

سید



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی

گرایش زیست محیطی

ارزیابی آلودگی آب سد گتوند علیا با توجه به شرایط زمین شناسی مخزن سد

نگارش:

مأده حسنون

اساتید راهنما:

دکتر بهناز دهرآزما

دکتر ناصر حافظی مقدس

استاد مشاور:

مهندس رامین کرمی

زمستان ۱۳۸۹



دانشگاه گیلان
مرکز تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۹)

پسمه تعالی

شماره :
تاریخ :
ویرایش :

فرم صورت جلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **ماتده حسنوند دانشجوی رشته زمین شناسی گرایش ژئیت محیطی تحت عنوان « بررسی کیفیت آب سد گتوند علیا با توجه به زمین شناسی مخزن سد »** که در تاریخ **۱۳۹۹/۱۲/۸** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : ☒ عالی) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱. عالی (۲۰ - ۱۸)

۲. بسیار خوب (۱۷/۶۶ - ۱۶)

۳. خوب (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۴. قابل قبول (۱۳/۹۹ - ۱۲)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استادیار همتا	دکتر بهمن دهرآزما دکت	استادیار	
	دکتر حقیقی مقدس	دانشیار	
۲- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر امید	استادیار	
۳- استاد منتسب	دکتر فریادست	استادیار	
۴- استاد منتسب	دکتر کاشانی	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده :



تقدیم به بهترین دوستم

آفریدگارم

و

تقدیم به پدر و مادرم

برای بودنشان...

تقدیر و تشکر

پاس خدا را بر آنچه از شکرش به ما الهام فرموده و آن درهای دانشی که با پروردگارش بر ما گشوده است.

اکنون که به یاری خداوند متعال این دوره را به پایان رسانده‌ام، به رسم ادب و احترام بر خود واجب می‌دانم از زحمات و راهنمایی‌های اساتید عزیز و بزرگوارم

سرکار خانم دکتر دهر آزا و جناب آقای دکتر حافظی مقدس که با نظرات ارزنده و مدبرانه خود به‌تر فکر کردن، بهتر زندگی کردن و بهتر بودن را به من آموختند و نیز

از جناب آقای مهندس کرمی که خالصانه‌ترین کمک‌های خود را در تمام مراحل این تحقیق نسبت به اینجانب دریغ ننموده‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر کرمی، دکتر قاسمی و دکتر امید ی که افتخار شاگردیشان در دوره کارشناسی ارشد را داشته‌ام نهایت تشکر را دارم.

از آقایان مهندس میرباقری، مهندس خان علنیراده، سرکار خانم فارسی و سرکار خانم سعیدی که با صبر و حوصله بسیار، نقش بسزایی در به انجام رسیدن این تحقیق

داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از کارشناس محترم آزمایشگاه آب جهاد دانشگاهی و دانشگاه شهید چمران اهواز آقای مهندس ذنفوی، آقای کوچکی و سرکار

خانم صحت‌پاس زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های دلسوزانه‌شان نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای مهندس حیدری و مهندس سیرقلی زاده که از هر گونه تلاش در جهت رفع مشکلات اینجانب دریغ نکرده‌اند و از دوستان عزیز و بھکلاسی‌های گرامی،

سرکار خانم مهندس سمیه قاضوی، مهندس زهرا حیدریان، مهندس ملیحه موسوی، آقای مهندس ثوابی و سایر دوستانی که در پیشبرد این پایان نامه از زحماتشان بی

نسیب نبوده‌ام نهایت تشکر و قدردانی را دارم. در پایان از خانواده‌ام بویژه پدر و مادر عزیزم به پاس علاقه سرشار و گرمای امیدبخش و جودشان، برادران و خواهر

گرامیم که با حضورشان همواره حیاتم کرده‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب خانم حمید دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه طراحی و ساخت سیستم کنترل تحت راهنمایی دکتر عباس زری متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جای ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ نخواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا پلتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

تاریخ

۹۵/۱/۲۸

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد.

چکیده

سد گتوند علیا واقع در استان خوزستان، آخرین سدی است که بر روی رودخانه کارون (قبل از ورود به دشت خوزستان) احداث شده است و در حال حاضر این سد آبیگری نشده است و آب در فرازبند سد قرار دارد. با توجه به سازندهای تشکیل دهنده مخزن سد که شامل سازندهای آغاجاری، میشان، گچساران و بختیاری است، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سازندهای مخزن سد بر کیفیت آب و برآورد نهایی کیفیت آب مخزن پس از آبیگری پایه گذاری گردید. جهت نیل به این هدف در ابتدا با نمونه برداری از آب موجود در فرازبند در سه عمق سطحی، یک متر و دو متر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب، قبل از احداث سد مورد ارزیابی قرار گرفت که شامل آنالیز آنیون و کاتیون‌ها و همچنین ICP-MS بود. در ادامه با نمونه برداری از هریک از سازندهای موجود در مخزن سد و آنالیز آنها که شامل اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها به دو روش عصاره گل اشباع و تهیه محلول ۱ به ۲۰ و همچنین اندازه‌گیری عناصر و فلزات سنگین اصلی بود و سپس برآورد مساحت این سازندها در سه تراز ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ متر، موثرترین سازند بر کیفیت آب سد، پس از آبیگری مشخص گردید. از بین سازندهای مذکور سازند گچساران و میشان به دلیل وجود تشکیلات آهکی، نمکی و ژئپسی و داشتن نرخ انحلال بالای این تشکیلات، بیشترین تاثیر را بر کیفیت آب سد پس از آبیگری دارند. بطوریکه EC نهایی حاصل از انحلال این دو سازند در سه تراز مورد مطالعه به ترتیب، ۹۱۱۵، ۸۶۵۸، ۱۲۳۷ میکروزیمنس بر سانتی متر است. پس از آبیگری از سد و زیر آب رفتن بخش قابل توجهی از این دو سازند، آب به مدت یک سال پس از آبیگری در رده آبهای با شوری بالا قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تیپ آب فرازبند سد نیز کلرو سدیک است، نشان دهنده تاثیر بارز سازندهای میشان و گچساران منطقه بر کیفیت آب است. همچنین آب مخزن سد در تراز ۱۵۰ و ۲۰۰ متری در کلاس C_4S_4 قرار دارد (آب با شوری بسیار بالا) و در تراز ۲۵۰ متری در کلاس C_3S_2 (شوری متوسط تا بالا) است. از بین عناصر و فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در سازندهای مخزن سد، استرانسیم از غلظت بالاتری برخوردار است که با توجه به همبستگی بالای این عنصر با محیط‌های کربناته و سولفاته و وجود بخش قابل توجهی آهک و ژئپس در سازندهای میشان و گچساران، بالا بودن این عنصر قابل توجیه است. استرانسیم حاصل از انحلال ژئپس در سه تراز مورد مطالعه به ترتیب برابر ۴/۷، ۳/۸، ۱/۸ گرم بر متر مکعب و حاصل از انحلال آهک، ۴/۲، ۴/۵ و ۱/۸ گرم بر متر مکعب می‌باشد.

لیست مقالات مستخرج از پایانامه:

۱. حسنوند، م، دهرآزما، ب، حافظی مقدس، ن، کرمی، ر، بررسی کیفیت آب فرازبند سد گتوند علیا، (۱۳۸۹)،

چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

۲. حسنوند، م، دهرآزما، ب، حافظی مقدس، ن، بررسی تاثیر شاخه‌های شور اندیکا، شور لالی و مرغاب بر کیفیت

آب سد گتوند علیا، (۱۳۸۹)، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی

علوم زمین، دانشگاه ارومیه

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱-۱ - مقدمه ۲
- ۲-۱ - موقعیت و مشخصات رودخانه کارون ۳
- ۳-۱ - خصوصیات منطقه مورد مطالعه ۴
- ۱-۳-۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴
- ۲-۳-۱ - مشخصات کلی سد گتوند علیا ۶
- ۳-۳-۱ - اقلیم و هواشناسی منطقه مورد مطالعه ۸
- ۴-۳-۱ - ژئومورفولوژی منطقه ۹
- ۴-۱ - روش انجام تحقیق ۱۰
- ۵-۱ - اهداف تحقیق ۱۱
- ۶-۱ - سازمان بندی پایان نامه ۱۱

فصل دوم: زمین شناسی منطقه

- ۱-۲ - کلیات ۱۴
- ۲-۲ - زمین شناس عمومی منطقه ۱۴
- ۳-۲ - چینه شناسی ساختگاه سد ۱۶
- ۱-۳-۲ - سازند گچساران ۱۶
- ۲-۳-۲ - سازند میشان ۱۶
- ۳-۳-۲ - سازند آغا جاری ۱۷

- ۱۸..... ۴-۳-۲ - سازند بختیاری
- ۱۸..... ۵-۳-۲ - نهشته‌های کواترنری
- ۱۹..... ۴-۲ - زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه
- ۲۰..... ۱-۴-۲ - چینها
- ۲۱..... ۲-۴-۲ - گسلها
- ۲۲..... ۵-۲ - هیدرولوژی و هیدروژئولوژی
- ۲۲..... ۱-۵-۲ - حوضه آبریز
- ۲۳..... ۲-۵-۲ - آبهای سطحی
- ۲۵..... ۳-۵-۲ - آبهای زیرزمینی
- ۲۶..... ۶-۲ - رسوبات وارده به مخزن سد

فصل سوم: مروری بر مطالعات پیشین

- ۲۹..... ۱-۳ - مقدمه
- ۲۹..... ۲-۳ - اثرات زیست محیطی سدها
- ۳۳..... ۳-۳ - بررسی کیفیت آب در سدها و رودخانه‌های ایران و جهان
- ۳۹..... ۴-۳ - تاریخچه مطالعات کیفی آب در محدوده مورد مطالعه

فصل چهارم: مواد و روش‌ها

- ۴۶..... ۱-۴ - مقدمه
- ۴۶..... ۲-۴ - نمونه برداری
- ۴۷..... ۳-۴ - آماده سازی و آنالیز نمونه‌های آب

۴۸	۴-۴ - آماده سازی نمونه‌های سنگ
۴۹	۵-۴ - آنالیز شیمیایی نمونه ها
۴۹	۴-۵-۱ - تعیین pH
۴۹	۴-۵-۲ - تعیین EC
۴۹	۴-۵-۳ - اندازه‌گیری آنیونها و کاتیونها
۴۹	۴-۵-۴ - اندازه‌گیری غلظت عناصر با استفاده از ICP-MS
۵۰	۴-۶ - اندازه‌گیری مساحت سازندهای مخزن سد

فصل پنجم: ژئوشیمی سازندهای مخزن سد

۵۲	۵-۱ - مقدمه
۵۴	۵-۲ - بررسی غلظت آنیونها و کاتیونها در سازندهای مخزن سد
۵۴	۵-۲-۱ - کلسیم
۵۷	۵-۲-۲ - سدیم
۵۹	۵-۲-۳ - منیزیم
۶۱	۵-۲-۴ - کلر
۶۲	۵-۲-۵ - سولفات
۶۴	۵-۲-۶ - رسانایی الکتریکی
۶۵	۵-۳ - مقایسه مقادیر آنیونها و کاتیونها در روش عصاره گل اشباع با روش ا به ۲۰
۶۶	۵-۴ - بررسی غلظت عناصر و فلزات سنگین در سازندها
۷۱	۵-۵ - بررسی همبستگی عناصر و فلزات سنگین سازندها

فصل ششم: برآورد عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب سد گتوند علیا

- ۶-۱ - مقدمه ۷۷
- ۶-۲ - ارزیابی غلظت آنیونها و کاتیونها در آب فرازبند سد گتوند علیا ۷۸
- ۶-۳ - ارزیابی فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند ۸۱
- ۶-۴ - بررسی همبستگی بین عناصر و فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند ۸۲
- ۶-۵ - تاثیر شاخه‌های شور اندیکا، شور لالی و مرغاب بر کیفیت آب فرازبند سد گتوند... ۸۸
- ۶-۵-۱ - شاخه مرغاب..... ۹۰
- ۶-۵-۲ - شاخه شوراندیکا..... ۹۰
- ۶-۵-۳ - شاخه شور لالی..... ۹۱
- ۶-۵-۴ - برآورد تاثیرگذاری سه شاخه رودخانه کارون..... ۹۲
- ۶-۶ - برآورد وسعت سازندهای تاثیرگذار بر کیفیت آب مخزن در ترازهای مختلف..... ۹۴
- ۶-۶-۱ - بررسی وسعت سازندها در تراز ۲۵۰ متری..... ۹۵
- ۶-۶-۲ - بررسی وسعت سازند در تراز ۲۰۰ متری..... ۹۷
- ۶-۶-۳ - بررسی وسعت سازندها در تراز ۱۵۰ متری..... ۹۹
- ۶-۷ - برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر کیفیت آب..... ۱۰۱
- ۶-۷-۱ - برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر غلظت آنیونها و کاتیونهای آب..... ۱۰۱
- ۶-۷-۲ - ارزیابی کلی کیفیت آب سد بعد از آبگیری..... ۱۰۷
- ۶-۸ - برآورد غلظت فلزات سنگین در آب مخزن سد..... ۱۱۰

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱-۷ - مقدمه ۱۱۳
- ۲-۷ - خصوصیات کیفی آب فرازبند ۱۱۳
- ۳-۷ - تاثیر شاخه‌های رودخانه کارون بر کیفیت آب فرازبند سد ۱۱۳
- ۴-۷ - برآورد وسعت سازندهای مخزن سد ۱۱۴
- ۵-۷ - ژئوشیمی سازندهای مخزن سد ۱۱۴
- ۶-۷ - برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر کیفیت آب ۱۱۴
- ۷-۷ - پیشنهادات ۱۱۵

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT7 TM) از موقعیت سد گتوندعلیا ۵
- شکل ۲-۱: راههای دسترسی به سد گتوند ۵
- شکل ۱-۲: نقشه زمین شناس ۱۵
- شکل ۲-۲: میانگین آبدهی ماهانه رودخانه در ایستگاه گتوند ۲۴
- شکل ۳-۲: حداکثر، متوسط و حداقل آبدهی ماهانه در ایستگاه گتوند ۲۵
- شکل ۱-۴: نمونه برداری از آب فرازبند سد گتوند ۴۶
- شکل ۲-۴: محلهای نمونه برداری از محل محور سد تا ۲/۵ کیلومتری بالادست محور ۴۷
- شکل ۱-۵: تداوم ریزش لایه های گچی - نمکی در رودخانه کارون در معدن نمک عنبل ۵۲
- شکل ۲-۵: رگه های ژئرسی در سازند آغاچاری (مخزن سد) ۵۵
- شکل ۳-۵: تغییرات غلظت کلسیم در سازندهای مخزن سد ۵۶
- شکل ۴-۵: توزیع غلظت کلسیم در سازندها ۵۶
- شکل ۵-۵: تغییرات غلظت سدیم در سازندهای مخزن سد ۵۸
- شکل ۶-۵: فرو چاله های منطقه مورد مطالعه در سازند گچساران ۵۸
- شکل ۷-۵: توزیع غلظت سدیم در سازندهای مخزن سد ۵۹
- شکل ۸-۵: تغییرات غلظت منیزیم در سازندهای مخزن سد ۶۰
- شکل ۹-۵: توزیع غلظت منیزیم در سازندها ۶۰
- شکل ۱۰-۵: تغییرات کلر در سازندهای مخزن سد ۶۱
- شکل ۱۱-۵: توزیع غلظت کلر در سازندهای مخزن سد ۶۲

- شکل ۵-۱۲: غلظت سولفات در سازندهای مخزن سد ۶۳
- شکل ۵-۱۳: توزیع غلظت سولفات در سازندها ۶۳
- شکل ۵-۱۴: انحلال در تشکیلات ژیپسی ۶۴
- شکل ۵-۱۵: رخنمون ژیپس در حاشیه رودخانه ۶۴
- شکل ۵-۱۶: مقادیر هدایت الکتریکی در سازندهای مخزن سد ۶۴
- شکل ۵-۱۷: توزیع غلظت هدایت الکتریکی در سازندها ۶۵
- شکل ۵-۱۸: مقایسه مقادیر یونها به دو روش عصاره گل اشباع و محلول ۱ به ۲۰ ۶۶
- شکل ۵-۱۹: مقایسه عناصر و فلزات سنگین در سازندها ۶۷
- شکل ۵-۲۰: مقایسه عناصر و فلزات سنگین در عصاره سازندها ۶۷
- شکل ۵-۲۱: توزیع عناصر و فلزات سنگین در سازندهای مخزن سد بر حسب ppm ۶۸
- شکل ۶-۱: مقایسه آنیونها و کاتیونها نسبت به مقادیر استاندارد ۷۸
- شکل ۶-۲: تیپ آب فرازبند سد ۸۰
- شکل ۶-۳: روند تغییر غلظت کاتیونها در ۶ سال گذشته ۸۰
- شکل ۶-۴: روند تغییر آنیونها در ۶ سال گذشته ۸۰
- شکل ۶-۶: مقایسه عناصر آلاینده آب با مقادیر مجاز استاندارد آنها در آب آشامیدنی ۸۲
- جدول ۶-۳: مشخصات شاخه های مورد بررسی ۸۸
- شکل ۶-۸: موقعیت حوضه میانی کارون و شاخه های فرعی این حوضه ۸۹
- شکل ۶-۹: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT) از موقعیت رودخانه های شوراندیکا و مرغاب ۹۰
- شکل ۶-۱۰: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT) از موقعیت رودخانه شور لالی ۹۱

- شکل ۱۱-۶: مقایسه درصد مساحت های مخزن سد در ترازهای مختلف آبیگری ۹۵
- شکل ۱۲-۶: نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ مخزن سد در تراز ۲۵۰ متر ۹۶
- شکل ۱۳-۶: درهم ریختگی و دگرگونی شدید سازند گچساران ۹۷
- شکل ۱۴-۶: نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ مخزن سد در تراز ۲۰۰ ۹۸
- شکل ۱۵-۶: وجود زون های نمکی در حاشیه رودخانه در محدوده نمونه برداری ۹۹
- شکل ۱۶-۶: نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ مخزن سد در تراز ۱۵۰ متر ۱۰۰
- شکل ۱۷-۶: نمودار ویلکوکس آب مخزن سد بعد از آبیگری در سه تراز مورد مطالعه ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ۱-۲: مشخصات کلی هیدرولوژیکی ایستگاه گتوند ۲۴

جدول ۲-۲: مقادیر بار رسوبی ورودی به مخزن سد گتوند علیا ۲۷

جدول ۱-۵: مقادیر آنیونها و کاتیونها در نمونه های برداشت شده از سازندهای مخزن سد ۵۳

جدول ۲-۵: مقادیر عناصر و فلزات سنگین در نمونه های برداشت شده ۵۴

جدول ۳-۵: همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در سازندهای مخزن سد Error!

