تهیه شده توسط مشاور خارجی با شرح خدمات قرارداد فی‌مابین، عمل نموده است. اهم نتایج مطالعات تکمیلی به‌طور

خلاصه عبارتند از:

۱. برآورد وجود حدود ۲۳ درصد نمک، ۲۰ درصد انیدریت، ۵۲ درصد دیگر مصالح شامل مارن و غیره و حدود ۵ درصد فضای خالی ناشی از سقوط راد حفاری برپایه لاگ گمانه‌ها،

۲. بررسی در مورد احتمال وقوع گسیختگی و پیش‌بینی سه نوع گسیختگی زیر:

ـ گسیختگی‌های سطحی و کم‌حجم ناشی از مرطوب شدن مصالح واریزه‌ای در پای شیب (Talus)،

ـ گسیختگی‌های سطحی و عمیق ناشی از تغییر سطح آب،

ـ گسیختگی‌های ناشی از انحلال نمک و انیدریت.

۳. تعیین نرخ انحلال در سه مکانیسم اصلی تأثیرگذار بر کیفیت مخزن شامل:

ـ انحلال ناشی از تماس مستقیم آب مخزن با رخنمون‌های نمک و گچ،

ـ انحلال ناشی از لغزش و ناپایداری‌های توده گچساران در مجاورت رودخانه و مخزن،

ـ انحلال ناشی از ورود جریان آب مخزن به داخل سازند گچساران که نتیجه آن انحلال برجای مصالح و سپس برگشت آب مینرالیزه شده به مخزن می‌باشد.

٤. تعیین احجام نمک و انیدریت یا ژیپس فرسایش و انحلال یافته از سه مکانیسم اصلی فوق‌الذکر و تهیه جداول پایه‌ای برای استفاده در مدل کیفی. لازم به توضیح است که این جداول دارای احجام محاسبه شده در وضعیت موجود (قبل از آبگیری) و روند ٤٨ ساله آن می‌باشد،

۵. شبیه‌سازی یک بُعدی با هدف شناخت بیشتر سیستم، تعیین دوره‌های بحرانی کیفیت آب و فراهم شدن زمینه شبیه‌سازی بلندمدت،

٦. شبیه‌سازی مدل دو بُعدی قائم برای نمایش لایه‌بندی شوری و دما،

۷. ارائه نتایج و پیشنهادات که اصلی‌ترین نکات در این ارتباط شامل موارد زیر است:

ـ ایجاد لایه‌بندی شوری در مخزن و تشکیل یک لایه با شوری خیلی بالا در کف،

ـ تأثیر و اهمیت مدیریت بهره‌برداری در کیفیت مخزن و آب خروجی از آن،

ـ کاهش شوری آب در صورت استفاده همزمان از خروجی‌های مختلف سد که شامل تخلیه‌کننده تحتانی، آبگیر نیروگاه و سرریز می‌باشد،

ـ نقش مثبت سرعت آبگیری در کیفیت آب مخزن،

ـ پیشنهاد رفتارنگاری دما و کیفیت آب مخزن و همچنین رفتارنگاری شیب‌های مشرف به رودخانه،

ـ بهنگام کردن مدل کیفی مخزن با استفاده از رفتارنگاری‌های فوق برای یک دوره ۳ تا ۵ ساله.

ـ سایر اقدامات انجام شده

علاوه‌بر اقدامات پیش‌بینی شده فوق طی هماهنگی‌ها و نشست‌های مختلف و همکاری امور ژئوماتیک شرکت مهاب قدس و نظر به پیگیری‌های کارفرما و با توجه به پیشنهاد مشاور خارجی مبنی‌بر ضرورت پایش شیب‌های توده نمکی مقرر شد این کار به روش لیزر اسکن انجام گیرد. در واقع از آنجا که در سال ۱۳۸۵ (به‌منظور تدقیق نقشه‌های توپوگرافی) یک مرحله لیزر اسکن در این محدوده انجام شده بود سعی شد تا با تکرار این عملیات و مقایسه آن با نتایج قبل، تغییرات ایجاد شده در توده در طی این مدت (از ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸) مورد بررسی قرار گیرد. پس از انجام این کار، مقایسه شرایط نشان داد که بجز وقوع تغییرات سطحی در برخی از مقاطع تغییر

عمده‌ای ایجاد نشده است. خلاصه مطالعات و فعالیت‌های انجام شده در جدول زیر ارائه شده است.