Bookmark not defined.

جدول ۱-۶: مقادیر آنیونها و کاتیونهای آب فرازبند سد گتوند علیا ۷۷

جدول ۲-۶: مقادیر عناصر و فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند ۷۷

جدول ۳-۶: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب فرازبند از سال ۱۳۸۲ تا سال ۸۸ ۷۹

جدول ۴-۶: همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی عناصر و فلزات سنگین در آب فرازبند ۸۷

جدول ۴-۶: پارامترهای کیفی شاخه های حوضه های میانی کارون و آب فرازبند سد گتوند. ۹۴

جدول ۵-۶: مساحت و درصد سازندهای مخزن سد در سه تراز مورد مطالعه ۹۴

جدول ۶-۶: برآورد تاثیر سازند گچساران بر غلظت یون ها در سد پس از آبگیری ۱۰۴

جدول ۷-۶: برآورد تاثیر سازند میشان بر غلظت آنیونها و کاتیونها در سد پس از آبگیری ۱۰۶

جدول ۸-۶: مقادیر هدایت الکتریکی و TDS کل ۱۰۷

جدول ۹-۶: طبقه بندی آبهای شور ۱۰۷

جدول ۱۰-۶: غلظت آنیونها و کاتیونهای کل حاصل از سازند میشان و گچساران ۱۰۸

جدول ۱۱-۶: برآورد غلظت استرانسیم حاصل از انحلال ژئوپس و آهک ن بعد از آبگیری ۱۱۰

فصل اول

کلیات

بدون شک یکی از پایه‌های اصلی و اساسی در توسعه جوامع مختلف جهان، آب است. کمبود شدید آب و محدودیت‌های استفاده از آن در مناطق مختلف دنیا موجب گردیده که روز به روز توجه بیشتری به آن معطوف گردد. کمبود آب تنها به بخش کنترل، ذخیره و تأمین آب مربوط نمی‌شود، بلکه به نحوه توزیع، انتقال، ضریب بهره‌وری، برنامه‌ریزی و مدیریت و... نیز ارتباط پیدا می‌کند. در این راستا، ساخت سدهای بزرگ و کوچک بر روی رودخانه‌های هر کشور مطرح می‌گردد تا از پتانسیل آبی کشور جهت تأمین نیازها و اهدافی نظیر تأمین آب شرب، آب با مصرف کشاورزی و صنعت، تولید برقابی و همچنین کنترل سیلاب و بهبود کیفی آب استفاده گردد.

تاریخچه سد سازی در جهان قدمتی حدود ۴۰۰۰ ساله دارد. بقایایی از سدها و بندهایی از ۲۵۰۰-۲۰۰۰ سال پیش در ایران، نمایانگر هنر مردم این سرزمین در ساخت این قبیل سازه‌های آبی می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از احداث بسیاری از سدها که در نقاط مختلف جهان ساخته شده‌اند، گویای این واقعیت است که در هنگام بهره‌برداری، پاره‌ای از سدها به اهداف مورد نظر دست نیافته و یا اثرات سوء بعضی از این سدها بسیار گسترده بوده است. از جمله این مشکلات شیوع بیماریها، آلودگی‌ها، تغییرات شدید فیزیکی و شیمیایی در محیط و... است.

با توجه به اینکه قسمت زیادی از مساحت کشور ما تحت تاثیر اقلیم گرم و نیمه خشک قرار دارد از این رو با کاهش منابع آب شیرین و خطر شور شدن آب و خاک مواجه هستیم و رفع این مساله نیازمند بررسی و کنترل کمی و کیفی منابع آبی می باشد. شرایط زمین شناسی محل و خصوصیات هیدرولوژیکی سرشاخه‌های رودخانه و مشخصات مخزن سد از جمله عوامل مهم تاثیرگذار در کیفیت آب سدها می‌باشد.

رودخانه کارون به عنوان پرآب‌ترین رودخانه ایران و طولانی‌ترین رودخانه‌ای است که به خلیج فارس ریخته می‌شود. یکی از مهمترین عوامل و چالش‌های تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب رودخانه کارون،

شاخه‌ها و مسیلهای شور طبیعی هستند. شاخه‌های شور کننده طبیعی مسیر کارون شامل: مرغاب جلوگیر، شوراندیکا، شور لالی و شور دشت بزرگ می‌باشند (زارعی و آخوندعلی ۱۳۸۵).

احداث سد که با هزینه‌های بسیار زیاد صورت می‌گیرد عمدتاً به منظور استفاده‌های مختلف از آب جمع‌آوری شده در دریاچه سد است. بالطبع کیفیت این آب باید با دقت زیاد بررسی شود تا از به هدر رفتن سرمایه و هزینه‌های بالای عملیات تصفیه خاص و پیچیده روی آب جمع‌آوری شده جلوگیری گردد. سد گتوند علیا پایین‌دست‌ترین سد احداث شده بر روی رودخانه کارون است که بعد از آن آب رودخانه وارد دشت خوزستان خواهد شد. وجود سازندهای شور و نمکی همچون سازند گچساران که بخشی از رخنمون‌های محدوده مخزن سد گتوند و حاشیه مجاور آن را تشکیل می‌دهد، نگرانی‌هایی از بابت شوری آب مخزن و پایین آمدن کیفیت آب پس از آبرگیری را بوجود آورده است. بنابراین با توجه به اینکه بزودی از آب سد جهت مصارف آب شرب، کشاورزی، تولید برق و... بهره‌برداری و استفاده خواهد شد، این تحقیق بر آن است که با بررسی مساحت هر یک از سازندهای رخنمون یافته در مخزن سد، با در نظر گرفتن آب در ترازهای مختلف، تاثیر هریک از این سازندها را بر کیفیت آب نشان داده و در نهایت سازندی را که بیشترین تاثیر را در ترازهای مورد نظر دارد، شناسایی نماید.

۱-۲- موقعیت و مشخصات رودخانه کارون

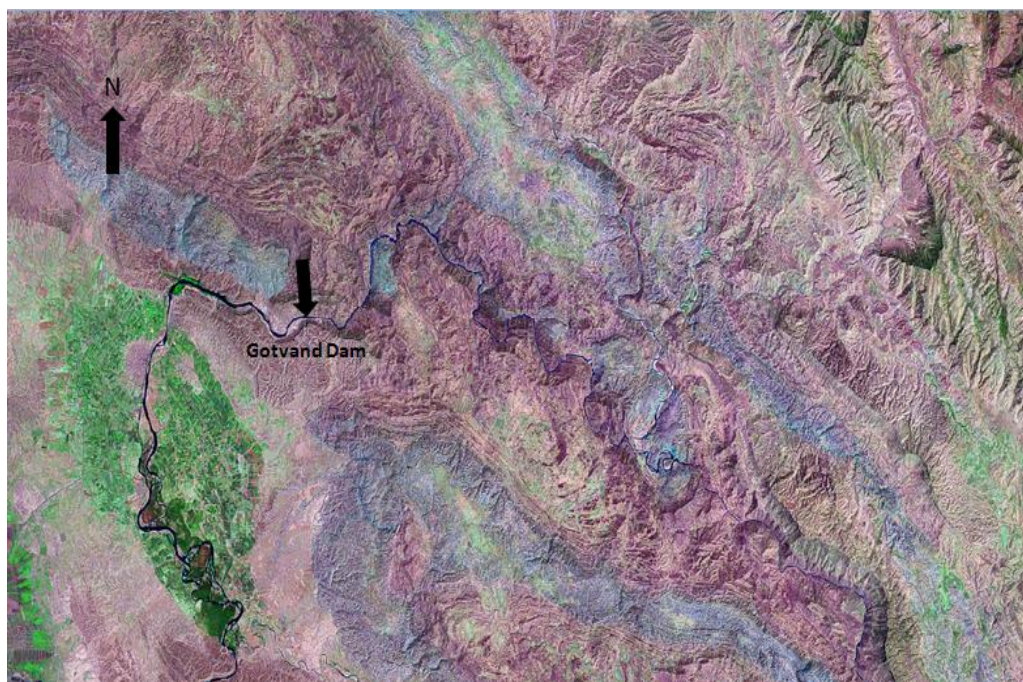
حوضه آبریز رودخانه کارون مساحتی معادل ۴۲۵۷۴ کیلومترمربع دارد که یکی از وسیع‌ترین حوضه‌های آبریز کشور محسوب می‌شود. این رودخانه بین طول جغرافیایی ۴۸° تا ۵۱° ۵۵' شرقی و عرض جغرافیایی ۱۷° ۳۰' تا ۲۳° ۴' شمالی واقع است. رودخانه کارون با طولی حدود ۸۴۰ کیلومتر از به هم پیوستن رودخانه‌های فرعی آب ونگ، بهشت آباد، دوآب، بازفت، خرسان و منج تشکیل می‌شود. سرچشمه این رودخانه از زرد کوه بختیاری و سلسله کوههای زاگرس است که پس از عبور از مناطق کوهستانی در منطقه گتوند وارد دشت خوزستان می‌شود و با عبور از شهرهای مسجد سلیمان، شوشتر، اهواز و خرمشهر به خلیج فارس خاتمه می‌یابد.

دبی متوسط رودخانه کارون ۷۲۰ متر مکعب بر ثانیه و دبی سالیانه ۷/۲۱ میلیارد متر مکعب در سال است. مهمترین شاخه کارون رود دز است که در شمال اهواز به آن ملحق می‌شود. بر روی رودخانه تا کنون ۳ سد (کارون ۱، ۳، ۴) احداث شده است و ۴ سد دیگر در حال ساخت یا در دست مطالعه می‌باشند. رودخانه کارون تنها رودخانه قابل کشتیرانی در ایران است و در عین حال تنها رودخانه در ایران است که به آبهای بین‌المللی واقیانوسهای جهان ارتباط دارد (گزارشات شرکت مشاوران - کایتهک ۱۳۷۹).

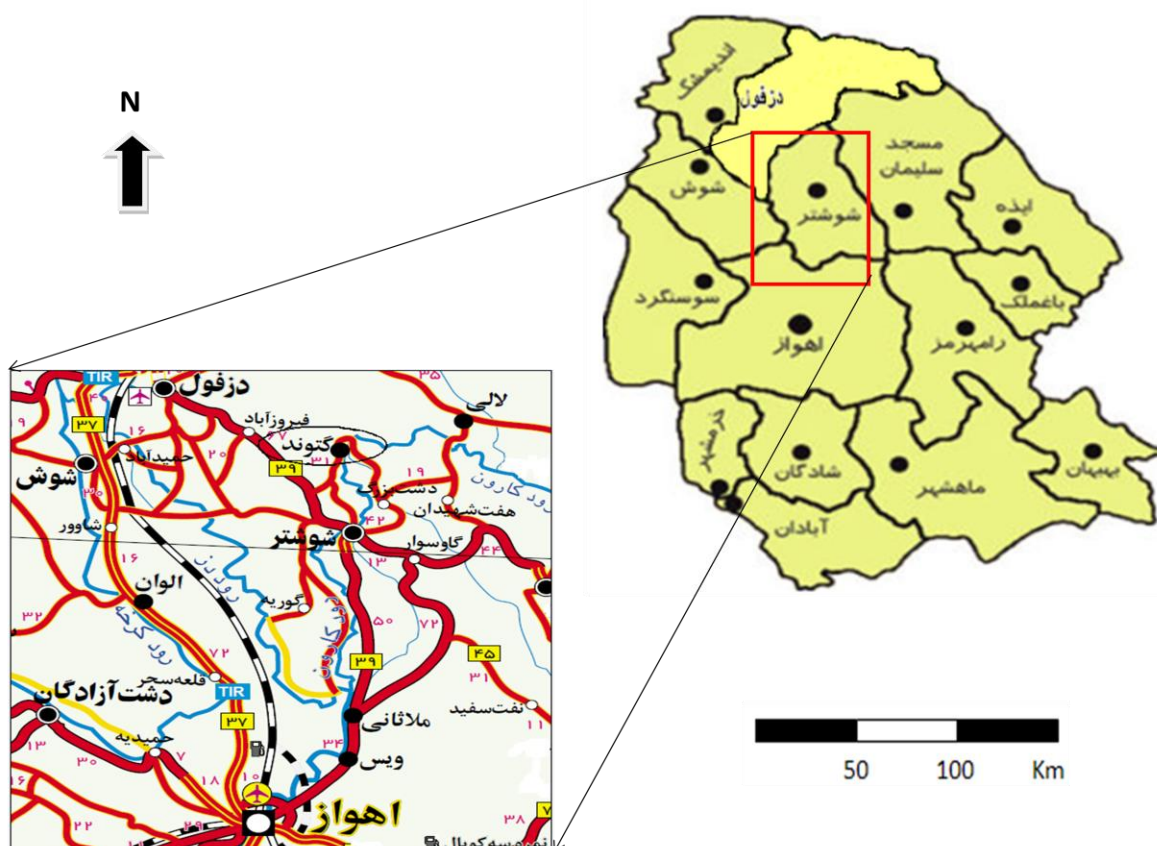
۳-۱- خصوصیات منطقه مورد مطالعه

۱-۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

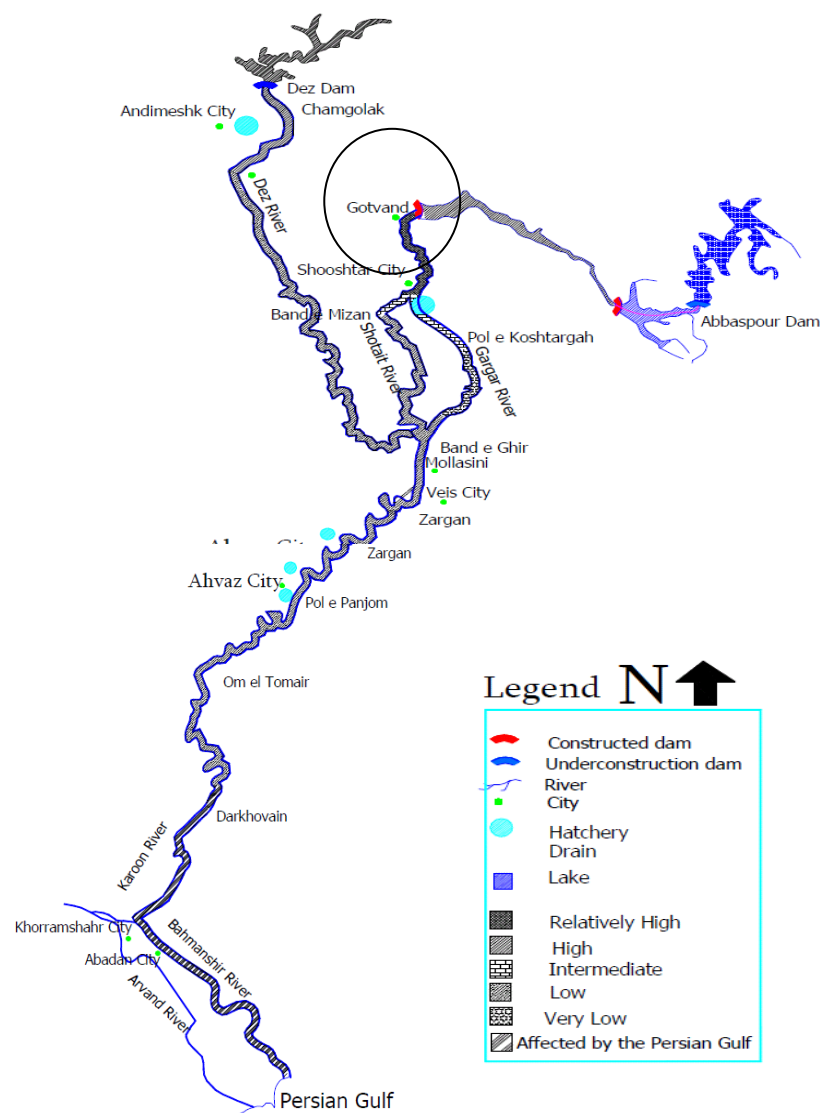
نیروگاه و ساختگاه سد گتوند علیا واقع در استان خوزستان در ۲۵ کیلومتری شهرستان شوشتر و نزدیکی شهر گتوند، با موقعیت جغرافیایی $32^{\circ} 16' 8''$ عرض شمال و $48^{\circ} 56' 10''$ طول شرق واقع شده است (شکل ۱-۱). در شکل ۲-۱ راههای دسترسی به سد مشخص گردیده است. این سد بر روی رودخانه کارون ساخته شده و در ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه قرار دارد. سد گتوند در آخرین نقطه رودخانه کارون، قبل از ورود به دشت خوزستان ساخته شده است. در شکل (۱-۳) نمایی شماتیک از موقعیت سد بر روی رودخانه کارون نشان داده شده است. سد گتوند دومین سد بلند خاکی ایران بعد از سد کرخه و در تقسیم‌بندی انجمن بین‌المللی سدهای بزرگ، در رده سدهای بزرگ کشور قرار دارد (گزارشات شرکت مشاوران - کایتهک ۱۳۷۹).



شکل ۱-۱: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT7 TM) از موقعیت سد گتوند علیا (آب و نیروی ایران ۱۳۸۶)



شکل ۲-۱: راههای دسترسی به سد گتوند (سایت راهنمای جامع راههای ایران ۱۳۸۸)



شکل ۱-۳: نمایش شماتیک موقعیت سد گتوند بر روی رودخانه کارون (Karamouz.et al, 2004)

۱-۳-۲- مشخصات کلی سد گتوند علیا

مساحت حوضه آبریز سد گتوند ۳۲۴۵۲ کیلومتر مربع است و بعد از سد کرخه بزرگترین سد خاکی کشور از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی می‌باشد. طول و عرض تاج این سد به ترتیب ۷۶۰ و ۱۵ متر و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۴۶ متر می‌باشد. میانگین دبی سالیانه ۴۳۰ متر مکعب بر ثانیه است. حجم مخزن سد در حداکثر سطح (تراز ۲۵۰ متر) ۶۴۸۵ میلیون متر مکعب است و حداقل تراز

بهره برداری از آب آن برای نیروگاه ۲۰۰ متر از سطح دریا است که حجم مخزن سد در این تراز حدود ۲۳۵۸ میلیون متر مکعب است. تراز نرمال مخزن ۲۳۰ متر است و تراز کنترل سیل ۲۳۴ متر می-باشد. همچنین متوسط رسوب سالیانه به این مخزن ۵۵۵۷۰۰۰ تن است.

برای انحراف آب رودخانه از محل ساخت سد، عملیات خاکبرداری دایک تونل‌های انحراف آب، در دی ماه سال ۱۳۸۱ انجام پذیرفت. پس از انجام بررسی های هیدرولوژیکی و انتخاب زمان مناسب از حیث کم آبی رودخانه کارون و هماهنگی با بهره برداران سد های بالادست، عملیات احداث پیش فرازبند آغاز گردید بطوریکه در ۲۱ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ مسیر طبیعی رودخانه کارون مسدود شد و عبور کامل آب رودخانه از داخل تونل‌های احداث شده ممکن گردید. عملیات اجرایی احداث فرازبند در تیر ماه سال ۸۲ آغاز و با انجام بالغ بر ۸۴۰ هزار متر مکعب خاکبرداری و ۳ میلیون متر مکعب خاکریزی، عملیات اجرایی این سازه در آذرماه سال ۸۲ به اتمام رسید (خلاصه گزارشات شرکت مهتاب قدس ۱۳۸۶).

برای انحراف رودخانه کارون در محل احداث سد، سیستم ترکیبی فرازبند و نشیب بند و تونل‌های انحراف احداث گردیده است. تونل‌های انحراف شامل ۳ رشته تونل به طول تقریبی ۱۵۰۰ متر احداث شده است (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۶). نوع سرریز اوجی دریچه‌دار با سرسره آبی و پرتابه جامی شکل در جناح چپ سد و در تراز ۱۸۲ متری از سطح دریا واقع شده است. این سرریز در شرایط حداکثر سیلاب ظرفیت دبی ۱۶۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه را داراست. نوع نیروگاه روزمینی است که در ساحل چپ سد واقع شده است. ظرفیت نصب شده برای نیروگاه، ۱۰۰۰ مگا وات است که قابل توسعه تا ۲۰۰۰ مگاوات خواهد بود. تعداد تونل های موجود برای انتقال آب ۴ عدد طراحی شده است.

از جمله مهمترین اهداف احداث سد می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

۱. تولید سالیانه ۴۵۰۰ میلیون کیلو وات ساعت انرژی برق آبی

۲. ذخیره سازی آب رودخانه کارون جهت آب شرب

۳.تنظیم آب و مهار سیلاب‌های مخرب رودخانه کارون

۴.تنظیم آب کشاورزی دشت خوزستان و ایجاد جاذبه‌های گردشگری (گزارشات شرکت مه‌اب قدس ۱۳۸۶).

۱-۳-۳- اقلیم و هواشناسی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کارون دارای پهنه گسترده ارتفاعی است، بطوریکه از ارتفاعات بلندتر از ۴۰۰۰ متر در مناطق شمالی در میان سلسله جبال زاگرس و زردکوه تا مناطق ساحلی خلیج فارس و فلات خوزستان در جنوب می‌باشد. بدین ترتیب سیمای اقلیمی و پدیده‌های هواشناسی این حوضه متأثر از وضعیت توپوگرافی و جغرافیایی بسیار گسترده آن می‌باشد. توده های موثر و باران‌زا در حوضه، جریانهای مراکز کم فشاری است که بالاخص از سمت دریای مدیترانه و بعد از آن از سمت خلیج فارس و دریای سرخ همچنین از سمت اطلس شمالی و دریای سیاه به منطقه می‌رسند. اما توده‌های موثر باران‌زا در منطقه اغلب جبهه هوای مدیترانه‌ای می‌باشد. محدوده مطالعاتی دارای زمستان‌های معتدل و کوتاه مدت و تابستان‌های طولانی مدت و بسیار گرم می‌باشد. اقلیم منطقه در سیستم اصلاح شده دوماترن در ناحیه نیمه خشک گرم قرار می‌گیرد.

الف: بارش

بارندگی متوسط سالانه در ایستگاه گتوند ۳۸۷/۷ میلیمتر می‌باشد. بیشترین میزان بارش مربوط به آذرماه با ۱۱۳/۳ میلیمتر و کمترین آن مربوط به ماه‌های تیر تا شهریور با میزان بارش صفر میلیمتر می‌باشد. با کمی تقریب باید ماه‌های خرداد تا شهریور را ماه‌های بدون بارش تعبیر کرد.

ب: دمای هوا

خوزستان در عرض جغرافیایی کمی بیش از ۳۰ درجه یعنی در حد فاصل بین سیستم پر فشار جنب حاره‌ای و عرض‌های متوسط که محل عبور جبهه‌های قطبی می‌باشد، واقع شده است. به همین دلیل

با نوسان خورشید به عرض‌های بالاتر و پایین‌تر، این منطقه از حاکمیت یکی از شرایط جوی خارج شده و تحت تاثیر شرایط جوی دیگر قرار می‌گیرد. در فصل تابستان حرکت ظاهری خورشید از عرض‌های بالاتر صورت می‌گیرد، در نتیجه سیستم پر فشار جنب حاره که در فصل زمستان در جنوب منطقه قرار دارد به عرض‌های بالاتر آمده و روی محل مورد مطالعه مستقر می‌شود و در سطح زمین سیستم کم فشار حرارتی شکل می‌گیرد. با شروع فصل زمستان سیستم پر فشار جنب حاره ای به عرض‌های پایین‌تر منتقل شده و جبهه‌های قطبی عبورشان را از روی منطقه آغاز می‌کنند. با نزدیکتر شدن جبهه گرم معمولاً جهت باد مولفه جنوبی پیدا می‌کند و دما و رطوبت بالا می‌رود. متوسط دمای سالیانه ۲۵/۴ درجه سانتیگراد می‌باشد.

ج: رطوبت نسبی

روند تغییرات رطوبت نسبی در روزهای صاف و آفتابی دارای یک سیر کاهشی از صبح تا ظهر است و در نیمروز به حداقل خود می‌رسد و قبل از طلوع آفتاب حداکثر خود را به دست می‌آورد. در مقیاس سالانه رطوبت نسبی منطقه ۴۷ درصد، حداکثر ۵۷ درصد و حداقل ۳۸ درصد می‌باشد. همچنین میزان تبخیر در منطقه مورد مطالعه در تابستان بسیار افزایش می‌یابد و در تیر ماه به اوج خود یعنی مقدار ۲۷۰/۳ میلیمتر و در دی ماه به حداقل خود، ۴۴/۷ میلیمتر می‌رسد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۱-۳-۴ - ژئومورفولوژی منطقه

سد و نیروگاه برق آبی گتوند در رشته کوه‌های زاگرس واقع شده و از نظر ژئومورفولوژی و زمین ریخت شناسی خصوصیات قابل توجهی دارد که در شکل‌گیری آنها فرایندهای دینامیکی درونی و بیرونی دخالت داشته‌اند. محور سد در یک دره نامتقارن با شیب توپوگرافی متفاوت قرار گرفته است بطوریکه شیب تکیه گاه راست از حاشیه رودخانه (تراز تقریباً ۸۰ متر) تا حداکثر تراز ۴۳۰ متر به

صورت یکنواخت ۳۰ درجه است. پس از این شیب بطور ناگهانی افزایش و به ۷۰ تا ۸۰ درجه می رسد که تا تراز ۴۵۰ متر ادامه دارد. تکیه گاه چپ از حاشیه رودخانه تا تراز تقریبی ۴۲۰ متر با شیب تند ۸۰ تا ۹۰ درجه مشخص می شود و پس از این ارتفاع، شیب توپوگرافی با شیب لایه بندی کمتر از ۵ درجه یکسان می گردد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷). رودخانه کارون در محل سد دارای روند شرق به غرب است، با این وجود در ۲ کیلومتری بالادست و پایین دست جهت گیری رودخانه شمال شرق- جنوب شرق می شود. پر شدن حوضه رسوبی توسط مواد آواری و برخاستن تدریجی تاقیدیس های دوطرف، نقش عمده ای در چین خوردگی ملایم این حوضه داشته است. بطور کلی محدوده سد از نظر ژئومورفولوژی منطقه ای با ریخت ملایم و متشکل از هزاردره ها است که در آن چین های مقاوم، پرتگاهها و صخره های چشم گیری قابل ملاحظه اند. همچنین سیستم زهکشی این محدوده تحت تاثیر زمین شناسی منطقه و ساختارهای تشکیل شده آن نظیر درزه ها است. حداکثر ارتفاع منطقه با تراز تقریبی ۷۰۰ متر و با روند شمال غرب- جنوب شرق در شعاع ۱۵ کیلومتری از محور سد قرار گرفته است (گزارشات شرکت مشانیر- کایتک ۱۳۷۹).

۴-۱- روش انجام تحقیق

۱. جمع آوری و بررسی اطلاعات در رابطه با پروژه های تحقیقاتی مشابه صورت گرفته در جهان و منطقه
۲. تهیه گزارشات و نقشه های موجود از سد شامل توپوگرافی، زمین شناسی، هیدرولوژی و...
۳. تهیه نقشه دقیق زمین شناسی مخزن سد با استفاده از اطلاعات موجود و عکس های هوای در محیط GIS
۴. تعیین درصد رخنمون های سنگی در سد از ترازهای پایین، حداکثر و میانگین مخزن
۵. انتخاب رخنمون های اصلی در مخزن سد و نمونه گیری از آنها و همچنین نمونه گیری از آب ورودی به سد (آب فرازبند)

۶. انجام آنالیزهای کیفی (تعیین و اندازه گیری PH ، EC ، غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های رایج ، غلظت فلزات سنگین با استفاده از روش آنالیز ICP-MS) از نمونه‌های آب و خاک.
۷. تجزیه و تحلیل تاثیرگذاری زمین شناسی مخزن سد بر کیفیت آب.
۸. تفسیر و تحلیل نهایی و نتیجه‌گیری و تدوین پایان نامه

۱-۵- اهداف تحقیق

با توجه به به اینکه سد گتوند در محلی احداث شده که سازندهای زمین شناسی آن عموماً سازندهای تبخیری و گچی- نمکی هستند، و بعد از آبرگیری از سد، بخش قابل توجهی از تشکیلات تبخیری و نمکی توسط آب پوشیده می‌شوند، برآورد تاثیر هرکدام از این سازندهای موجود در مخزن سد بر کیفیت آب مخزن سد، بعد از آبرگیری و بهره برداری از آن، هدف کلی این تحقیق خواهد بود. اهداف جزئی تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- بررسی کیفیت آب ورودی به مخزن سد و عوامل تاثیرگذار بر آن
- تعیین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت فلزات سنگین در سازندهای مخزن سد
- بررسی ژئوشیمیایی سازندهای مخزن سد
- برآورد کیفیت آب مخزن سد در ترازهای مختلف

۱-۶- سازمان بندی پایان نامه

نتایج بدست آمده از این تحقیق به صورت زیر سازمان بندی شده است.

فصل اول کلیات: به معرفی منطقه و خصوصیات اقلیمی و جغرافیایی آن پرداخته شده است.

فصل دوم زمین شناسی و هیدروژئولوژی منطقه: زمین شناسی و خصوصیات حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه مورد بحث قرار گرفته است.

فصل سوم مروری بر مطالعات گذشته: در این فصل به تحقیقات انجام شده در سطح ایران و جهان

مرتبط با اثرات زیست محیطی سدها، کیفیت آب در رودخانه‌ها و مخازن سدها و تاثیر سازندهای زمین بر کیفیت مخازن سدها پرداخته شده است.

فصل چهارم مواد و روش‌ها: روش‌های نمونه‌برداری

فصل پنجم بررسی ژئوشیمیایی سازندهای مخزن سد: به بررسی ژئوشیمی هر یک از سازندهای مخزن سد گتوند و همچنین برآورد مساحت آنها در ترازهای مختلف پرداخته شده است.

فصل ششم برآورد کیفیت آب مخزن سد گتوند: با توجه به آنالیزهای انجام شده، برآوردی از تاثیرگذاری سازندهای مخزن سد بر کیفیت نهایی آب سد و ارتباط با زمین شناسی مخزن مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل هفتم نتیجه گیری و پیشنهادات: در این فصل نتیجه گیری تحقیق و پیشنهادات ارائه گردیده است.

فصل دوم

زمین شناسی و هیدروژئولوژی منطقه

۱-۲- کلیات

زمین شناسی یک منطقه تاثیر بسزایی بر محیط زیست و کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی آن منطقه دارد. لذا با شناخت سازندهای اصلی و تشکیل دهنده هر منطقه، مطالعات دقیقتر و بهتری نسبت به آن انجام خواهد شد. بنابراین با توجه به اهمیت تاثیر سازندهای اصلی منطقه مورد مطالعه بر کیفیت آب منطقه، در این فصل به شرح شرایط زمین شناسی، چینه شناسی، گسل های منطقه و همچنین توصیف حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه و خصوصیات آن پرداخته شده است.

۲-۲- زمین شناس عمومی منطقه

ساختمان و نیروگاه سد گتوند علیا در محدوده زمین ساختی زاگرس قرار دارد. سازندهای این محدوده مربوط به گروه فارس، متشکل از ماسه سنگ، مارن، آهک و رسوبات تبخیری در دوره نئوژن می باشند. سازندهای اصلی گروه فارس که در منطقه مورد مطالعه نیز برونزد دارند شامل سازندهای آجاجاری، بختیاری و نهشته های عهد حاضر هستند (شکل ۱-۲). قدیمی ترین واحد سنگی محدوده سد، آهک های الیگوسن (سازند آسماری) بوده که گروه فارس بطور هم شیب روی آنها نهشته شده است. این واحدهای سنگ چینه ای در فروافتادگی دزفول دارای ضخامت ۶۰۰۰ متر می باشند (گزارشات شرکت مهتاب قدس ۱۳۸۶). اولین سازند پس از آسماری، سازند گچساران است که به وسیله سازندهای رازک و میشان پوشیده شده است. سازند میشان توسط سازند آجاجاری پوشیده شده و در نهایت سازند بختیاری کلیه سازندهای قدیمی تر را می پوشاند که خود معرف فاز کوهزایی قبل از پلیوسن می باشد. بطور کلی سازندهای بعد از آسماری معرف یک فاز پسروی عمومی و یک فاز کوچکتر پیشروی همزمان با تشکیل سازند میشان است. سازند بختیاری به عنوان سنگ مادر کلیه تراس های رودخانه ای در خوزستان و شمال عراق بوده و در ساخت، بافت و ترکیب رسوبات رودخانه ای و بادی این مناطق نقش موثری ایفا می کند (گزارشات شرکت مشانیر- کایتک ۱۳۷۹).

۳-۲- چینه شناسی ساختگاه سد

چینه شناسی محدوده سد از قدیم به جدید شامل سازند گچساران، میشان، آغاجاری و بختیاری به عنوان سنگ بستر سد و سپس رسوبات عهد حاضر (کواترنری) می باشد (شکل ۱-۲).

۳-۱- سازند گچساران

سنگ شناسی کلی سازند گچساران در خوزستان شامل انیدریت، مارن های رنگارنگ و بطور محدود نمک، شیل و یا لنزهای کنگلومرایی است. در سطح زمین بجای انیدریت، بیشتر ژئپس دیده می شود. نمک نیز در سطح زمین تاکنون در شمال شهر رامهرمز و نیز در منطقه لالی (معدن نمک عنبل) ملاحظه شده است که بخش نمکی عنبل در مخزن سد گتوند قرار می گیرد. سن این سازند میوسن آغازین می باشد (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

در محدوده مورد مطالعه سازند گچساران بخشی از رخنمون های محدوده مخزن سد و حاشیه مجاور آن را تشکیل می دهد. در فاصله ۳/۵ تا ۷ کیلومتری بالادست محل سد، رخنمون های یاد شده دارای لایه های نسبتاً ضخیم نمک بوده که هم اینک دو معدن فعال در حال استخراج نمک آنها است. همین طور بخشی از ساحل چپ مخزن، حدود چند کیلومتری بالادست محل سد، از سازند گچساران پوشیده شده است که دارای واحدهای رسوبی ژئپس و نمک است (داموغ و زارعی ۱۳۸۷).

رودخانه کارون در محدوده مطالعاتی گتوند (بعد از روستای عنبل) در بیش از ۵۰ درصد طول مسیر خود در بستری از سازند گچساران در حرکت می باشد و آب رودخانه در تماس مستقیم و دائمی با سازند مربوطه می باشد (مظفری زاده و چیت سازان ۱۳۸۵).

۳-۲- سازند میشان

سازند میشان بصورت همساز برروی تشکیلات زیرین خود یعنی سازند گچساران قرار می گیرد. سنگ شناسی این سازند شامل مارن های خاکستری، آهک های رسی مملو از پوسته و صدف

سنگواره‌ها است. در برخی موارد لایه‌های ضخیم ماسه سنگی در آن گسترش دارد. حد بالایی این سازند با سازند آغاچاری همساز و تدریجی است. سن سازند میشان میوسن میانی است (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۲-۳-۳- سازند آغاچاری

سازندهای بختیاری و آغاچاری بعنوان سنگ بستر محدوده مورد مطالعه قرار می‌گیرند. پی و نیروگاه سد گتوند علیا روی سازند آغاچاری قرار گرفته است. مواد آواری حاصل از بالآمدگی تدریجی، فرسایش و رسوبگذاری آنها در محیط‌های نوع دریاچه‌ای و خلیج دهانه‌ای سازند آغاچاری را ایجاد نموده است. مقطع تیپ این سازند درمحل ترانشه جاده دسترسی به میدان نفتی آغاچاری برگرفته شده است. ضخامت این سازند در موقعیت ذکر شده حدود ۳۰۰۰ متر است. لیتولوژی کلی سازند آغاچاری شامل تناوبی از لایه‌های ضخیم (۲ تا ۵ متر) ماسه سنگ خاکستری رنگ تا قهوه‌ای، رگه های گچ و مارن‌های قرمز، لای سنگ و گلسنگ است که لایه های ماسه سنگی به عنوان لایه‌های مقاوم محسوب می‌شوند و متشکل از ذرات سیلتی- آهکی با ترکیب ۷۰ درصد آهک و ۳۰ درصد سیلیس است. مارن‌ها و بخش‌های ریزدانه خاکی نیز ناشی از فرسایش شدید هستند. این سازند در کل ناحیه جنوب شرق و بویژه شمال غرب محدوده مورد مطالعه گسترش دارد. بخش بالایی این سازند به نام لهبری معروف است. این سازند به ضخامت ۱۵۷۵ متر شامل سیلتستون، مارن، میان لایه‌های ژئوپس و لایه‌های گلسنگ می‌باشد و رنگ آن اغلب زرد نخودی تا خاکی است. برخی از صاحب‌نظران این چینه‌ها را جزئی از سازند آغاچاری و برخی دیگر به سازند بختیاری نسبت می‌دهند. با این وجود این سازند در نقشه‌های زمین شناسی بصورت یک سازند جداگانه آمده است. سازند آغاچاری بصورت گاه قاطع و اغلب تدریجی برروی سازند میشان قرار گرفته است. سن سازند آغاچاری به میوسن پسین تا پلیوسن زیرین تعلق دارد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۶).