جدول اهم و خلاصه مطالعات و فعالیت‌های انجام شده

اواسط ۱۳۸۳	ـ بازدیدهای اولیه و برنامه‌ریزی
۱۳۸٤	ـ تشکیل جلسات هماهنگی و انجام توافقات با کارفرمای طرح ـ انتخاب پیمانکار (شرکت گمانه کاو) برای حفاری‌های اکتشافی و نمونه‌برداری از آب کارون برای مطالعات کیفی
۱۳۸۵- ۱۳۸٦	ـ انجام اولین مرحله حفاری‌های اکتشافی با حفر ۷ گمانه (SA1ـ7) ـ تهیه نقشه و مقاطع زمین‌شناسی از محدوده مورد مطالعه ـ انجام مطالعات ژئوفیزیکی به روش ژئوالکتریک و لرزه‌ای بازتابی ـ انجام مطالعه کیفیت آب و مدل‌سازی کیفی ـ اطلاع از وجود سازندهای نمکی در محدوده مخزن سد، توسط شرکت مهاب قدس و بررسی امکان حل این مشکل در مراحل بعدی
۱۳۸۷	ـ ارائه گزارش ژئوتکنیک (تهیه شده توسط شرکت مهاب قدس) ـ انتخاب مشاور خارجی (شرکت DHI) برای انجام مطالعات تکمیلی ـ تشکیل جلسات فنی و بازدیدهای کارگاهی مشترک ـ شروع مطالعات ژئوتکنیکی تکمیلی توسط مشاور خارجی با حفر ۹ گمانه (SA8ـ16)
۱۳۸۸	ـ ادامه مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی و انجام مطالعات کیفیت آب با استفاده از نتایج آن ـ ارائه گزارشات مطالعات تکمیلی ژئوتکنیک و کیفیت آب توسط مشاور خارجی ـ تشکیل جلسات فنی مشترک با مشاور خارجی در مورد گزارشات فوق ـ مدل‌سازی کیفیت آب مخزن توسط محققین داخلی همزمان با مشاور خارجی ـ برنامه‌ریزی و انجام اقدامات لازم برای تشکیل نشست هم‌اندیشی تخصصی بین‌المللی ـ تشکیل نشست هم‌اندیشی تخصصی بین‌المللی ـ برنامه‌ریزی و انجام هماهنگی‌های لازم برای انجام مرحله جدید مطالعات با تمرکز بر

	موارد مطرح شده در نشست هم‌اندیشی ـ تلاش برای تدقیق نرخ انحلال با ساخت مدل‌های فیزیکی و آزمایشگاهی
۱۳۸۹	ـ تدقیق چگونگی گسترش و حجم نمک در محدوده توده گچساران عنبل با استفاده از داده‌های مختلف اخذ شده از شرکت نفت ـ شروع مرحله جدید مطالعات ژئوفیزیکی با استفاده از روش‌های GPR و میکروگراویمتری ـ ساخت مدل ۱/۲۰۰ در کارگاه و انجام بررسی‌های مختلف برای تدقیق نرخ انحلال ـ تدقیق نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۲۰۰۰ و بررسی بیشتر دیگر رخنمون‌های سازند گچساران در مخزن سد گتوند ـ به‌روز کردن مدل کیفیت آب با استفاده از اطلاعات جدید به‌ویژه با نرخ‌های انحلال و حجم نمک تدقیق شده ـ انجام بررسی و انتخاب سیستم رفتارنگاری کیفی مخزن و عقد قرارداد با پیمانکار ـ شروع عملیات علاج‌بخشی با انجام اصلاح شیب و احداث برم و عملیات پوششی
شش ماه اول ۱۳۹۰	ـ ادامه عملیات علاج‌بخشی با انجام اصلاح شیب و احداث برم و عملیات پوششی تا ارتفاع ۱۴۰ متری. ـ بازدید گروه مطالعاتی کارشناسی مرکز پژوهش‌های مجلس از بخش‌های مختلف طرح، سازند نمکی، عملیات پوششی سازند و دریاچه مخزن ـ انجام آبگیری مرحله اول ـ کنترل و بازسازی پوشش رسی در شرایط لغزش و گسیختگی بر اثر ناپایداری پوشش ـ پایش مستمر و ارزیابی شوری آب مخزن در ارتفاعات مختلف پس از آبگیری اولیه مخزن ـ تشکیل نشست تخصصی ارزیابی اثربخشی پوشش رسی و بررسی گزینه‌های تکمیلی مدیریت آب و شوری مخزن با خارج کردن آب شور از لایه‌های زیرین مخزن

۴. پیش‌بینی شوری آب دریاچه سد

براساس روش‌های در پیش گرفته شده در تعیین نرخ انحلال می‌توان دو نرخ حداقل و حداکثر را بسته به شرایط مختلف در نظر گرفت. متوسط نرخ انحلال در حدود ۱ سانتیمتر در ساعت براساس آزمایش‌های شاخص و حدود ۱/۲۵ سانتیمتر در ساعت، براساس آزمایش‌های چرخش آب در دانشگاه تربیت مدرس تعیین شده است و مقدار حداکثری آن در مدل بزرگ مقیاس در حدود ۳ سانتیمتر در ساعت برآورد می‌شود.

ذکر این نکته ضروری است که پوشش‌های محدود در اندازه چند ده سانتیمتر در خلال این آزمایش‌ها کمک چندانی به کاهش نرخ انحلال نکرده است و برای این مهم احتمالاً نیاز به ضخامت‌های بیشتری است.

همچنین نقش بلوک‌هایی که در صورت عدم علاج‌بخشی از ترازهای بالاتر به درون مخزن پرتاب می‌شوند و موجب افزایش شوری آب می‌شوند مورد بررسی قرار نگرفته است.

در بررسی انحلال حفرات کارستی در داخل تکیه‌گاه که با نفوذ آب مخزن وارد چرخه انحلال می‌شوند، در صورتی‌که در سطح، هیچ‌گونه سیستم علاج‌بخشی وجود نداشته باشد نرخ انحلال کمابیش چشمگیر و در حدود ۰/۲۰ تا ۱ سانتیمتر در ساعت برآورد گردید. همچنین در صورت ایجاد سیستم علاج‌بخشی مؤثر در سطح نرخ انحلال به‌صورت حداقلی درآمده و به حدود ۰/۲۵ سانتیمتر در ساعت می‌رسد و در صورت وجود گلوشدگی و هرگونه شیب در خلاف جهت جریان توقف در انحلال رخ خواهد داد.

با توجه به مشخص شدن سطح نمک و سرعت انحلال، میزان کل نمک حل شده در واحد زمان قابل محاسبه خواهد بود. این مقدار برابر خواهد بود با حاصلضرب غلظت در دبی که با در نظر گرفتن غلظت ۳۰۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقدار دبی مربوط، محاسبه می‌گردد. همچنین با توجه به شوری بالای این آب و پتوی رسی ایجاد شده، محل خروج این آب از تراز ۱۰۰ متر به پایین فرض شد.

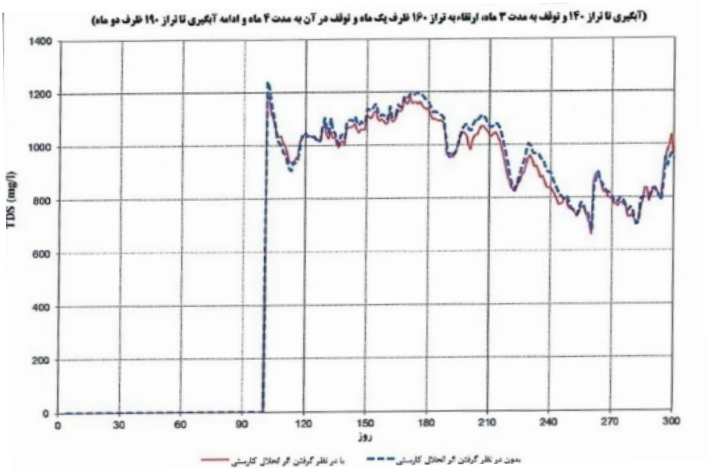
پس از برپایی مدل برای مخزن سد گتوند، شبیه‌سازی فرآیند شور شدن مخزن در دوره‌های آبگیری و بهره‌برداری توسط مدل مذکور، بدون در نظر گرفتن اثر پتوی رسی احداث شده و همچنین اقدامات پیشنهادی برای تخفیف مشکلات ناشی از انحلال نمک سازند گچساران، انجام شد. جهت مشخص شدن اثرات انحلال سازند نمکی در مخزن سد علاوه بر تأثیر آن در مواد جامد محلول جریان خروجی، میزان آن در ٤ رقوم مختلف از مخزن نیز مد نظر قرار گرفت. رقوم‌های انتخاب شده برای نشان دادن میزان مواد جامد محلول عبارتند از: ۹۰، ۱۳۰، ۱٤٥ و ۱٦۰ متری از سطح دریا. بر این اساس میزان کل مواد جامد محلول در جریان خروجی و همچنین در رقوم‌های مورد نظر مخزن سد در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است.

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، در شکل‌های مذکور سناریوهای مبتنی‌بر بروز انحلال کارستی با فرض انحلال ۳۰ درصد نمک موجود در هر لایه از طریق حفرات کارستی می‌باشد. با توجه به وجود عدم قطعیت‌های فراوان در فرض مذکور، سناریوی دیگری با فرض انجام ۷۰ درصد انحلال نمک موجود در هر لایه در حفرات کارستی مدنظر قرار گرفت.