۲-۳-۴- سازند بختیاری

مقطع تیپ این سازند از دره گذارلندر در شمال مسجد سلیمان جاییکه رودخانه کارون از خلال سازند بختیاری عبور می‌کند گرفته شده است. ضخامت سازند بختیاری در موقعیت ذکر شده ۵۵۰ متر است که البته در سایر نقاط متغیر است. این سازند مجموعه‌ای است از کنگلومرای آهکی و چرت‌دار که بطور متناوب میان لایه‌های ماسه سنگی و گلسنگی داشته و به حالت دگرشیب روی سازند آغاجاری قرار می‌گیرد. در واقع فرسایش ارتفاعات و انباشتگی آنها در دامنه‌های مناطق پست‌تر موجب تشکیل این رسوبات شده است. با وجود اینکه اسکلت اصلی کنگلومرای بختیاری متشکل از قطعات آهکی است اما دارای مقادیر فراوانی از چرت بصورت ادخال است. در محدوده طرح سد و نیروگاه گتوند، این سازند شامل کنگلومرا و میان لایه‌های رس سنگ لای‌دار و ماسه سنگی می‌باشد. سازند بختیاری در محل سد تا ۲ کیلومتر بالادست آن به چشم می‌خورد. سن این سازند به پلیوسن بالایی تعلق دارد (گزارشات شرکت مشانیر- کایتک ۱۳۷۹).

۲-۳-۵- نهشته‌های کواترنری

در محدوده محور سد و نیروگاه گتوند نهشته‌های عهد حاضر بر مبنای زمین شناسی و زمان شکل‌گیری به ۲ گروه نهشته‌های رودخانه‌ای (آبرفت رودخانه) و نهشته‌های واریزه‌ای تقسیم می‌شوند (گزارشات شرکت مشانیر- کایتک ۱۳۷۹).

الف: نهشته‌های رودخانه‌ای (Qal)

رودخانه‌ها در شرایط عادی در بالادست منطقه دارای قدرت هیدرولیکی زیاد بوده و دشت‌های آبرفتی وسیعی تشکیل می‌دهند. در اثر فرسایش مجدد بخش‌هایی از این دشت‌های آبرفتی توسط رودخانه، پادگانه‌هایی شکل گرفته است. رسوبات این پادگانه‌ها از نظر اجزا تفاوت محسوسی با واحد کنگلومرای سازند بختیاری نداشته و در جاهایی که سیمان آهکی قطعات را به هم جوش داده شباهت زیادی با سازند بختیاری دارند. این نهشته‌ها در نقشه‌ها و نمودار گمانه‌ها با نام کنگلومرای جوان (عهد حاضر)

شناخته شده‌اند. تراز قرارگیری پادگانه ها و حد پلکانی از وجوه تمایز و تقسیم بندی آنها محسوب می‌شود. در محدوده محور سد در ساحل راست و در بخش کوچکی از پایاب سد، جدیدترین واحدهای پادگانه‌ای قرار گرفته‌اند، در حالیکه در ساحل چپ گسترش بیشتر نشان داده و در محل خروجی تونل های انحراف و نیروگاه با ضخامت زیاد بالغ بر ده‌ها متر در ترازهای مختلف گسترده شده اند (گزارشات شرکت مشانیر - کایتک ۱۳۷۹).

ب: نهشته‌های واریزهای

گسترش ذرات و قطعات سنگ بستر که در اثر هوازدگی شکل گرفته و بر اثر نیروی گرانی جدا شده‌اند خاک‌های واریزهای را تشکیل می‌دهند. ویژگی آنها با توجه به نوع گسیختگی و سنگ منشاء بسیار متغیر می‌باشد. گسیختگی‌های دامنه‌ای در محدوده سد و نیروگاه براساس شکل حرکت، سطح گسیختگی و سرعت حرکت به انواع شیب رفت، سنگ لغزش، واریزهای بادبزی و بهمن سنگ‌ها تقسیم می‌شوند (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۲-۴- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

از نظر زمین شناسی ساختگاه سد در خارجی‌ترین بخش از زون زاگرس چین خورده قرار دارد. در این بخش از زاگرس، حرکات ترافشارش بدلیل دور شدن از زون زاگرس چین خورده یا زمین درز زاگرس کاملاً چشم‌گیر هستند. بنابراین گسل‌ها و چین‌خوردگی‌های منطقه به نوعی مرتبط با این حرکات ترافشارش می‌باشند. یکی از نزدیکترین این سیستم‌ها به ساختگاه سد، گسل پیراحمد در نزدیکی تکیه گاه راست و مجموعه گسلی است که در پشت تکیه گاه چپ دیده می‌شود. روند کوههای منطقه همانند روند کلی کوههای زاگرس شمال غرب- جنوب شرق می‌باشند (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۲-۴-۱- چین‌ها

چین‌ها از ساختارهای مهمی محسوب می‌شوند که در مخزن سد گتوند بطور عمده با روند زاگرس (شمال غرب- جنوب شرق) تشکیل گردیده‌اند. هرچند بدلیل جنس نرم سازندهای گروه فارس تغییرات و پیچش‌هایی در محور چین‌ها به چشم می‌خورد اما با این وجود روند کلی زاگرس در این بخش‌ها ذکر شده است.

بطور کلی سه مکانیزم اصلی در چین‌خوردگی کلیه چین‌ها دخیل است. در حقیقت بسته به اینکه جنس چین‌های زمین از چه نوعی باشد، عکس‌العمل‌های متفاوتی در زمان اعمال نیروهای تکتونیکی در لایه پدید می‌آید. این مکانیزم‌ها شامل:

مکانیزم خم شدن لایه (Buckling)

مکانیزم خمشی- لغزشی (Flexural-Slip Folding)

مکانیزم جریان یافتن لایه‌ها (Flow Folding)

در مکانیزم خمشی- لغزشی که بخش عمده‌ای از مخزن به این سبک چین‌خورده است، لایه‌های مقاوم و نامقاوم بصورت متناوب دیده می‌شوند. سازندهای میشان و آغاجاری با این شیوه چین‌خورده‌اند. از اختصاصات چین‌خوردگی به این سبک تمرکز حداکثر تغییر شکل در یال چین بر خلاف چین‌خوردگی معمولی به سبک خمشی است. مکانیزم جریان یافتگی بدلیل وجود چین‌هایی که در عکس‌العمل با نیروهای تکتونیکی دچار تغییر شکل می‌شوند، هندسه نامنظم چین و جریان مصالح تحت فشار و درجه حرارت حاصل از نیروی تکتونیکی ایجاد می‌شود. این مکانیزم مورد مطالعه بخوبی با شرایط چین‌های سازند گچساران سازگار است. نبود لایه‌های مقاوم در ایجاد این مکانیزم نقش چشمگیر دارد بطوریکه سازند گچساران بطور عمده متشکل از ژئوپس و انیدریت، مارن و نمک است. از آنجا که از نظر سنی در تاق‌دیس‌های منطقه گچساران به عنوان یک سازند قدیمی‌تر در هسته چین‌ها ظاهر می‌شود، این مکانیزم در هسته تاق‌دیس‌ها غالب بوده و مکانیزم خمشی- لغزشی در یال

تاقدیس‌ها و منطبق با سازندهای میشان و آغاچاری رخ می‌دهد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۲-۴-۲- گسل‌ها

گسل‌های اصلی که در بخش مخزن تاثیرات چشم‌گیر داشته باشند، در بررسی‌های میدانی، مرور نگاره‌های هوایی و ماهواره‌ای و ارزیابی مستندات موجود، یافت نشده‌اند. با این وجود چند گسلش در مخزن قابل بررسی است که به آنها پرداخته می‌شود (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

الف: گسل پیراحمد

گسل پیراحمد در نزدیکی تکیه گاه راست دیده می‌شود. رفتار این گسل به عنوان گسلی تراستی است. به عبارت دیگر حرکت گسل پیر احمد حرکتی ترکیبی می‌باشد. در پشت تکیه گاه راست تاقدیس‌هایی ملاحظه می‌شود که می‌تواند در اثر شاخه‌های فرعی این گسل و نیز گسل برگشتی گسل پیراحمد ایجاد شده باشند.

ب: گسل دره شور پایین دست تا دره رشته

این گسل عامل اصلی ایجاد تاقدیس موجود در این بخش است. طول این گسل حداکثر ۵ کیلومتر در نظر گرفته شده است. به دلیل پوشش مسیر آن به وسیله آب رودخانه امکان به نقشه در آوردن آن وجود ندارد.

ج: گسل زیوه رود

خط اثر این گسل سبب تغییرات در ساختار سازند گچساران شده است. آنچه در سطح نمایان است در حدود ۱۱ کیلو متر طول دارد و با روند شمال شرق - جنوب غرب سبب جا به جایی ظاهری در حدود ۳ کیلو متر در سطح زمین شده است. به نظر می‌رسد تداوم این گسلش رو به جنوب غرب سبب تاثیراتی در ساختار تاقدیس عنبل و بویژه چینه‌های نمکی آن شده است.

د: گسل لالی

این گسلش با مکانیزم تراست سبب حرکت سازند گچساران بر روی بخش لهبری و سازند بختیاری شده است. طول گسل در نقشه‌های مخزن در حدود ۴ کیلومتر می‌باشد و به نظر می‌رسد که ابعاد آن بسیار فراتر از عدد یاد شده باشد که به دلیل فرسایش و حذف کنگلومرای بختیاری پیگیری آن نیاز به اطلاعات عمقی و تهیه نقشه‌های زمین شناسی فراتر از محدوده مخزن دارد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

۲-۵- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی

۲-۵-۱- حوضه آبریز

منطقه مطالعاتی در حوضه آبریز کارون که در تقسیم بندی هیدرولوژی ایران جزء حوضه آبریز خلیج فارس به شمار می‌آید، واقع شده است. حوضه آبریز کارون در جنوب غرب کشور و در شمال غرب خلیج فارس قرار دارد. این حوضه با وسعتی معادل ۴۵۰۰۰ کیلومتر مربع در چین خوردگی‌های زاگرس میانی و در جنوب حوضه آبریز کرخه قرار دارد. در حوضه رودخانه اصلی کارون قله مرتفع زاگرس میانی و زرد کوه بختیاری قرار دارند که مرتفع‌ترین نقطه آن قله بلند دنا با ارتفاع ۴۴۰۹ متر می‌باشد. بطور کلی حدود ۹۵ درصد از کارون علیا دارای ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر است. این منطقه به علت موقعیت خاص اقلیمی جزء زاگرس مرطوب محسوب شده و دارای بارندگی قابل توجهی است که منشا اصلی آب بزرگترین رودخانه ایران به حساب می‌آید.

سرشاخه‌های اصلی کارون که از ارتفاعات زاگرس در چهار محال بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد، کوهرنگ و بافت سرچشمه می‌گیرند، عبارتند از خرسان، آب فرمک و بافت می‌باشد. این شاخه‌ها پس از دریافت رواناب شاخه‌های متعدد کوچک و بزرگ قبل از ورود به استان خوزستان به یکدیگر

پیوسته و رودخانه کارون اصلی را تشکیل می‌دهند. رودخانه دز نیز در منطقه بندقیق واقع در ۴۵ کیلومتری شمال اهواز به رودخانه می‌پیوندد و از آن پس کارون بزرگ خوانده می‌شود و رودخانه کارون بزرگ در حوالی خرمشهر به اروندرود پیوسته و در نهایت به خلیج فارس می‌ریزد. رژیم جریانی حوضه به گونه‌ای است که پرآب‌ترین فصل سال بهار و کم‌آب‌ترین فصل سال پاییز است. جریان در فصول بهار و اواخر زمستان بواسطه بارش‌های پراکنده و ذوب برف‌ها از تغییرات نسبتاً زیادی برخوردار است، در حالیکه باثبات‌ترین فصل جریان فصل تابستان است. ضریب رواناب در حوزه در حدود ۰/۵ تا ۰/۷ برآورد می‌شود. طبیعی است که در قسمت‌های بالادست حوزه بواسطه شیب بیشتر باران و برف گیر بودن منطقه، این ضرایب به سمت کران بالا و در پایین دست حوزه، عملکرد ضریب رواناب به سمت کران پایین میل می‌کند.

از لحاظ منابع آب زیرزمینی وجود چشمه‌های متعدد در منطقه، گویای بالا بودن سطح آب زیر زمینی است. به گونه‌ای که بالغ بر ۵۰ درصد از چاه‌های مشاهداتی دارای عمق بین ۱۰ تا ۱۵ متر می‌باشند. وجود چنین شرایط هیدرولوژیکی می‌تواند باعث تاثیر متقابل چشم گیر آب‌های زیرزمینی و سطحی هم از لحاظ کیفی و هم از لحاظ کمی گردد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

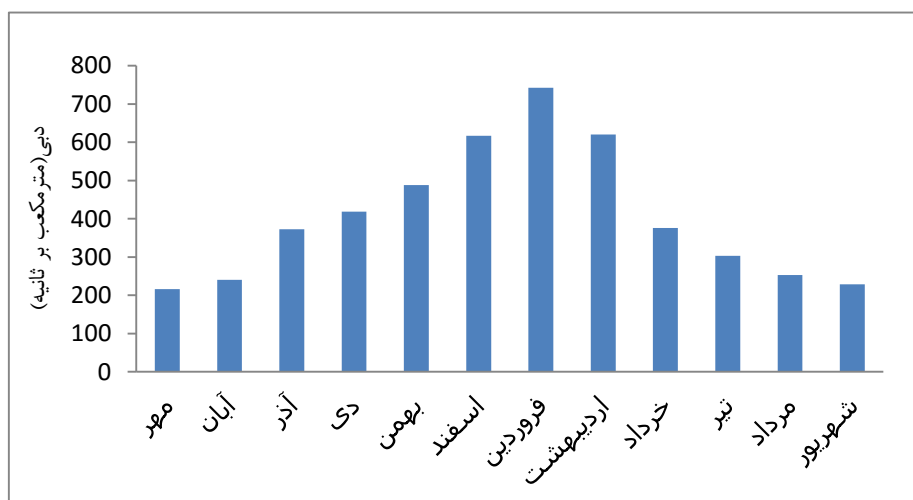
۲-۵-۲- آب‌های سطحی

رودخانه کارون در محدوده مطالعاتی از برخورد رودهای خرسان، آب ونک و بازفت به وجود می‌آید. رود کارون پس از عبور از محل احداث سد کارون ۳، کارون ۲، سد شهید عباسپور و گذارند به گتوند می‌رسد. جدول (۱-۲) مشخصات کلی هیدرولوژیکی ایستگاه گتوند را در حوزه آبریز کارون نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (۲-۲) مشاهده می‌شود حداقل آبدهی ماهانه در مهر ماه است که معادل ۲۱۵/۹ مترمکعب در ثانیه است. این در حالی است که حداکثر آبدهی ماهانه رودخانه در محل سد گتوند در فروردین ماه برابر ۱۹۴۴/۵ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است.

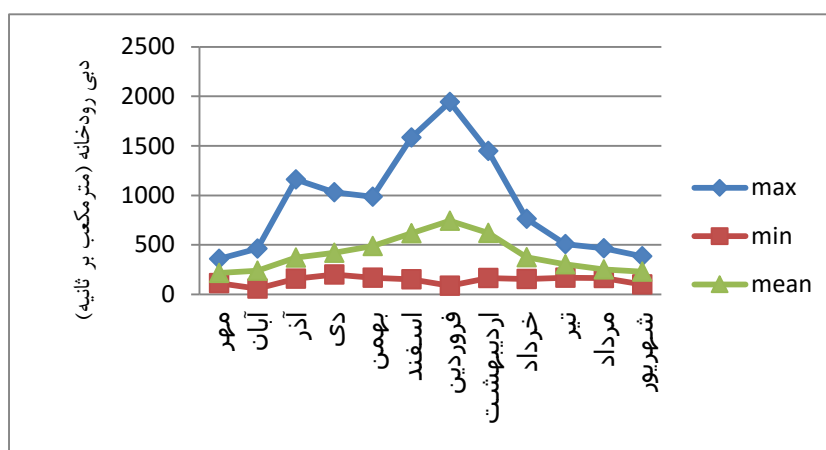
جدول ۱-۲: مشخصات کلی هیدرولوژیکی ایستگاه گتوند (برگرفته از گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷)

ایستگاه/موقعیت		گتوند
وسعت حوزه سد		32425
میانگین دبی حداکثر ماهانه (m^3/s)		1944.5
میانگین دبی حداقل ماهانه (m^3/s)		100
دبی میانگین (m^3/s)	سال پرآبی	944.2
	سال کم آبی	217.5
میانگین دراز مدت جریان (m^3/s)		410
دبی سطحی ویژه (m^3/s)		14.4
توزیع فصلی دبی	بهار (%)	43
	تابستان (%)	15
	پاییز (%)	13
	زمستان (%)	29

در شکل ۲-۳ نیز حداکثر، متوسط و حداقل آبدهی‌های ماهانه در ایستگاه آبسنجی گتوند ارائه شده است. دبی متوسط سالانه ۴۵۳ متر مکعب در ثانیه، رودخانه کارون را در محل سد گتوند به یکی از منابع آبی عظیم کشور تبدیل نموده است. وجود شیب خالص ۲/۳ در هزار در مسیری بیش از ۱۳۰ تا ۱۴۰ کیلومتر و فضای بسیار مناسب احداث سدهای بزرگ این مجموعه را به یک پتانسیل عظیم انرژی تبدیل کرده است. از نقطه نظر سیل‌خیزی، حداکثر دبی لحظه‌ای پیش بینی شده برای سیل-های با دوره برگشت ۲ و ۱۰۰ ساله به ترتیب ۱۷۴۵ و ۹۳۴۵ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است (شرکت مهندسی مه‌باب قدس ۱۳۸۶)



شکل ۲-۲: میانگین آبدهی ماهانه رودخانه در ایستگاه گتوند (برگرفته از داده‌های آب و نیروی ایران ۱۳۸۷)



شکل ۲-۳: حداکثر، متوسط و حداقل آبدهی ماهانه در ایستگاه گتوند (برگرفته از داده‌های آب و نیروی ایران ۱۳۸۷)

۲-۵-۳- آب‌های زیرزمینی

در محدوده مخزن نفوذپذیری در سازندهای موجود در مخزن از طریق حفر گمانه‌ها بررسی شده است. کف و زیر مخزن از سازند آجاجاری و بختیاری تشکیل شده است. واحدهای کنگلومرایی نابرجا به دلیل نفوذپذیری زیاد، فاقد آب زیرزمینی بوده و سطوح پتانسیومتری اساسا در حوالی تلاقی دو سازند در مرز آجاجاری متمرکز می‌باشد. در واحدهای کنگلومرایی برجا به دلیل پایین بودن میزان نفوذپذیری، سطوح پتانسیومتری بالاتر از مرز تلاقی است. در سیستم شکستگی‌های طبیعی چه در سازند بختیاری بصورت گسل یا درز و چه در سازند آجاجاری بصورت درزه‌های متمرکز در نواحی لولای تاقدیس و دیگر سیستم درزها می‌تواند در محدوده محور سد به حرکت آب در جهت غربی-شرقی کمک نماید. بدیهی است افزایش طول مسیر آب و کم بودن نفوذپذیری می‌تواند از عوامل بازدارنده در این امر باشد. در مجموع می‌توان گفت سطح آب زیرزمینی، با تغییرات کمی از شکل سطح زمین تبعیت می‌نماید و در محل دیواره‌های پرتگاه با شیب مشخصی به سمت دره کارون جریان دارد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷).