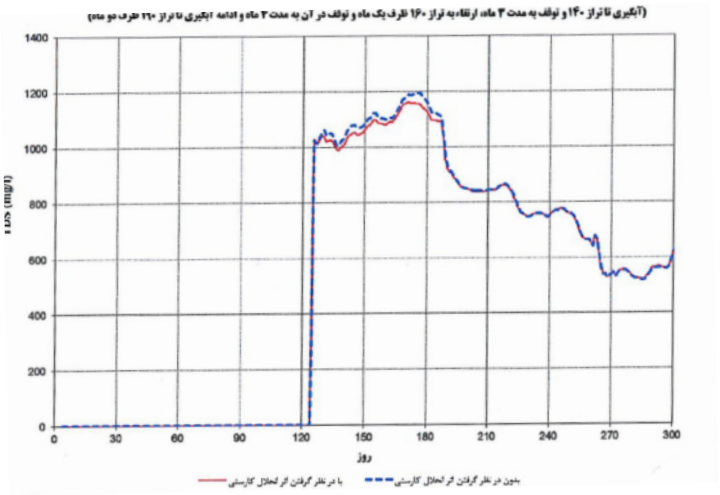
همچنین با توجه به وجود برخی نظرات کارشناسی و مطالعات آزمایشگاهی

انجام شده، که بعضاً مبین بروز نرخ‌های انحلال بیشتر در اثر سرعت‌های طولی در مخزن و اثر نوسانات سطح آب و امواج سطحی می‌باشد، سناریوهایی نیز به‌منظور بررسی تأثیر تغییرات در ضرایب در نظر گرفته شده برای تأثیر عوامل مذکور در نظر گرفته شد. در این سناریوها فرض گردید در محاسبه نرخ انحلال، ضریب مربوط به دو فاکتور مذکور (وجود سرعت‌های طولی در مخزن و نوسانات و امواج سطحی) که در حالت اصلی برابر ۱/۵ فرض شده است، به‌ترتیب به ۳ و ۵ افزایش یابد. در نتیجه سه سناریوی جدید به‌صورت تأثیر هر یک و توأم این مقادیر در محاسبه نرخ انحلال مطرح می‌گردد.

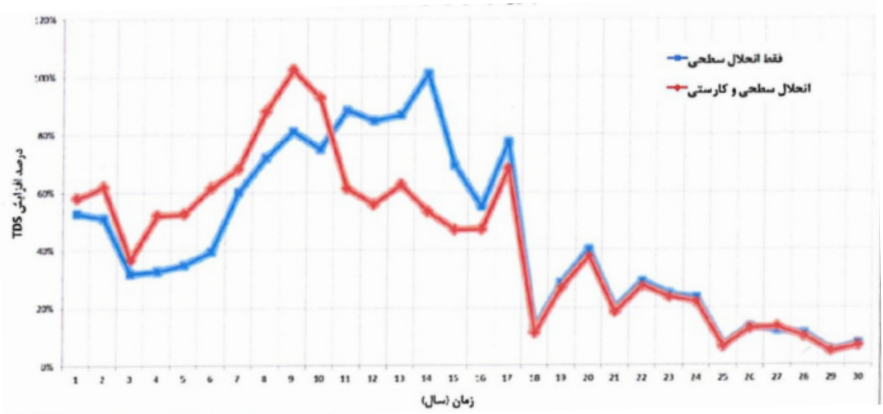
شکل ۱. میزان کل مواد جامد محلول در رقوم ۱۴۵ متری مخزن در دوره آبگیری



شکل ۲. میزان کل مواد جامد محلول در رقوم ۱۶۰ متری مخزن در دوره آبگیری



شکل ۳. درصد تغییر در TDS جریان پایین‌دست سد نسبت به شرایط بدون احداث پتوی رسی در طی ۳۰ سال