بنابراین در مورد آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، به علت کوهستانی بودن منطقه سفره آب مشخصی وجود ندارد. در قسمت تکیه‌گاهها احتمالا آب‌های موجود، از شکاف‌ها نفوذ کرده و پس از برخورد با میان لایه‌های رسی و یا لایه‌های با نفوذپذیری کم به صورت چشمه کنتاکی ظاهر می‌شود.

به منظور بررسی ویژگی‌های هیدرولوژی ساختگاه سد، علاوه بر اندازه گیری دبی چشمه‌های موجود در گستره سد و دبی آب‌های خروجی از گالری‌های اکتشافی، تراز آب زیرزمینی گمانه‌های اکتشافی نیز دو بار در ماه اندازه گیری شده است. ترسیم منحنی‌های سطوح ایستایی نشان می‌دهد که تغییرات سطح ایستایی در حاشیه رودخانه کم و ملایم و برروی دامنه‌ها مشخص‌تر و متأثر از نرخ بارش است. سطح ایستایی در توده‌های نابرجا و گسله شده به دلیل ساختار توده و تغییر شیب هیدرولیکی ناشی از حفر گالری‌های اکتشافی، تغییرات شدیدی را نشان می‌دهد. شیب حداکثر جهت جریان سفره آب زیرزمینی با تراز ماکزیمم حدود ۱۶۰ تا ۱۷۰ متر از سطح دریا به سوی رودخانه کارون و پایاب می‌باشد (شرکت مهندسی مه‌باب قدس ۱۳۸۶).

حداکثر تراز آب زیرزمینی در فصول بارانی در ساحل چپ به ۱۷۰ متر از سطح دریا می‌رسد که در فصول خشک با کاهش در حدود ۱۰ متر تا تراز ۱۶۰ متر از سطح دریا پایین می‌آید. شیب حداکثر سفره‌های آب زیرزمینی به سمت شمال و روانرود کارون می‌باشد. در مقاطع موازی مسیر رودخانه شیب ملایم و به سمت پایین دست جریان است.

حداکثر تراز آب زیرزمینی در فصول بارانی در ساحل راست به ۱۶۰ متر از سطح دریا می‌رسد که در فصول خشک با ۱۰ متر افت، به ۱۵۰ متر از سطح دریا می‌رسد. بیشترین شیب جریان آب زیرزمینی در جهت جنوب و به سمت رودخانه کارون است که در مقاطع موازی رودخانه ملایم خواهد شد (خلاصه گزارشات شرکت مشانیر- کایتک ۱۳۷۹)

۲-۶- رسوبات وارده به مخزن سد

بطور کلی در اغلب دشت‌های حوضه آبریز کارون، بخصوص در نواحی شمالی، به علت فرسایش شیمیایی سازندها و وجود سازندهای مارنی، به غیر از مخروط‌افکنه‌ها، آبرفت از نوع دانه ریز بوده و لذا جنس آنها شن، ماسه و مقادیر کمتری سیلت و رس می‌باشد. در دشت‌های شوشتر و گتوند- عقیلی که آبرفت آنها کلا از مواد رسوبی کارون تشکیل شده است، بخصوص در میانه و نواحی جنوبی این

دشت‌ها، آبرفت از نوع رس، سیلت و مقادیر کمتری لایه‌های ماسه‌ای است (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷)

بار رسوبی ورودی به مخزن سد گتوند علیا میزان رسوب متوسط سالانه است که توسط رودخانه اصلی و رودخانه فرعی بواسطه فرسایش حوضه وارد مخزن می‌شود. اجزاء بار رسوبی ورودی به مخزن شامل موارد زیر می‌باشد (جدول ۲-۲)

۱. رسوب رها شده در پایین دست سد گذارلندر در رودخانه کارون
 ۲. رسوب ناشی از حوضه‌های ما بین سد گذارلندر و سد گتوند (حوضه‌های میانی)
- این رسوبات از طریق سه رودخانه فرعی در نقاط مختلف و با مشخصات ذیل وارد مخزن سد می‌گردد:
۱. رودخانه آب چم چیت در ۱۱/۵ کیلومتری بالادست محور سد
 ۲. رودخانه جنوب لالی در ۳۴ کیلومتری بالادست محور سد
 ۳. رودخانه شور لالی در ۳۶/۵ کیلومتری بالادست محور سد
- بنابراین با توجه به جدول (۲-۲) بیشترین بار رسوبی مخزن سد مربوط به رسوبات رها شده از سد گذارلندر است.

جدول ۲-۲: مقادیر بار رسوبی ورودی به مخزن سد گتوند علیا (گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷)

مقدار رسوب		دبی ویژه رسوب (تن در سال در کیلومتر مربع)	مساحت حوزه (کیلومتر مربع)	منشا رسوب
درصد	تن در سال			
5.9	527800	1885	280	آب چم چیت
9.5	845802	2043	414	رودخانه جنوب لالی
21.9	1939720	683	2900	رودخانه شور لالی
62.7	5559926	1489	3734	رها شده از سد گذارلندر

فصل سوم

مروری بر مطالعات پیشین

سدهای ساخته شده بدست بشر قسمتی از چشم‌اندازهای زیبا در جهان شده‌اند، اما تا قرن ۱۸ این سازه‌ها کوچک و محدود بودند. از قرن ۱۸ تا اوایل قرن ۱۹ سدهای کوچک به آسیابهای برق‌آبی مرتبط می‌شدند. البته در این دوره سازه‌های بزرگتری احداث شدند که بیشتر جهت پروژه‌های هیدروالکتریکی و تهیه آب شهری بودند. پس از سال ۱۹۶۳ و بعد از ساخت سدهای بزرگ، اثرات سدها بر پایین‌دست بتدریج ظاهر شد. فرسایش و کم شدن سواحل قابل دسترس، تغییر در توزیع گیاهان حاشیه رودخانه و تغییر در محل سکونت ماهیهای منطقه از جمله تغییرات حاصل از تاسیس سدها می‌باشد (Graf 2005). حدود ۲/۲ درصد از انرژی اولیه جهان توسط نیروی برقابی تامین می‌شود و تقریباً ۷۰ درصد رودخانه‌های دنیا توسط مخازن بزرگ سدها قطع شده‌اند (Kummu and varis 2007). شرایط زمین شناسی محل، خصوصیات سرشاخه‌های وارد شده به رودخانه و مشخصات مخزن سد از جمله عوامل مهم تاثیرگذار در کیفیت آب سدها می‌باشد.

در این فصل به بررسی اثرات زیست محیطی سدها، تاثیر سدها بر کیفیت آب، کیفیت آب سد و رودخانه‌های مرتبط با آنها، اثرات شوری بر کیفیت آب مخازن سدها، بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و فلزات سنگین در آب و رسوبات، تاثیر زمین شناسی منطقه بر کیفیت آب سدها، و تاریخچه مطالعات کیفی آب در سد گتوند و همچنین حوضه رودخانه کارون در محدوده مورد مطالعه پرداخته شده است.

۳-۲- اثرات زیست محیطی سدها

با در نظر گرفتن نقش محوری آب در برنامه‌ریزی‌های توسعه کشور، مهار سیلاب‌ها و آب‌های جاری از طریق احداث سد همواره از اقدامات اساسی و زیربنایی محسوب می‌شود. سدها در مراحل مختلف احداث، بهره‌برداری و پایان عمر مفید خود، تاثیرات عمیق و شگرفی بر محیط زیست بر جای

می‌گذارند. اگرچه نیروگاه‌های برقابی به عنوان یکی از پاکیزه‌ترین روش‌های تولید برق شناخته شده‌اند، ولی اثرات زیست محیطی آنها بالا بوده که از جمله آنها، می‌توان زیر آب رفتن زمین‌های مخزن سد، اثرات نامطلوب بر پایین دست سد و جریان رودخانه، کاهش اکسیژن و دمای آب را برشمارد (مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ ۱۳۸۸).

در طی مطالعه‌ای معلوم گشت که احداث سدها بر روی سه رودخانه Nu, Lancang و Yuana واقع در چین، باعث تغییر کیفیت و ایجاد آلودگی در پایین رودخانه گردیده است (Hongjuan Zhai et al, 2009). همچنین خروج آب از مخزن سد Daechong واقع در کره، جهت تراز کردن دبی سد، باعث کم شدن غلظت شکل‌های محلول نیتروژن و فسفر گردیده، درحالی‌که تاثیر منفی بروی BOD و مواد آلی موجود در آب داشته است. یعنی درواقع تراز کردن جریان، باعث افزایش غلظت BOD رودخانه می‌شود (Chung et al, 2008). معمولاً هنگام بهره‌برداری از سد، سرعت جریان آب رودخانه دچار آشفته‌گی می‌شود و این تغییرات تا کیلومترها در پایین دست و بالا دست سد تاثیر خود را می‌گذارد. در بالا دست سد که دریاچه سد تشکیل می‌شود، سرعت جریان آب تا حد زیادی کم می‌شود و این خود باعث انباشته شدن سیلت و لای در مخزن سد می‌شود. این مسئله در حیات جلبک‌ها اثرات سوء گذاشته و باعث نابود شدن آنها می‌شود. نابود شدن یک حلقه از اکوسیستم، نابودی حلقه‌های دیگر زنجیره غذایی را سرعت می‌بخشد (نادری ۱۳۸۳). در بررسی تاثیر احداث سد شهید مدنی (ونیار) بر ژئومورفولوژی رودخانه پایین دست مشاهده شد که تغییرات پروفیل بستر به صورت بلندمدت (۵۰ ساله)، در ابتدا سریع بوده و بخش عمده آن در ۲-۳ سال آغاز بهره‌برداری از سد اتفاق می‌افتد. سپس تغییرات کند شده و در نهایت بستر به یک حالت پایدار می‌رسد و شکل کانال تثبیت می‌گردد (اعلمی و همکاران ۱۳۸۷). در سال ۱۹۲۹ محققین در مطالعه‌ای که بر روی سدها انجام دادند، نقش سدها در کاهش تعداد بیشمار از ماهی‌های قزل‌آلا را مشخص نموده‌اند. دلیل کاهش بخاطر ایجاد مکانهای غیر قابل دسترس در نواحی بالادست سد (رودخانه) جهت تخم گذاری و قطع شدن مسیر حرکت آنها

بود (Graf 2005).

هر تغییری در سطح اساس رودخانه سبب تغییر در فعالیت‌های رودخانه می‌شود. وقتی در مسیر رودخانه سدی احداث شود، مخزن سد سطح اساس رودخانه را بالا می‌برد. در بالادست سد، شیب رودخانه کاهش می‌یابد و سبب کاهش سرعت و قدرت حمل بار رسوبی رودخانه می‌شود. در واقع رودخانه با رسوبگذاری مواد به سازندگی و بالا بردن مسیر خود ادامه می‌دهد. نهایتاً اگر رودخانه نسبت به سطح اساس در تراز بالاتر باشد، انرژی آن زیاده‌تر و بنابراین بستر خود را حفر می‌کند تا توازن دوباره با سطح اساس جدید برقرار کند (نادری ۱۳۸۳). تغییر الگوی جریان رودخانه می‌تواند باعث به تأخیر افتادن وقوع سیلاب و کوتاه‌تر شدن دوره بازگشت سیلاب شود. بطور کلی رودخانه‌ای که سد روی آن احداث شده به دو ناحیه منظم (در پایین دست سد) و ناحیه نامنظم (در بالادست سد) تقسیم می‌شود (Hongjuan et al. 2009). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که احداث سد می‌تواند باعث کاهش دبی سالیانه تا ۶۷ درصد، کاهش میزان جریان سالیانه تا ۶۰ درصد، کاهش دبی روزانه تا ۶۴ درصد و کاهش میزان نوسانات روزانه جریان تا ۶۰ درصد گردد (Graf 2006).

تخلیه زباله‌ها و فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی به رودخانه‌هایی که به سد وارد می‌شوند، از مهمترین عوامل آلوده کننده آب سدها می‌باشند. در حالت طبیعی، رودخانه خاصیت خودپالایی دارد و می‌تواند به مرور زمان در طول حرکت بار آلودگی خود را از طریق گرفتن اکسیژن کاهش دهد. سدها باعث می‌شوند که سرعت رودخانه‌ها کاهش یابد و به حالت سکون در پشت مخزن سد برسد و این قدرت خودپالایی رودخانه‌ها را کاهش می‌دهد. تجمع مواد آلوده کننده در پشت سدها باعث آلوده شدن جانداران ساکن در دریاچه سد و آلودگی خاک‌های اطراف سد و همچنین باعث انتقال و شیوع انواع امراض از طریق جانداران به جمعیت انسانی می‌شود (نادری ۱۳۸۳).

امروزه دو نظر کاملاً متفاوت در مورد چگونگی تأثیر ساختار سد بر کیفیت آب رودخانه وجود

دارد:

۱. سد کیفیت آب رودخانه را پایین می‌آورد و ضریب خودپالایی رودخانه به خاطر پراکندگی و از بین رفتن پوشش گیاهی و رها شدن فسفر از رسوبات و انتشار تدریجی آلودگی، کم می‌شود.

۲. غلظت اجزاء آلوده کننده آب توسط موجودات آبی که آب را مصرف می‌کنند و همچنین با رقیق شدن آب توسط ذوب شدن آب برف ها و باران های بهاره، کم می شود.

رودخانه Lancang رودخانه‌ای است که از کوههای هیمالیا سرچشمه گرفته و از کشورهای مختلفی مانند چین، میانمار، تایلند، ویتنام و... می‌گذرد. در یک تحقیق کیفیت آب این رودخانه در نقاط مختلف و تاثیر احداث سد Manwan بر کیفیت آب آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت آب در مخزن سد به مدت ۷ سال بعد از احداث آن پایین آمده سپس به مدت ۵ سال کیفیت بالا رفته و بعد از آن به تدریج کیفیت پایین آمده است (Wei et al, 2009).

تغییرات در نحوه و میزان جریان و انتقال رسوب در رودخانه‌ها و مدیریت نحوه آبیگری سد تاثیر قابل توجهی در شیمی آب مخزن سد دارد (Huang and foo 2002). محققین با بررسی تاثیر سد Kilickaya واقع در ترکیه نشان دادند که از دوران قبل از احداث سد تا بعد از آن کاهش ناچیزی در مقدار غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب رودخانه دیده شده است. دلیل این کاهش می‌تواند ناشی از زمان ماندگاری آب در مخزن بوده باشد (به طور متوسط ۲۶۴ روز). علاوه بر آن مقدار نمک محلول در آب توسط رواناب و آب حاصل از ذوب برف ها رقیق شده است (Kurunc.et al, 2006).

در ارزیابی اثرات سد کرخه بر کیفیت آب ورودی با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی، مشاهده شد که این سد به طور قابل توجهی موجب بهبود کیفیت آب رودخانه می‌شود (نیکونهاد و معاضد ۱۳۸۵). در تحقیقی تاثیر سد سیمره، بر کیفیت آب رودخانه سیمره در سه ایستگاه بالادست سد، مخزن سد و پایین دست سد انجام پذیرفت. پارامترهای هدایت الکتریکی (EC) و TDS در پایین دست سد، بالاترین مقدار و در بالا دست حداقل مقدار را نشان دادند. همچنین با کم بودن BOD در پایین دست سد، آب رودخانه سیمره را می‌توان در حد آب‌های تمیز و سالم دانست (سبز علیزاده و دهقان

۳-۳- بررسی کیفیت آب در سدها و رودخانه‌های ایران و جهان

یکی از اهداف پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه آب شناسی تامین آب با ویژگی‌ها و معیارهای کیفی مناسب برای بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت است. در این راستا سنجش پارامترهای شیمیایی آب و مقایسه آن با استانداردها اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است (پارسافر و معروفی ۱۳۸۸). بطور کلی سدهای کشور را براساس حوضه آبریز و کیفی آنها می‌توان به چند دسته تقسیم کرد: سدهای واقع در حوضه آبریز مرکزی: شورند و دارای املاحی چون گچ و زمان ماندگاری بالا هستند. سدهای واقع در حوضه آبریز خلیج فارس: شور، دارای املاح گچی، لایه بندی شدید، مغذی شدن مخزن سد، زمان ماندگاری طولانی و ریزش توده‌ای دیواره‌های مخزن سد هستند. سدهای واقع در حوضه آبریز خزر: لایه بندی و مغذی شدن مخزن سد در آنها پدیدار است. سدهای واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه: وجود شوری و املاح نامطلوب در آب دیده می‌شود (راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ ۱۳۸۸). یکی از مسائلی که امروزه در رابطه با کیفیت آب مخازن سدها و رودخانه‌های مرتبط با آنها مواجه هستیم، شوری می‌باشد. بطوریکه محققین در استرالیا و زلاندنو پیش بینی کردند که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۴۰۰۰۰ کیلومتر از آبراهه‌ها و زمین‌های مرطوب، نمک آنها به مقدار زیادی بالا خواهد رفت (Nielsen et al, 2003). شوری بر دو نوع تقسیم می‌شود: نوع اول شوری مربوط به طبیعت، بافت خاک، شرایط تشکیلات زمین شناسی در دوران‌های مختلف، چین خوردگی‌ها و اثرات نیروهای تکتونیکی است که به شوری اولیه اطلاق می‌شود. نوع دوم مربوط به شوری حاصل از فعالیت‌های انسانی از جمله شوری حاصل از آبیاری و یا شوری حاصل از شستشوی خاک می‌باشد که آن را شوری ثانویه می‌گویند (Ghassemi et al, 1995).