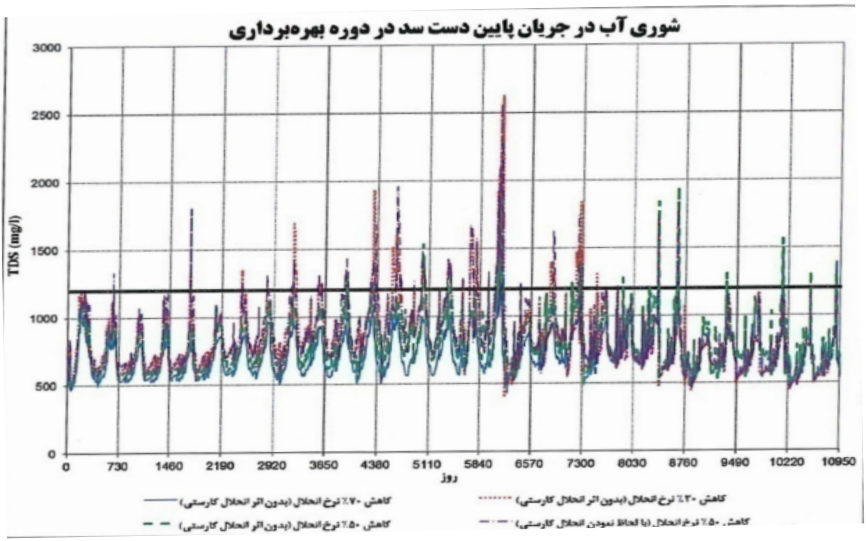


۵. نتایج پیش‌بینی برای اقدامات علاج‌بخشی

با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص است در هر صورت نمک ورودی به مخزن در اثر انحلال سازند گچساران بر کیفیت آب درون مخزن و جریان پایین‌دست آن تأثیر خواهد داشت. بر این اساس لازم خواهد بود تا اقداماتی به‌منظور تخفیف مشکلات ناشی از این پدیده در دستور کار قرار گیرد. بر این اساس تمهیداتی نظیر احداث یک پتوی رسی بر روی سطح سازند در مجاورت مخزن و همچنین تخلیه مقدار کمی از آب مخزن از لایه‌های تحتانی در طول زمان مدنظر قرار دارد.

از آنجا که میزان تأثیر پتوی رسی مورد نظر در فرآیند انحلال نمک چندان مشخص نمی‌باشد، بررسی سناریوهای مبتنی‌بر کاهش ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد در نرخ انحلال نمک به واسطه احداث پتوی رسی مدنظر قرار گرفت که نتایج مربوط به آنها در شکل ٤ نشان داده شده است.

شکل ۴. میزان کل مواد جامد محلول خروجی مخزن با در نظر گرفتن مقادیر مختلف برای کاهش نرخ انحلال نمک به واسطه احداث پتوی رسی



همان‌طور که نتایج شبیه‌سازی انجام شده نشان می‌دهد، حتی در صورت عملکرد صحیح و پایدار پتوی رسی و کاهش نرخ انحلال نمک، در طول زمان حجم زیادی از مخزن از آب شور با غلظت‌های بالایی از نمک پوشیده می‌شود، بررسی راهکاری به‌منظور کاهش تدریجی شوری آب مخزن در دستور کار قرار گرفت. بر این اساس چنانچه جریانی با دبی کم به‌طور مداوم از لایه‌های شور مخزن تخلیه گردد، با گذشت زمان حجم نمک موجود در مخزن کاهش یافته و شرایط مخاطره‌آمیز ناشی از تجمع حجم زیاد شوری در مخزن را مرتفع می‌سازد.

۶. اظهارنظر کارشناسی

اگرچه در مدل‌سازی کیفی مخزن تلاش شده است تا حدی که بتوان با استفاده از شبیه‌سازی‌های عددی به واقعیت‌هایی که احتمالاً رخ خواهد داد نزدیک شد، لکن با توجه به شرایط پیچیده مسئله قطعاً لازم است پایش کیفی مخزن به‌عنوان یک مدل یک به یک جهت ارزیابی وضعیت انحلال نمک در آب مخزن و همچنین توده گچساران و پتوی رسی با دقت و به‌طور منظم انجام شود.

۱. با توجه به عدم قطعیت‌های موجود و احتمال وقوع شرایط از قبل پیش‌بینی نشده نظیر مکانیسم جدید انحلال و یا ورود شوری به داخل مخزن از محل‌هایی پیش‌بینی نشده، که ممکن است موجب عدم امکان کنترل شوری مخزن شود، لازم است از آبگیری سد با عنوان آبگیری آزمایشی یاد کرد و شرایط و آمادگی کافی جهت تخلیه مخزن در هر ترازی از ابتدای آبگیری وجود داشته باشد. بدیهی است در صورت لزوم تخلیه باید شرایط لازم جهت عبور شوری زیاد در پایین‌دست مخزن ایجاد شود.

۲. در صورت افزایش تراز پتوی رسی تا تراز بالاتر از تراز نرمال مخزن، تراز ۲۳۵، (در صورتی‌که پتوی رسی تا تراز پایین‌تر از تراز سطح آب باشد آب شیرین در اثر گرادیان هیدرولیکی به پشت پتو نفوذ نموده و حرکت جریان آب شور از داخل توده به سمت کف مخزن آغاز خواهد شد) و ایجاد شرایطی جهت پایداری پتوی رسی، نرخ انحلال نمک با توجه به تراوش کم آب از پتوی رسی به حداقل خود خواهد رسید و به احتمال بسیار زیاد مشکل شوری در داخل مخزن و آب خروجی از آن به

وجود نخواهد آمد. اگرچه این روش، روش مناسبی جهت جلوگیری از شوری آب مخزن سد به‌نظر می‌رسد، اما متأسفانه به‌دلیل عدم رعایت ملاحظات فنی، پتوهای رسی مطابق با اصول پایداری احداث نشده و پس از آبگیری دچار ریزش شده است.

۳. در شبیه‌سازی‌های انجام شده فرض بر عدم درگیر شدن نمک موجود در سایر توده‌های گچساران در بالادست توده عنبل است. لذا پایش مخزن در محدوده این توده‌ها و تفکیک اثرات شوری احتمالی ناشی از آنها پس از آبگیری ضروری است.

٤. با توجه به اینکه عملکرد پتوی رسی از نظر پایداری و یا میزان دقیق کاهش نرخ انحلال در حالت ایجاد گسیختگی یا ایجاد برش مشخص نیست موارد ذیل بدون در نظر گرفتن اثر پتوی رسی می‌باشد:

الف) در صورت فعال شدن انحلال کارستی (انحلال نمک داخل توده از طریق حفرات کارستی) و وقوع جریان شور از داخل توده به سمت مخزن، در اوایل دوران آبگیری (چهارماهه اول) مقدار شوری خروجی از مخزن افزایش خواهد یافت. در این شرایط شوری آب در لایه‌های پایین مخزن با سرعت بیشتری افزایش خواهد یافت.

ب) در صورتی‌که میزان انحلال نمک و ورود آن به مخزن دو برابر میزان آن در شرایط انحلال مستقیم نمک‌های برونزده باشد (به عبارت دیگر مکانیسم غالب انحلال و ورود جریان آب شور از طریق حفرات کارستی و از داخل توده به سمت مخزن باشد) تراز نمک در داخل مخزن با سرعت بیشتری افزایش یافته و مقدار شوری جریان خروجی نیز به‌مراتب بیشتر از حالتی خواهد بود که انحلال مستقیم مکانیسم غالب باشد.

۵. در انجام شبیه‌سازی‌ها فرض شده است که کل نمک داخل توده از طریق

مکانیسم انحلال مستقیم، حفرات کارستی و نیز جریان شور به وجود آمده از گرادیان هیدرولیکی ناشی از کاهش تراز آب مخزن در آب داخل مخزن خواهد شد. ذکر این نکته لازم است که با توجه به اینکه حدود ۲۰ درصد توده حاوی نمک می‌باشد در اثر انحلال و ریزش‌ها و لغزش‌های موضعی به احتمال قوی یک لایه ترکیبات غیرنمکی نظیر مارن بر روی توده به وجود خواهد آمد که ارتباط مستقیم آب با نمک را قطع نموده و در نهایت موجب کاهش نرخ انحلال خواهد شد. با توجه به ناشناخته‌های علمی مرتبط با این موضوع، امکان در نظر گرفتن آن در مدل‌سازی میسر نگردیده است.

٦. با توجه به پیچیدگی تحلیل اثر حفرات کارستی و نحوه درگیر شدن نمک داخل توده از این طریق نتایج مدل‌سازی می‌تواند برای سال‌های اول تغییر نماید. نکته مثبت این سناریو وارد شدن نمک از ترازهای پایین و عدم اختلاط آن با آب ترازهای بالا می‌باشد.

۷. در کلیه شبیه‌سازی‌ها و سناریوها مشخص شد که آب با شوری بالا در داخل مخزن و لایه‌های پایینی آن تجمع می‌کند. این آب شور پایدار بوده و تمایلی به اختلاط با آب شیرین لایه‌های بالاتر حتی در دوران اختلاط مخزن ندارد. لازم به‌ذکر است در اثر اعمال مکانیسم‌های مختلف، سرعت بالا رفتن تراز این لایه شور متفاوت خواهد بود.

۸. در دوران بهره‌برداری، تراز شوری در مخزن تا تراز دریچه‌ای که آبگیری از آن انجام می‌شود بالا می‌آید و از آنجا به بعد تابعی از دبی خروجی از مخزن خواهد شد. پس از رسیدن به این شرایط در دبی‌های بالا با توجه به اینکه از لایه‌های پایین‌تر از تراز دریچه نیز آبکشی انجام می‌شود، شوری تا حدی افزایش می‌یابد لکن در دبی‌های کم، آب از لایه‌های شیرین بالا کشیده می‌شود.

۹. آب شور دریافت شده از لایه‌های پایین مخزن در زمان‌هایی که مقدار شوری

خروجی به رودخانه کم باشد قابل تخلیه در رودخانه است به شرطی که یک آستانه پله‌ای مجاز جهت شوری تنظیم و تعریف گردد و دبی آبکشی از کف با توجه به این شرایط تنظیم شود. همچنین در شرایط سیلابی امکان رهاسازی آب از ترازهای پایین و اختلاط آن با رودخانه وجود دارد. باید در نظر داشت در برخی شرایط محتمل نظیر انحلال کارستی با توجه به شوری بالا در کف مخزن امکان تخلیه آب شور به رودخانه ممکن نبوده و علاوه‌بر این در صورت اجرای این روش لازم است منحنی فرمان سد پس از آبگیری به دقت توسط مسئول سد رعایت و اجرا گردد.