شوری می‌تواند نسبت بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در آب تغییر دهد و باعث بر هم خوردن موازنه‌های

شیمیایی و انحلال پذیری بعضی کانیها شود. همچنین نسبت بین کاتیون و آنیون‌ها، چگونگی عملکرد موجودات آبی را تغییر می‌دهد. نسب $Na^+ + K^+/Mg^+ + Ca^+$ یک فاکتور مهم در تعیین سمیت آب می‌باشد، بطوریکه یونهای تک ظرفیتی نسبت به دو ظرفیتی‌ها نقش بیشتری در سمیت دارند (Balay 1969). با افزایش شوری و در نتیجه شدت یونی، تعادل شیمیایی که بین فاز محلول و غیر محلول وجود دارد به هم خورده و به واسطه تغییر در ضریب هم بستگی یونها، سطح کانی‌ها، مکانی برای جذب سطحی می‌شود (Stumm and Morgan 1996).

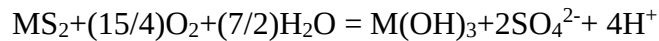
شوری بالا باعث ایجاد فرایندی بنام halocline خواهد شد. هالوکلین به عنوان یک مانعی است برای انتقال مواد بین سطح و کف لایه‌ها و نقش مهمی در چرخه‌های کربن و مواد غذایی دارد. بطور کلی این عامل می‌تواند به عنوان یک مانع برای انتقال اکسیژن از سطح آب به کف عمل کند. در نتیجه در کف به علت تقاضای بیشتر برای اکسیژن، کمبود اکسیژن ایجاد می‌شود و مرگ آبزیان را به دنبال خواهد داشت (Legovic, et al. 1991). در مطالعه مربوط به مخزن Yumaguzinskoe واقع در شهر Meleuz، از یک مدل جهت محاسبه و برآورد دیاگرام‌های شوری آب استفاده شد که در این مدل از درصد اکی والان‌های Na^+ ، Cl^- ، SO_4^{2-} و K برای تفسیر ترکیب شیمیایی آب طبیعی استفاده گردید (Popov and Oboldina 2003). بطور کلی ذخیره آب در مخازن باعث کاهش نوسانات شوری در جریان رودخانه‌ها خواهد شد. در مطالعه‌ای از سه مدل ساده برای پیش بینی شوری جریان خروجی مخازن بصورت ماهیانه، استفاده شد که استفاده از هر کدام از این سه مدل بسته به نوع مخزن دارد. نتایج نشان داد که شوری جریان ورودی در مواردی که ذخیره مخزن کم بوده بالاتر از زمانی است که حجم مخزن بالاست. مقدار نوسانات شوری در زمانی که حجم مخزن بالاست زیاد خواهد بود. نوسانات شوری جریان خروجی کمتر از جریان ورودی است (Inosako, et al, 2006).

شناسایی مناطق شور حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای تا محل سد و نیار واقع در آذربایجان شرقی، به کمک داده‌های سنجش از دور (RS) و GIS انجام شد و زیر حوضه‌های نمکی که غالباً به صورت

گنبد‌های نمکی ظاهر می‌شوند، شناسایی شده‌اند. آبراهه‌ها و رودخانه‌هایی که در این زیر حوضه واقع شده‌اند، عمدتاً شور بوده و سهم بسزایی در شوری آب ورودی به سد و نیار دارند (قدرتی و برهانی داریان ۱۳۸۶).

از دیگر عوامل آلوده کننده آب سدها و رودخانه‌ها فلزات سنگین می‌باشند که می‌توانند منشاءهای مختلف زمین‌شناسی و بشرزاد داشته باشند. در محیط‌های آبرزی معمولاً فلزات سنگین به صورت محلول در آب، کلوئیدی، معلق، فازهای رسوب شده نمایان می‌شوند. بطور معمول بیش از ۹۹ درصد از فلزات سنگین موجود در رودخانه‌ها می‌توانند به شکل‌های مختلف در رسوبات رودخانه ذخیره می‌شوند و با تغییر در شرایط فیزیکی- شیمیایی آب، دوباره وارد چرخه آب و زندگی ارگانیسم‌ها می‌شوند. بنابراین این رسوبات در تثبیت و انتقال فلزات سنگین نقش عمده‌ای دارند. در رسوبات فلزات می‌توانند به اشکال مختلف به ترکیبات متصل و تشکیل پیوند دهند. این به صورت جذب سطحی توسط رسوبات، اکسی هیدروکسیدهای Fe/Mn، حضور در شبکه کانیهای کربناته، سولفات‌ها، اکسیدها، تشکیل کمپلکس با ترکیبات آلی و یا حضور در شبکه سیلیکات‌ها می‌باشد. معمولاً با کاهش pH در رسوبات، رقابت بین H^+ و فلزات محلول برای تشکیل لیگاندهای OH^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} ، Cl^- ، S^{2-} قابل توجه خواهد بود. این فرایند باعث کاهش جذب سطحی، کاهش میزان دسترسی زیستی (bioavailability) فلزات و افزایش تحرک آنها خواهد شد. در رسوبات، انحلال‌پذیری ترکیبات آلی نقش مهمی در تحرک فلزات سنگین دارد، بطوریکه تشکیل کمپلکس یونهای فلزی با ترکیبات آلی غیر محلول تحرک آنها را پایین می‌آورد و تشکیل ترکیبات آلی محلول تحرک آنها را بالا می‌برد. در رسوبات بی‌هوازی بیشتر فلزات با آهن تشکیل پیوند داده و ترکیباتی مانند FeS , Fe_3S_4 ایجاد می‌شود. در این محیط فلزات ۲ ظرفیتی دیگری مثل مس، کادمیم، سرب و روی وجود دارند، اما آهن بسیار سریعتر از دیگر فلزات با سولفید تشکیل ترکیب می‌دهد. بنابراین در رسوبات، فلزاتی که با سولفید تشکیل ترکیب می‌دهند بیشترین مقدار را دارند. وقتی حالت اکسایش- کاهش (ORP) در

رسوبات افزایش می‌یابد، میزان اکسیداسیون سولفیدهای فلزی و همچنین تجزیه ترکیبات آلی افزایش می‌یابد. این واکنش بصورت زیر بیان می‌شود:



هیدروژن آزاد شده در این واکنش باعث کاهش pH و در نتیجه رهاسازی بیشتر فلزات سنگین می‌شود. بنابراین فرایند ORP در رسوبات بعنوان یک فاکتور مهم در رهاسازی و یا تثبیت فلزات سنگین در رسوبات می باشد. این فرایند بخصوص در رودخانه‌هایی که بطور فصلی دچار طغیان می‌شوند بسیار مهم خواهد بود. پس در فرایند لایروبی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها برای کاهش رهاسازی فلزات سنگین از رسوبات، از اکسیداسیون رسوبات باید جلوگیری شود. با افزایش درجه حرارت و شوری، جذب سطحی فلزات سنگین در رسوبات کاهش می‌یابد که می‌توان این کاهش را به رقابت بین فلزات و بعضی کاتیونها نسبت داد (feng Peng, et al, 2008). با مطالعه فلزات سنگین موجود در رسوبات ۱۲ رودخانه اصلی در چین، نشان داده شد که وجود این عناصر بطور قابل توجهی به سنگ بستر منطقه و هوازدگی سازندهای اطراف مربوط می‌شود (Chen, et al, 2000).

از جمله سدهای بزرگی که در کشور ساخته شده است، می‌توان سدهای دز، شهید عباسپور، درود، جیرفت، میناب و پیشین اشاره کرد. در این سدها مسئله رسوب، کیفیت آب، شور شدن اراضی، تلفات آب، جابجایی مردم، عدم رشد کشاورزی و عدم مدیریت بهره‌برداری مناسب به چشم می‌خورد. در سدهای جنوب کشور به دلیل ارتفاع کم منطقه از سطح دریا، مقدار تبخیر نسبتاً زیاد از سطح دریاچه، ورود مواد آلی، فاضلاب‌های روستایی، کودهای شیمیایی و ورود جریان‌های سطحی با مقدار هدایت الکتریکی زیاد، نمک بالا، احتمال لایه بندی حرارتی در دریاچه سد وجود دارد که این امر موجب کاهش کیفیت آب دریاچه می‌شود (ثابت رفتار و مصطفی پور ۱۳۸۶). همچنین در پیامدهای زیست محیطی سد کارون ۳، لایه‌بندی حرارتی، کمبود اکسیژن و تغییر ناگهانی تراز و دبی جریان رودخانه در حد فاصل کارون ۳ و کارون ۱ از جمله اثرات قطعی دراز مدت معرفی شده‌اند (بوستانی و ابراهیمی ۱۳۸۷). از عوامل تغییرات کیفی آب بسیاری از سدها و مخازن، سازندهای زمین‌شناسی می‌باشند. از

این میان سازندهای گچی- نمکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. گسترش سازند گچساران و رسوبات حاوی نمک‌های انحلال پذیر این سازند در حوضه آبریز سد ابوالفارس واقع در شرق شهرستان رامهرمز در استان خوزستان، عامل مهمی در تغییر کیفیت منابع آب منطقه می‌باشد. در تحقیقی برای ارزیابی کیفیت منابع آب و تاثیر سازند گچساران بر آن از منابع آب سطحی و زیر زمینی نمونه برداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که علاوه بر وجود چند چشمه کارستی با دبی بالا و کیفیت عالی در سرشاخه- های رودخانه ابوالفارس، آب این رودخانه از نظر شرب مناسب نبوده و ساکنین با مشکل آب شرب مواجه هستند. تمام نمونه‌های منابع آب سطحی حوضه آبریز سد ابوالفارس دارای الگویی هستند که در آن آنیون غالب سولفات و کاتیون غالب کلسیم می‌باشد. بنابراین می‌توان دریافت که تیپ آب از نوع سولفات کلسیک و نشان دهنده انحلال ژپس است (زارعی و اژدری ۱۳۸۵). در مطالعه و منشأ یابی عوامل موثر در تغییر کیفیت آب مخزن سد پانزده خرداد، مطالعات زمین شناسی منطقه نشان داد که واحدهای لیتولوژی بطور مستقیم و غیر مستقیم نقش عمده‌ای در تغییر کیفیت آب سد دارند. این واحدهای لیتولوژی شامل: نهشته‌های آواری ائوسن بالایی، نهشته‌های آواری نئوژن، قسمت‌هایی از سازند قم که دارای عدسی‌های گچ سنگی است، سنگ‌های آهکی کرتاسه، سنگ‌های کربناتی و سنگ‌های آهکی سازند قم می‌باشند. بنابراین با مطالعه منابع شورکننده آب مخزن در حوضه آبریز و همچنین منابع شور کننده آب داخل مخزن سد، نقش سازندهای زمین شناسی منطقه بر تغییر کیفیت آب به روشنی مشخص شد (خلج امیر حسینی و مسجدی ۱۳۷۹). در مطالعه کیفیت آب سد ونیار که بر روی رودخانه آجی چای احداث شده است، سازندهای گچی- نمکی نقش عمده‌ای در تغییر کیفی آب این سد خواهند داشت. بطوریکه شاخه‌های کرچای، سوجا، سرنچای و نهند چای، در بالادست از کیفیت خوبی برخوردار هستند ولی با نزدیک شدن به آجی چای، به دلیل وجود گنبد‌های نمکی و سازندهای گچی، از کیفیت آنها کاسته می‌شود و کیفیت آب به شدت کاهش می‌یابد. مطالعات RS و GIS نشان می‌دهد که مناطق شور و گنبد‌های نمکی در قسمت‌های مرکزی حوضه

آبریز آجی چای، نقش بسزایی در شور کردن آبراهه‌هایی دارد که از این قسمت عبور می‌کنند (قدرتی و برهانی داریان ۱۳۸۴). ساختگاه سد خیرآباد واقع در شرق شهرستان بهبهان، بطور عمده از ماسه سنگ، مارن و میان لایه‌های ژئوپسی متعلق به سازند آغاچاری تشکیل شده است. با توجه به اینکه تا کنون این سد آبگیری نشده است، و همچنین انحلال پذیری بالای رگه‌های ژئوپسی، طی مطالعه‌ای، نرخ انحلال ژئوپس محاسبه گردید و راهکاری جهت جلوگیری از تراوش رگه‌های ژئوپسی ارائه گردید. محققین با مقایسه بار یونی بارش یک حوضه آبریز در امریکا که دارای ۴ رودخانه اصلی است، با مقدار بار یونی که توسط این ۴ رودخانه از حوضه آبریز خارج می‌شود، به این نتیجه رسیدند که مقدار کلراید جریان خروجی ۴ برابر مقدار آن در بارش می‌باشد که دلیل اصلی آن فرسایش کلریدی منطقه مورد مطالعه بوده است. همچنین در مطالعه رودخانه Pecos در New Mexico، وقتی که آب رودخانه در مخزن ذخیره می‌شود، در نتیجه رسوب کربنات کلسیم تغییراتی در محتوی کلسیم آب مخزن ایجاد خواهد شد. بدین طریق که به خاطر رشد جلبک‌ها و پلانکتون‌ها در اثر کمبود اکسیژن، pH آب سطحی مخزن بالاتر از حد استاندارد شده و بنابراین رسوب کربنات کلسیم اتفاق می‌افتد. و یک لایه سفید رنگی در اطراف رودخانه مشاهده خواهد شد. بنابراین این فرایند در مخازن به ۲ عامل بستگی دارد: ۱. جریان ورودی به مخزن که حاوی مقدار قابل توجهی کلسیم خواهد بود ۲. انحلال پذیری لایه‌های ژئوپس که از قبل در مخزن وجود داشتند (Hem 1989).

با ارزیابی آب کیفی سد Mohal واقع در آفریقای جنوبی به مدت ۵ سال، مشاهده شد که مقادیر همه آنیون‌ها، کاتیون‌ها و فلزات سنگین مورد مطالعه، به جزء کلسیم و سرب، پایینتر از حد مجاز بوده. از آنجا که این سد و رودخانه مرتبط با آن در ارتفاعات بالا (۲۹۰۰ متر از سطح آب دریا) قرار دارند، بنابراین عوامل بشرزاد در آلودگی این سد تاثیری نداشته و بالا بودن مقادیر کلسیم و سرب به عوامل طبیعی و زمین شناسی منطقه مربوط می‌شود (Mating et al, 2010).

۳-۴- تاریخچه مطالعات کیفی آب در محدوده‌ی مورد مطالعه

با توسعه کشاورزی و صنعت و افزایش جمعیت در استان خوزستان، از یک طرف میزان مصرف آب‌های موجود افزایش یافته و از طرف دیگر در اثر ورود فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی، موجب آلودگی بی سابقه‌ای در رودخانه کارون بخصوص در سال‌های اخیر شده است. علاوه بر آلودگی‌های بشرزاد، خشکسالی سال‌های اخیر باعث بالا رفتن تبخیر و تعرق شده و همچنین زمین شناسی بستر رودخانه که بطور قابل توجهی از سازندهای گچی- نمکی تشکیل شده است، کیفیت آب این رودخانه را بخصوص در سال‌های اخیر بسیار پایین آورده است. با توجه به اهمیت کارون بزرگ، مطالعات فراوانی بر روی کیفیت آب آن انجام شده که همگی دال بر افزایش آلودگی در این رودخانه می‌باشند. تا کنون در راستای بررسی کیفی آب رودخانه کارون در محدوده‌ی سد تنظیمی گتوند تا شوشتر، نتایج قابل توجهی به دست آمده است. سازندهای موجود در مسیر رودخانه کارون، در منطقه مورد مطالعه عبارتند از سازندهای گچساران، میشان، آغاچاری، بخش لهبری و بختیاری. رودخانه کارون در این محدوده در مسیری حرکت می‌کند که بیش از ۵۰ درصد طول آن در بستری از سازند گچساران در حال حرکت می‌باشد و آب رودخانه در تماس مستقیم و دائمی با آن می‌باشد. همبستگی بالای SO_4 با یون Ca در آب منطقه مورد مطالعه، نشان دهنده منشاء ژئوسی این یون‌ها می‌باشد. همچنین یون‌های Mg و Na بیشترین همبستگی را با یون Cl دارند که نشان دهنده منشاء هالیتی این یون‌ها است. بنابراین میزان شوری و مواد محلول آب در حد فاصل گتوند تا شوشتر، به میزان زیادی افزایش یافته است که بیشترین تاثیر را انحلال و هوازدهی سازندهای زمین شناسی بخصوص سازند گچساران و کانی‌های ژئوپس و هالیت‌دار گذاشته‌اند. همچنین آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های گتوند و شوشتر نسبت به کانی‌های هالیت، کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به کانی ژئوپس تحت اشباع می‌باشد (مظفری زاده و چیت‌سازان ۱۳۸۵). طی مطالعه‌ای از تیرماه ۱۳۸۴ تا خرداد ۱۳۸۵ رودخانه کارون از لحاظ پارامترهای زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت آب

رودخانه کارون یک روند رو به کاهش را از ایستگاه بالادست گتوند به ایستگاه پایین دست داراست. ضمناً در تابستان کیفیت مناسب‌تر بوده و در ماه‌های گرم سال شاخص کیفیت آب نسبتاً میزان بالاتری را نشان می‌دهد. این تغییرات بیشتر تحت تاثیر پارامتر TDS و کدورت قرار داشته است. در فصل زمستان نیز به دلیل بارندگی، بالا رفتن کدورت و TDS کیفیت آب پایین‌تر می‌آید (حسینیان و همکاران ۱۳۸۵).