جمع‌بندی و پیشنهادات

درحالی که چنانچه در مرحله اول مشاور اول طرح مشانیر و در مرحله دوم، مشاور دوم طرح مهاب قدس در فاز مطالعاتی، دقت کافی در ارزیابی مکان احداث سد از نظر وجود این سازندهای نمکی اعمال می‌کردند، قطعاً مکان احداث سد به‌گونه‌ای انتخاب می‌شد که از بروز مشکلات بعدی ازجمله اقدامات هزینه‌بر عملاج‌بخشی و همچنین امکان شور شدن آب مخزن سد جلوگیری شود. متأسفانه به‌دلیل کم‌تجربگی و عدم دقت کادر مربوطه در مراحل مطالعاتی، علی‌الخصوص فاز ۱ وجود این سازندهای نمکی که پدیده‌ای شناخته شده در منطقه بوده است، از دید کارشناسان و مسئولین امر پنهان مانده و شرکت مشاور مربوطه (مهاب قدس) زمانی متوجه وجود این مشکل شده است که عملیات حفاری و تجهیز کارگاه سد توسط شرکت پیمانکار شروع شده و ظاهراً امکان تغییر مکان احداث سد وجود نداشته و از طرفی شرکت

مهندس مشاور مهاب قدس پس از آگاهی از وجود این مشکل تصمیم به رفع آن از طریق مطالعات و اقدامات علاج‌بخشی کرده است. لازم به ذکر است که علی‌رغم اینکه عملیات اجرایی این طرح از سال ۱۳۷٦ آغاز گردید، اما فاز ۲ طرح توسط شرکت مهاب قدس به شکل رسمی در سال ۱۳۸۲ شروع شد که این امر نشان‌دهنده شتابزدگی در امر اجرای طرح قبل از اتمام مطالعات ضروری است.

متأسفانه به‌دلیل عدم رعایت ملاحظات فنی توسط شرکت مشاور (مهاب قدس) در قسمت عملیات علاج‌بخشی هم موفقیت چندانی حاصل نشده است و پس از آبگیری اولیه سد حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از پتوی رسی احداث شده بر روی سازندهای نمکی مذکور، فرو ریخته است. درحال حاضر وضعیت پتوهای رسی به‌طور مداوم پایش شده و تصمیم متخصصین امر در این مرحله این بوده است که به محض فرو ریختن پتوی رسی در هر منطقه، سریعاً مکان آسیب‌دیده ترمیم شود تا جایی که در پتوهای رسی استحکام کافی ایجاد شود.

در اینجا ذکر این نکته ضروری به‌نظر می‌رسد که با وجود حساسیت‌های سیاسی ـ اجتماعی و اقتصادی موجود در مورد این طرح، شایسته بود که اقدامات علاج‌بخشی که خود مستلزم صرف هزینه‌ای بالغ بر ٤٠ تا ٥٠ میلیارد تومان بوده است با دقت و با مطالعات و ملاحظات علمی بیشتری صورت می‌گرفت تا حداقل از بروز مشکل در اقدامات علاج‌بخشی جلوگیری به عمل می‌آمد.

گزینه دیگری که در صورت عدم کارآیی کلی پتوی رسی به‌عنوان راه‌حلی جهت جلوگیری از شوری آب مخزن سد مطرح است آبگیری از سطوح بالاتر مخزن و خارج کردن آب شور از لایه‌های زیرین آب موجود در مخزن سد از طریق احداث

سازه‌های انتقال آب و تخلیه آن در خلیج فارس می‌باشد، با توجه به اینکه تاکنون هزینه‌های بسیاری صرف مطالعات و اقدامات علاج‌بخشی این طرح شده است، لازم است که بررسی‌های بسیار دقیقی در مورد امکان اجرایی کردن این طرح و همچنین اثربخشی آن صورت گیرد تا مانع از هدررفت بیشتر هزینه‌ها گردد.

با توجه به احتمال وقوع شرایط پیش‌بینی نشده، که ممکن است موجب عدم امکان کنترل شوری مخزن شود، لازم است از آبگیری سد با عنوان آبگیری آزمایشی یاد کرد و آمادگی کافی جهت تخلیه مخزن در هر ترازی از ابتدای آبگیری وجود داشته باشد. بدیهی است در صورت لزوم تخلیه باید شرایط لازم جهت عبور شوری زیاد در پایین‌دست مخزن ایجاد شود.

با ناپایدار شدن و ریزش پتوی رسی نرخ ورود شوری به داخل مخزن به سرعت افزایش خواهد یافت. بر این اساس با توجه به مدت زمان سه‌ماهه توقف در تراز ۱٤۰ متر پس از آبگیری اولیه لازم است سناریوی علاج‌بخشی متناسب با آن علی‌الخصوص سناریوی مدیریت و خارج کردن آب شور مخزن پیش‌بینی و اجرا گردد. امری است که درحال حاضر به‌عنوان گزینه تکمیلی پتوی رسی مطرح و مورد تأکید متخصصین امر قرار گرفته است. در پایان لازم است به موارد زیر نیز توجه شود:

- آب شور دریافت شده از لایه‌های پایین مخزن به شرطی که معادل آن از شوری‌های پایین‌دست وارد شده به رودخانه جلوگیری شود قابل تخلیه در رودخانه است. بر این اساس می‌توان مواردی را در اولویت قرار داد. مجموعه اقدامات انجام شده در این زمینه را می‌توان در قالب تعریف طرحی با عنوان علاج‌بخشی کیفی رودخانه کارون اجرا نمود. لزوم انجام هماهنگی و انسجام لازم بین دستگاه‌های

مختلف لازمه اجرای این راهکار است که البته با اهمیت کارون قابل توجیه است.

- با توجه به اینکه تراز قرارگیری نمک و انحلال انجام شده در آن تراز، بر توزیع شوری ورودی به داخل مخزن و مقدار شوری خروجی از مخزن تأثیرگذار می‌باشد، لازم است پتوی رسی به دقت مورد پایش قرار گیرد. با وجود گسیختگی موضعی ایجاد شده درحال حاضر، نشست‌های نامتقارن و ایجاد برش در پتوی رسی موجب به هم خوردن توزیع شوری در مخزن شده و اصلاح ورودی مدل را می‌طلبد. همچنین جهت اتخاذ سیاست مناسب مدیریت شوری مخزن و بروز نمودن مدل کیفی لازم است پایش کیفی مخزن و پتوی رسی به دقت انجام شود.
- آنچه که مسلم است معضل به‌وجود آمده به علت عدم دقت در مطالعات فاز پیش‌شناخت و شناخت در توجه به سازندهای نمکی در مخزن سد می‌باشد. با این حال با توجه به اینکه تاکنون هزینه‌ای بالغ بر ۱۷۰۰۰ میلیارد ریال در این طرح هزینه شده و با عنایت به اهمیت این طرح از مناظر مختلف تأمین آب، کنترل سیلاب و تأمین انرژی برقابی به‌عنوان آخرین (پایین‌دست‌ترین) سد روی رودخانه کارون، لازم به ذکر است که اهمیت اجرای آن مورد توجه می‌باشد. همچنین از آنجایی که علاج‌بخشی آن از لحاظ فنی امکانپذیر بوده و هزینه آن در قیاس با هزینه‌های کل طرح ناچیز است (حدود ۱۰۰ میلیارد تومان)، لذا پیگیری علاج‌بخشی توده نمکی از لحاظ اقتصادی و ثمربخشی آن در مراحل بعد قابل توجیه است که این امر باید مدنظر تصمیم‌گیران و مسئولین امر قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱. افتخاری، مرتضی. شبیه‌سازی عددی دو بُعدی توزیع حرارت و شوری در مخـازن سـدها، رساله دکتری، مهندسی عمران گرایش هیدرولیک، دانشگاه تربیت مدرس. آذرماه ۱۳۸۷.

۲. گزارش مطالعات آبگیری مخزن سد گتوند علیا، شرکت مهاب قدس، دی‌ماه ۱۳۸۹.

3. Cole, T.M. and Wells, S.A. (2008) CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Letarally Averaged, Hydrodynamic Water Quality Model, v.3.6."Supersedes Instruction Report E-95-1.
4. DHI Group, (2009), Reservoir leakage and salinity study, Gotvand dam, SW Iran, SRK Consulting Engineering and scientists, June 2009.
5. Yamagata, K. and Olesen K. W., (2009), Salinity Problems in Gotvand Reservoir, DHI Report. August 2009.
6. Martin, J.L., and McCutcheon, S. C., 1999, Hydrodynamics and transport for water quality modeling: Baco Raton, Florida, CRC Press.
7. Wagner, C. (1949) The Dissolution Rate of Sodium Chloride with Diffusion and Natural Convection az Rate-Determining Factors, J. Phys. Chem., 53 (7), 1030-1033.
8. Durie, R. W. and Jesson, F. W. (1964) Mechanism of the Dissolution of Salt in the Formation of Underground Salt Cavities, SPE Journal, 4 (2), 183-190.

شناسنامه گزارش	مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	شماره مسلسل: ۱۲۰۳۰

عنوان گزارش: خلاصه مدیریتی طرح تأثیرات سازندهای نمکی در مخزن سد گتوند علیا بر شوری آب رودخانه کارون

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب و محیط زیست)

تهیه و تدوین: جمال محمدولی سامانی

ناظر علمی: محسن صمدی

متقاضی: معاونت پژوهشی

همکاران: مهدی مظاهری، علی مریدنژاد

اظهارنظرکنندگان خارج از مرکز: حسین محمدولی سامانی، شاهین کوهبزن

ویراستار تخصصی: ـــ

ویراستار ادبی: ـــ

واژه‌های کلیدی:

۱. سد گتوند

۲. توده‌های نمکی

۳. پوشش رسی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۰/۸/۱۴