در ارزیابی کیفی آب رودخانه کارون برای آبیاری محصولات کشاورزی در بازه شوشتر- اهواز، براساس طبقه بندی ویل کوکس، کیفیت آب در هر ایستگاه و تغییرات مکانی آن مورد بررسی قرار گرفت. در کلیه ایستگاه‌ها، بر طبق طبقه بندی ویل کوکس، یون سدیم در کلاس ۱، یون کلر در کلاس ۲ و شوری در کلاس ۳ قرار گرفته‌اند. بنابراین کیفیت آب رودخانه کارون در این بازه برای استفاده در آبیاری سطحی از لحاظ سدیم مطلوب و از لحاظ غلظت کلر دارای محدودیت کم یا متوسط می‌باشد (حنیفه‌لو و معاضد ۱۳۸۵).

در بررسی تاثیر رودخانه شور دشت بزرگ و دیگر منابع آلاینده بر کیفیت رودخانه کارون در بازه سد گتوند تا شوشتر، نتایج مطالعات به عمل آمده نشان داده است که حوضه میانی و زیرشاخه‌های شور طبیعی از آسیب‌پذیرترین بخش حوضه آبریز کارون از نظر کیفی می‌باشد. علاوه بر عوامل طبیعی مانند شاخه‌های شور طبیعی و لیتولوژی بستر رودخانه، عوامل دیگری همچون پساب‌های کشاورزی، صنعتی و شهری در کیفیت آب کارون موثر می‌باشند. بار آلودگی معدنی و آلی تخلیه شده به رودخانه توسط منابع آلاینده در دشت خوزستان در جدول (۳-۱) ارائه شده است (سعادت‌ی و همکاران ۱۳۸۸).

جدول ۱-۳: بار آلودگی معدنی و آلی وارده به رودخانه کارون واقع در دشت خوزستان (سعادت و همکاران ۱۳۸۸)

محدوده	منابع آلاینده	دبی (m ³ /s)	حجم سالانه	درصد	تث. در روز	BOD ₅	درصد	تث. در روز	COD	درصد	تث. در روز	TDS	درصد
کارون (دشت خوزستان)	کشاورزی	۶۷	۲۱۱۲	۸۳	۴۱	۱۸	۲۳	۲۰۱	۸۵۴۱	۷۸	۱۱	۱۲۰۹	۶۲
	صنعتی	۷	۲۲۸	۹	۱۰۴	۴۷	۱۳	۱۱۹	۵۳۵	۱۰	۱۱۷۴	۱۰۹۲۵	۱۰۰
	شهری	۵	۱۸۷	۷	۷۳	۳۳	۱۰۰	۸۵۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۹۲۵	۱۰۰	۱۰۰
	جمع کل	۸۰	۲۵۲۹	۱۰۰	۲۱۹	۱۰۰	۱۰۰	۸۵۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۹۲۵	۱۰۰	۱۰۰

با توجه به حجم عظیم سد و بالا آمدگی ۲۵۰ متری رودخانه و در نتیجه اثرهای زیست محیطی نا مطلوب آن، به ارزیابی زیست محیطی آن با استفاده از روی هم گذاری نقشه‌ها پرداخته و سپس نتایج به دست آمده از آن با منطق فازی نیز مقایسه گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، مساحتی از اراضی که به زیر آب می‌رود از لحاظ اکولوژیکی دارای ارزش چندانی نبوده و مهمترین کاربری آن یعنی توسعه جنگل تنها ۷ درصد کاربری مستعد را تشکیل می‌دهد (جوادی پیربازاری و همکاران ۱۳۸۷).

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی سد گتوند، از بازدیدهای صحرایی، نقشه‌های موجود و منابع آلاینده شناخته شده که از منطقه در دسترس بود استفاده شد. براساس این ارزیابی احداث سد گتوند باعث زهکشی نمک به درون آب، شور شدن آب‌های زیر زمینی منطقه مورد مطالعه، پراکندگی مواد محلول، ایجاد مواد سمی و آلودگی مواد آلی می‌شود. همچنین باعث زیر آب رفتن برخی از مناطق مسکونی و مهاجرت افراد منطقه می‌شود (Sayadi et al, 2009).

بطور کلی مهمترین سازند از نظر تاثیر بر کیفیت منابع آب، در زاگرس خوزستان، سازند گچساران می‌باشد. این سازند دارای لایه‌های ضخیم ژئوپس و نمک است که هر دو قابل حل در آب هستند

(قابلیت انحلال نمک بسیار بیشتر از ژیپس است). با وجود اینکه این سازند دارای لایه‌های مارنی بوده و عملاً مانع انحلال نمک می‌شوند، ولی چنانچه این لایه‌های مارنی از بین بروند یا در اثر ایجاد درزه و شکاف نفوذپذیری آنها دچار اختلال شوند، به خاطر نفوذ آب‌های سطحی و زیر زمینی به لایه‌های نمکی، چشمه‌های بسیار شور به وجود خواهد آمد. حتی با وجود این لایه‌های مارنی که مانع انحلال نمک می‌شوند، در اثر مجاورت آب با لایه‌های ژیپس، مقدار زیادی گچ به صورت یون‌های سولفات، کلسیم یا منیزیم در آب حل می‌شود. این فرایند باعث سولفاته شدن و افزایش سختی آب خواهد شد. بنابراین رودخانه‌هایی که در بستر آنها مسیر طولانی سازند گچساران وجود دارد، برای شرب و کشاورزی مناسب نیستند (فکور و نامداری ۱۳۸۱).

آگاهی از چگونگی شرایط هیدرولوژی و کیفیت آب در محدوده‌ی ساختگاه و سد گتوند، علاوه بر نقش و تاثیر آن بر پارامترهای طراحی، می‌تواند در پیش بینی برخی تمهیدات جهت کاهش عوامل نامناسب موثر باشد. اغلب آنیون‌ها و کاتیون‌ها (بخصوص کلر، سدیم، سولفات، کلسیم) در چشمه‌هایی که از سازند گچساران تخلیه می‌شوند دارای مقادیر بالایی بوده‌اند و همچنین مقادیر EC و TDS آنها نیز خیلی زیاد می‌باشد که ناشی از اثر تماس آب با لایه‌های نمک و گچ این سازند است (گزارشات شرکت مه‌اب قدس ۱۳۸۶). بررسی تغییرات زمانی میزان شوری آب در ایستگاه گتوند نشان داد که علارغم اینکه در طول دوره آماری بیشترین مقدار دبی منطقه مورد مطالعه مربوط به فصل زمستان است اما بهترین کیفیت (کمترین شوری) مربوط به فصل بهار می‌باشد چراکه ذوب برف در فصول بهار و تابستان سبب شده تا علاوه بر افزایش دبی، میزان شوری در این منطقه کمتر شود. بدترین کیفیت آب منطقه مربوط به فصول پاییز و زمستان است که علت آن رواناب حاصل از بارندگی و شسته شدن املاح سطح زمین است (زارعی و آخوندعلی ۱۳۸۵).

علاوه بر آب‌های سطحی، آب‌های زیر زمینی منطقه مورد مطالعه نیز از کیفیت خوبی برخوردار نیستند، بطوریکه کاهش کیفیت آب‌های زیر زمینی دشت گتوند کاملاً متأثر از سازندهای زمین

شناسی بوده و در بعضی قسمت‌ها کیفیت آب به گونه‌ای است که برای مصارف کشاورزی، صنعت و شرب نامناسب یا دارای محدودیت می‌باشند. سازند گچساران و لایه‌های ژئوپس و هالیت‌دار این سازند بیشترین تاثیر را بر میزان شوری و مقدار مواد محلول آب زیر زمینی دشت گتوند می‌گذارد. علاوه بر آن رسوبات دانه ریز ناشی از سازندهای مارن‌دار مانند بخش لهری، نیز باعث ایجاد واکنش‌های تعویض یونی و افزایش یون‌های محلول در آب‌های زیرزمینی منطقه می‌گردند (مظفری زاده و چیت سازان ۱۳۸۶).

دامنه‌های جنوبی زاگرس به علت وجود سازندهای زمین شناسی تبخیری و شورکننده و اضافه شدن شاخه‌های نسبتاً شور پر آب با کیفیت نامناسب از جمله شاخه‌های مرغاب، شوراندیکا، شورلالی، شوردشت بزرگ، شور بتوند و بهلول بتوند، بصورت طبیعی باعث افزایش شوری آب رودخانه کارون در پایین دست می‌گردند. از بین شاخه‌های مذکور، شاخه‌های مرغاب، شوراندیکا و شور لالی در بالادست سد گتوند قرار دارند و با توجه به عبور این رودها از سازندهای تبخیری و شور از جمله سازند گچساران، تاثیر بسیار عمده‌ای را برروی شوری آب مخزن و افت کیفیت آن خواهند داشت، بطوریکه EC در محل دریاچه و سد شهید عباسپور که در بالادست ایستگاه گتوند قرار دارند به ترتیب ۵۲۳ و ۵۶۰ میکروموس برسانتی متر است که در طی مسیر و در محل ایستگاه گتوند به ۹۳۵ میکروموس بر سانتی متر می‌رسد و افزایش بیش از ۷۰ درصد را شامل می‌شود (حسینی زارع و همکاران ۱۳۸۵).

علاوه بر رخنمون سازندهای گچی- نمکی در شاخه‌های منتهی به مخزن سد گتوند علیا، خود مخزن سد نیز دارای رخنمون قابل توجهی از این سازندها بخصوص سازند گچساران می‌باشد. سازند گچساران بخشی از رخنمون‌های محدوده‌ی مخزن سد و حاشیه‌های مجاور آن را تشکیل می‌دهد. در فاصله ۳/۵ تا ۷ کیلومتری بالادست محل سد رخنمون‌های یاد شده دارای لایه‌های نسبتاً ضخیم نمک بوده که هم اینک دو معدن فعال در حال استخراج نمک آن است. بخشی از ساحل چپ مخزن حدود چند کیلومتری بالادست سد، از سازند گچساران پوشیده شده است که دارای واحدهای رسوبی ژئوپس

و نمک است. در محدوده‌ی نمک عنبل در ۴/۵ کیلومتری بالادست سد، نخستین رخنمون‌ها از لنزهای نمکی در سازند گچساران در حاشیه رودخانه کارون به چشم می‌خورد و تا ۲ کیلومتر گسترش دارند. این چینه‌ها پس از آبگیری سد غرقاب شده و مطالعات انجام شده حاکی از لغزش مصالح در دریاچه سد است که خود در ایجاد اثرات شوری می‌تواند نقش داشته باشد. پیش بینی خط لغزش نهایی حجمی از نمک که در سالهای نخست آبگیری دچار لغزش خواهد شد، حجم فعالی است که در فرایندهای انحلال سریع و احتمالاً در برخورد مستقیم آب دریاچه سد، سبب آلودگی آب خواهد شد (خلاصه گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۷). رسوبات تبخیری مذکور بویژه در شرایط وجود آب بسیار انحلال پذیر می‌باشند. وجود لایه‌های ضخیم نمکی در موقعیت رخنمون‌های سازند گچساران واقع در محدوده‌ی مخزن سد و نیز گسترش رخنمون‌های سازند گچساران در کرانه‌های چپ و راست پایین دست مخزن و احتمال کارست شدگی شدید در لایه‌های ژئوپس- انیدریتی و بویژه نمکی این سازند، احتمال فرار آب از طریق این سازند به سوی پایین دست را ایجاد نموده است (داموغ و زارعی ۱۳۸۷).

فصل چهارم

مواد و روش‌ها

۱-۴- مقدمه

در این تحقیق جهت بررسی تاثیر سازندهای زمین شناسی و برآورد کیفیت آب سد گتوند پس از آگیری، نمونه برداری از فازهای مختلف صورت پذیرفت که این فصل به توضیح درباره محل های نمونه برداری و آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه ها اختصاص داده شده است.

۲-۴- نمونه برداری

جهت نیل به اهداف تحقیق، از آب موجود در فرازبند به عنوان آب ورودی به سد گتوند و از سازندهای دارای رخنمون در مخزن سد گتوند، در تاریخ ۲۱ بهمن ۱۳۸۸ نمونه برداری صورت پذیرفت. نمونه برداری از آب فرازبند سد، در سه عمق سطحی، ۱متر و ۲متری انجام شد که از هر عمق ۲ نمونه برداشته شد (شکل ۱-۴).

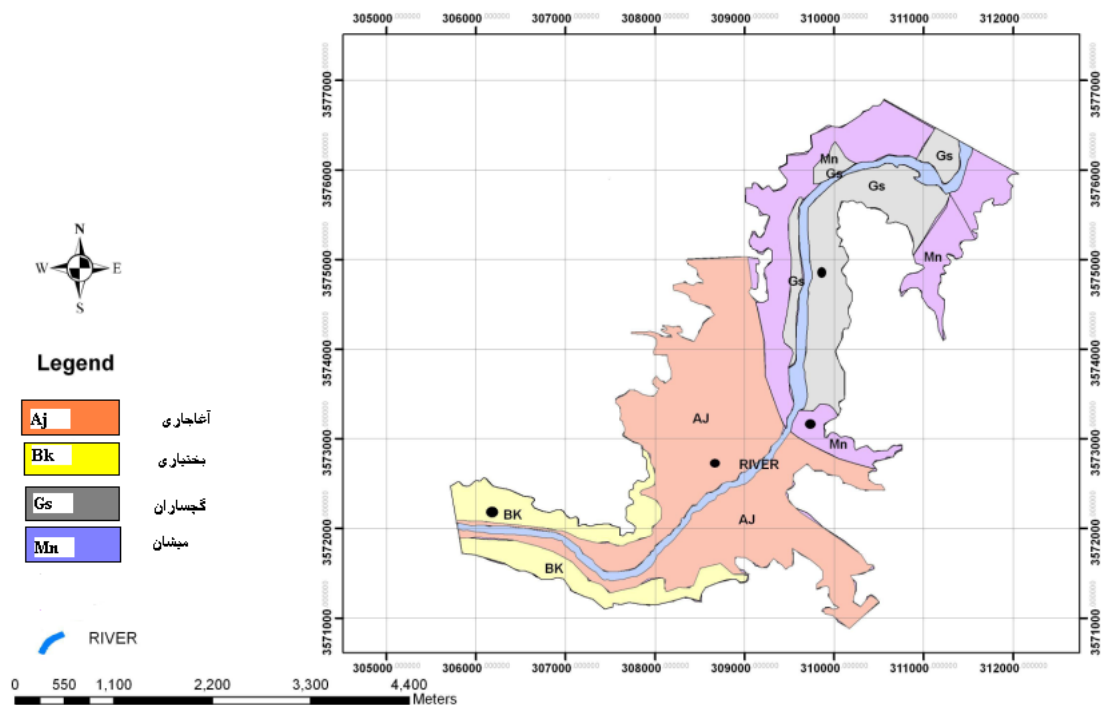


شکل ۱-۴: نمونه برداری از آب فرازبند سد گتوند

وسایل نمونه برداری شامل لوله پولیکا پلاستیکی به طول ۲متر و قطر ۶ سانتی متر، بطری پلاستیکی نیم لیتری برای نگهداری نمونه ها بود.

نمونه برداری از سازندهای مخزن سد در جناح راست و چپ سد انجام پذیرفت. در جناح چپ سد، در ۲/۵ کیلومتری بالادست مخزن، جایی که سازند گچساران بطور قابل توجهی رخنمون دارد و بعد از

آگیری سد کاملاً زیر آب خواهد رفت، نمونه‌برداری از این سازند انجام گرفت. به دلیل اهمیت سازند گچساران در کیفیت آب مخزن سد، بطور جداگانه از بخش‌های مختلف تشکیل دهنده سازند شامل گچ، نمک، شیل و مارن نمونه برداشته شد. همچنین از سازند میشان نیز در یان جناح نمونه‌گیری شد. در جناح راست سد از سازندهای آغاچاری و سازند بختیاری نمونه‌های مختلفی برداشت شد و در نهایت با توجه به درصد تشکیلات هر کدام از این سازندها یک نمونه مخلوط تهیه گردید. در شکل ۴-۲ محل‌های نمونه‌برداری از مخزن از محل محور سد تا ۲/۵ کیلومتری بالادست آن نشان داده شده است.



شکل ۴-۲: محل‌های نمونه‌برداری از محل محور سد تا ۲/۵ کیلومتری بالادست محور

۴-۳- آماده سازی و آنالیز نمونه‌های آب

از ۶ نمونه آب برداشت شده از منطقه، ۳ نمونه برای تعیین آنیونها و کاتیونهای به پارک علم و فناوری سمنان ارسال گردید که آنیون و کاتیون‌ها به روش تیتراسیون تعیین گردیدند. همچنین ۳ نمونه دیگر آب که توسط اسید نیتریک ۱۰ درصد اسیدی شده بودند، جهت تعیین غلظت عناصر و

فلزات سنگین با استفاده از ICP- MS، به شرکت Acme کانادا فرستاده شدند.

۴-۴- آماده سازی نمونه‌های سنگ

برای آماده‌سازی نمونه‌های سنگ، نمونه‌ها را در هاون گذاشته و به آرامی کوبیده تا بصورت رسوبات ناپیوسته درآیند. سپس این رسوبات از الک ۱۰ که مربوط به ذرات تا قطر ۲ میلی‌متر است، عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری میزان انحلال نمونه‌های سازندهای برداشت شده از مخزن سد، از روش عصاره‌گیری از گل اشباع شده استفاده گردید.

در این روش، حدود ۳۵۰ گرم از خاک کوبیده و از الک ۱۰ با سوراخ‌های با قطر دو میلی‌متری رد شده در لیوان پلاستیکی گل اشباع ریخته می‌شود. در حال بهم زدن آنقدر آب مقطر اضافه می‌کنیم تا نزدیک به حالت اشباع برسد. درب لیوانها را بسته و به مدت ۲۴ ساعت به حال خود گذاشته می‌شود تا خاک کاملاً آب را جذب کند و گل به حالت اشباع برسد (حالت اشباع حالتی است که سطح گل براق و وقتی شیار در گل ایجاد شود، با ضربه زدن به لیوان محتوی گل، شیار محو می‌شود و وقتی لیوان محتوی گل را از بالا کج نماییم، به آرامی گل سرازیر می‌شود). بعد از سپری شدن مدت زمان لازم، گل را مجدداً به هم زده تا به حالت اشباع برسد که در این مرحله می‌توان pH گل را اندازه گرفت. گل اشباع شده داخل قیف بوخنر که روی پایه عصاره‌گیری قرار دارد ریخته می‌شود. کاغذ صافی جهت صاف کردن گل استفاده شده و شیشه عصاره‌گیری ۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌لیتری زیر قیف قرار داده می‌شود. پایه عصاره‌گیری به پمپ خلاء وصل می‌گردد. گل را روی قیف بوخنر خالی نموده و با کاردک سطح را طوری صاف نموده که گل بطور یکنواخت در داخل قیف قرار گیرد. سپس پمپ خلاء را روشن کرده بطوریکه عصاره خاک در داخل شیشه عصاره‌گیری جمع می‌گردد. اگر عصاره کدر بود مجدداً عصاره را صاف می‌نماییم. پس از آن عصاره آماده آنالیز خواهد بود.

برای تعیین درصد اشباع گل، حدود ۲۰ تا ۲۴ گرم از گل اشباع را در ظروف مخصوص اندازه‌گیری در

صد اشباع (تین‌های فلزی) ریخته سپس به کمک یک ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن آن محاسبه گردید. پس از آن نمونه را به مدت یک شبانه روز در اتوکلاو با حرارت ۱۰۰ تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده تا وزن خشک نمونه نیز محاسبه شود. با در نظر گرفتن وزن تین فلزی، از کم کردن وزن گل اشباع با وزن گل خشک شده، درصد اشباع گل بدست می‌آید.

۴-۵- آنالیز شیمیایی نمونه‌ها

۴-۵-۱- تعیین pH

بعد از ۲۴ ساعت که گل به حالت کاملاً اشباع رسید، pH آن اندازه‌گیری شد.

۴-۵-۲- تعیین Ec

رسانایی الکتریکی نمونه‌ها، در آزمایش گل اشباع، بعد از عصاره‌گیری اندازه‌گیری شد و در آزمایش ۱ به ۲۰، بعد ۵ دقیقه که انحلال صورت گرفت، اندازه‌گیری شد که مقادیر آنها در فصل بعدی آورده شده است.

۴-۵-۳- اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها

پس از آماده سازی نمونه‌های برداشت شده از مخزن سد با روش عصاره‌گیری، آنالیز عصاره نمونه‌ها در آزمایشگاه آب جهاد دانشگاهی شهید چمران اهواز انجام شد. در این آنالیز، سدیم و پتاسیم به روش Flame Photometry، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA، کربنات و بیکربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال، سولفات به روش سانتیفریژ و کلر به روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید.

۴-۵-۴- اندازه‌گیری غلظت عناصر با استفاده از ICP-MS

اندازه‌گیری غلظت عناصر و فلزات سنگین از ۴ نمونه خاک سازندهای آغاجاری، میشان،

گچساران و بختیاری و نیز عصاره گل اشباع این ۴ نمونه در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. در این آزمایشگاه ابتدا عناصری که بالاترین طول موج را نشان می‌دادند، شناسایی شد و سپس مقادیر این عناصر تعیین گردید.

۴-۶- اندازه‌گیری مساحت سازندهای مخزن سد

برای محاسبه مساحت سازندهای تشکیل دهنده‌ی مخزن، نقشه‌های زمین شناسی و توپوگرافی مخزن سد در محیط Auto CAD قرار گرفت و با مشخص کردن ترازهای آب مخزن سد برروی نقشه توپوگرافی، مساحت هرکدام از سازندهای مخزن سد مشخص گردید. همچنین نقشه توزیع عناصر و فلزات سنگین سازندهای مخزن که تقریباً از محل محور سد تا ۲/۵ کیلومتری بالادست بود، در محیط GIS تعیین گردید.

فصل پنجم

بررسی ژئوشیمی مخزن سد گتوند علیا

۵-۱- مقدمه

در حال حاضر آب در فرازبند سد قرار دارد و با وجود اینکه بیش از ۸۰ درصد از ساخت بدنه سد و سایر بخش‌های دیگر آن به اتمام رسیده اما به دلیل تاثیر بالایی که سازندهای تشکیل دهنده مخزن سد بخصوص سازند گچساران بر روی کیفیت آب آن خواهد داشت، بهره برداری و آگیری از سد به تعویق افتاده است.

سازندهای اصلی و مهم مخزن سد شامل سازندهای آغاچاری، میشان، گچساران، بختیاری و رسوبات کواترنری است. محور سد عموماً از سازندهای آغاچاری و بختیاری تشکیل شده است. براساس گزارشات آب و نیروی ایران در سال ۱۳۸۷، در محدوده‌ی معدن نمک عنبل در ۴/۵ کیلومتری بالادست سد نخستین رخنمون‌ها از لنزهای نمکی در سازند گچساران در حاشیه رودخانه کارون به چشم می‌خورد که تا ۲ کیلومتر گسترش دارند. این چینه‌ها پس از آگیری سد غرقاب شده و مطالعات انجام شده حاکی از لغزش مصالح در دریاچه سد است که خود در ایجاد اثرات شوری می‌تواند نقش داشته باشد (شکل ۵-۱). سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه که ۱۳ درصد مخزن سد را تشکیل می‌دهد، بطور متوسط شامل ۲۲/۵۱ درصد نمک، ۲۳/۴۷ درصد مارن، ۲۰ درصد ژئپس و انیدریت و ۳۴ درصد باقی از شیل و سایر اجزاء تشکیل شده است (گزارشات آب و نیروی ایران ۱۳۸۶).



شکل ۵-۱: تداوم ریزش لایه‌های گچی-نمکی در طول رودخانه کارون در محل معدن نمک عنبل

بخش قابل توجهی از جناح چپ و کف مخزن سد از سازندهای آغاجاری و میشان تشکیل شده است. سازند آغاجاری به همراه بخش لهری تقریباً ۵۰ درصد مخزن سد را تشکیل می‌دهند و عموماً از مارن‌های قرمز رنگ با رگه‌های ژئوپس و ماسه سنگ‌های آهکی تشکیل شده است. سازند میشان نیز ۱۵ درصد سازندهای مخزن سد را به خود اختصاص داده که بطور عمده از مارن‌های با ترکیب آهکی تشکیل شده است. همچنین سازند بختیاری در محور سد دارای رخنمون می‌باشد و ۷ درصد سازندهای مخزن را تشکیل می‌دهد. نتایج آنالیزهای شیمیایی سازندهای مخزن سد، آنیون‌ها و کاتیون‌ها، pH، EC، در جدول ۵-۱ و غلظت عناصر و فلزات سنگین در جدول ۵-۲ آورده شده است.

جدول ۵-۱: مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی گرم بر لیتر در نمونه‌های برداشت شده از سازندهای مخزن سد

مشخصات نمونه	نوع عصاره	pH	EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ca^{+2}	Na^{+}	Mg^{+2}	Cl^{-}	SO_4^{-2}
ژئوپس	1 به 20	7.22	2457	426	34.48	32.96	71.26	965.4
مارن	1 به 20	7.51	4817	163.1	691.1	39.56	819.5	1220
شیل	1 به 20	7	1034	761	1724	34.28	2994	870.8
نمک	1 به 20	6	70010	54.35	15564	14.5	28504	401.6
گچساران	1 به 20	6.5	18684	1131	2708	39.56	6413	2106
آغاجاری	1 به 20	7.45	2055	363.7	16.09	26.37	28.36	672.9
بختیاری	1 به 20	7.8	166	16.29	15.4	13.19	24.82	20.17
میشان	1 به 20	7	5240	2153	1873	68	2893	203
نمونه مخلوط از ۴ سازند	1 به 20	7	4743	663.1	1092	52.74	1422	509.1
مشخصات نمونه	نوع عصاره	pH	EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ca^{+2}	Na^{+}	Mg^{+2}	Cl^{-}	SO_4^{-2}
ژئوپس	اشباع	7.45	9253	25000	979.4	65.93	2280	44326
مارن	اشباع	7.54	106900	3244	22990	371.1	43252	9435
شیل	اشباع	7.4	125970	9219	21610	32.96	50559	11769
گچساران	اشباع	6.72	248160	9885	61153	1252	55661	17046
آغاجاری	اشباع	7.56	4030	750.1	6943	31.65	356.3	1441
بختیاری	اشباع	8.06	1490	206.5	91.96	39.56	285	307.4
میشان	اشباع	7.03	60040	3527	38392	3503.5	32794	1218
نمونه مخلوط از ۴ سازند	اشباع	7.1	198590	5436	47359	625	79769	2634

جدول ۵-۲: مقادیر عناصر و فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر لیتر در نمونه‌های برداشت شده

عناصر	گچساران		آغاچاری		بختیاری		میشان		میانگین پوسته ای
	خاک	عصاره	خاک	عصاره	خاک	عصاره	خاک	عصاره	
Al	2813.1	0.5938	2873	0.4685	836.6	0.236	2531	0.3622	81
Cu	15	0.059	13	0.05	10	0.0076	13.5	0.052	55
Fe	15	0.003	18	0.0083	12	0.0071	22	0.0089	50
B	6.9	0.073	6.2	0.055	9	0.009	7.1	0.08	10
Sr	63.42	45.2	35.9	20.92	17.9	2.16	49.3	31.1	375
Ba	21.9	0.615	25.6	0.175	17	0.053	20	0.162	425
Mn	25.4	0.491	39.1	0.178	35	0.087	41.1	0.234	950
p	9.5	0.0028	10	0.0042	12	0.0048	11	0.0039	1

۵-۲- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سازندهای مخزن سد

با توجه به اینکه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک در عصاره اشباع اندازه گیری گردیده است، در واقع این غلظت‌ها نشان از مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌هایی دارد که قابلیت انحلال در آب را دارند و به عبارتی قابلیت ورود به آب مخزن سد پس از آبیگری را دارا می‌باشند.

۵-۲-۱- کلسیم

کلسیم از فراوانترین عناصر آلكالین در پوسته زمین است یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده کانی‌های سنگ‌های آذرین (پیروکسن، آمفیبول، فلدسپار) و دگرگونی است. بیشترین مقدار کلسیم در سنگ‌های رسوبی کربناته دیده می‌شود. به شکل‌های کلسیت، آراگونیت و دولومیت (در دولومیت نسبت کلسیم به منیزیم ۱:۱ است) وجود دارد. سنگ آهک حاوی مقدار قابل توجهی کلسیم، کربنات منیزیم و دیگر ناخالصی‌ها است. کلسیم بصورت یک یون جذب سطحی شده برروی سطح کانی‌های با بار منفی قرار می‌گیرد و از آنجا که یون‌های ۲ ظرفیتی بیش از یون‌های تک ظرفیتی جذب سطحی می‌شوند، بنابراین معمولا کلسیم توسط این کانی‌ها در آب رودخانه‌ها ویا آب‌های زیرزمینی جذب می‌شود. در بعضی محلول‌ها کلسیم بصورت کمپلکس‌های CaHCO_3^+ وجود دارد. مطالعات

انجام شده توسط محققین نشان داده که اگر مقدار غلظت بی‌کربنات در محلول ۱ میلی گرم برلیتر باشد، حدود ۱۰ درصد از کلسیم به شکل CaHCO_3^+ خواهد بود. در محلولی که غلظت سولفات بیش از ۱ میلی گرم برلیتر باشد، بیش از نیمی از کلسیم بصورت CaSO_4 وجود خواهد داشت (Hem 1989).

از دیگر کانی‌های کلسیم‌دار در رسوبات، سولفات‌ها می‌باشند که شامل ژیپس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، انیدریت CaSO_4 و به مقدار کمتر فلوریت CaF_2 هستند. در منطقه مورد مطالعه، با توجه به وجود رگه‌های ژیپسی در سازند گچساران و به مقدار کمتر سازند آغاچاری و میشان (شکل ۵-۲)، مقادیر بالای کلسیم در ترکیبات ژیپس و انیدریت قابل انتظار خواهد بود.

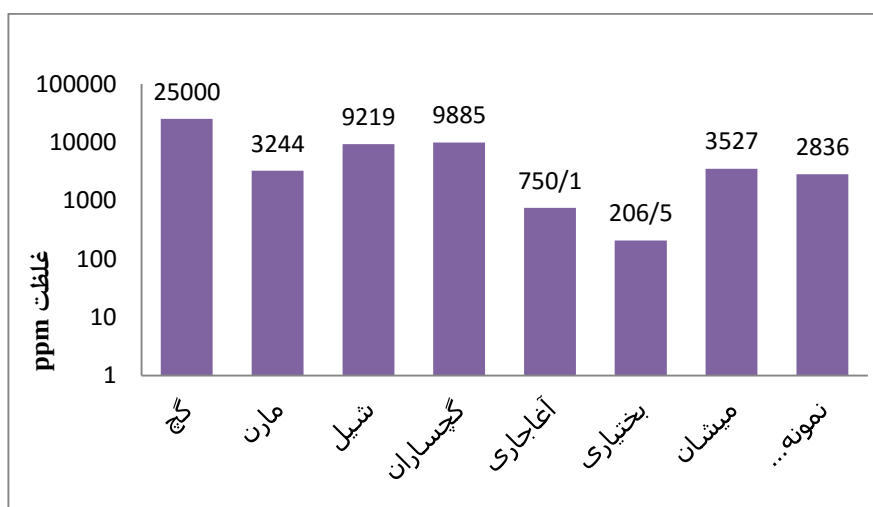


شکل ۵-۲: رگه‌های ژیپسی در سازند آغاچاری (مخزن سد)

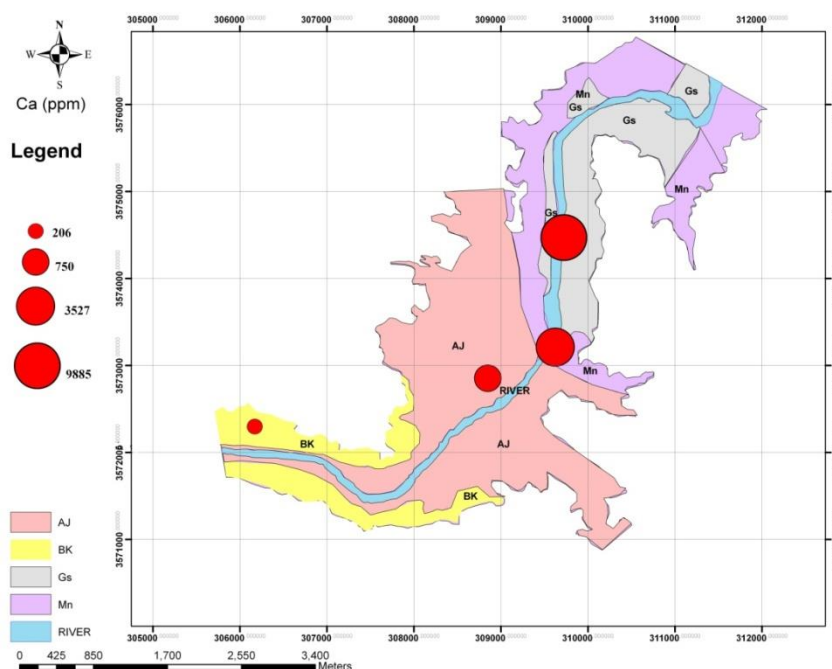
از بین سازندهای مذکور، سازند گچساران بالاترین مقدار کلسیم را دارد که ناشی از حضور رگه‌های ژیپسی در این سازند است (شکل ۵-۳).

ژیپس که حدود ۲۰ درصد سازند گچساران را تشکیل می‌دهد، دارای بالاترین مقدار کلسیم (25000 ppm) می‌باشد. مطلب قابل توجه این است که حضور مارن و شیل در سازند گچساران با کلسیم کمتر عاملی جهت کاهش انحلال پذیری گچساران گشته و میزان کلسیم در نمونه نماینده

سازند گچساران به ۹۸۸۵ppm رسیده است. با وجود اینکه سازند میشان از ۶۰ درصد آهک تشکیل شده است، ولی به علت حضور مارن، کلسیم دارای غلظت کمتری در عصاره اشباع از این سازند نسبت به سازند گچساران می‌باشد. این مطلب تائید مجدد بر تاثیر حضور مارن و کاهش انحلال پذیری کلسیم در سازند می‌باشد. در شکل ۴-۵ نحوه توزیع کلسیم در سازندهای مخزن سد نشان داده شده است.



شکل ۴-۵: تغییرات غلظت کلسیم در سازندهای مخزن سد



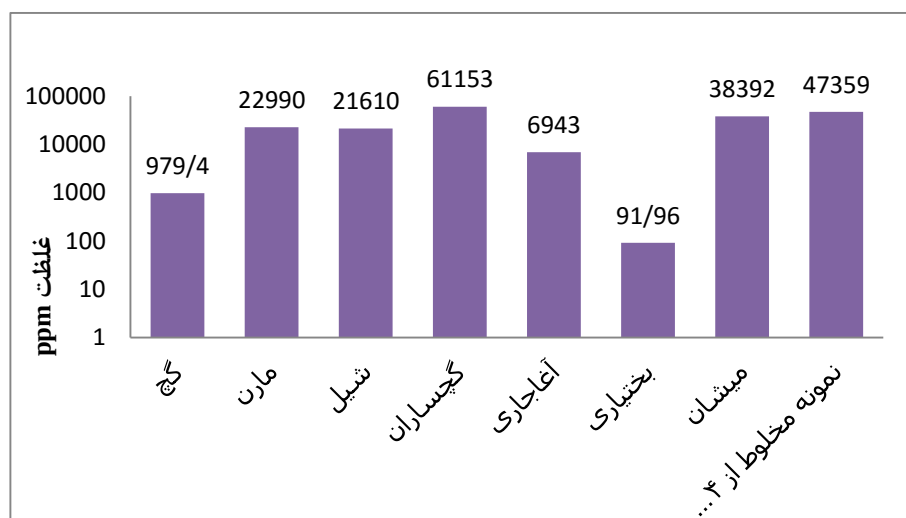
شکل ۴-۵: توزیع غلظت کلسیم در سازندها

۵-۲-۲- سدیم

سدیم از بین فلزات الکالی بیشترین مقدار را در پوسته زمین دارد. در سنگ‌های آذرین فراوانتر از پتاسیم است اما در سنگ‌های رسوبی مقدار سدیم کمتر خواهد بود. حدود ۶۰ درصد از پوسته بیرونی زمین از فلدسپارها تشکیل شده است که سدیم در پلاژیوکلاز نوع آلبیت آنها به فراوانی وجود دارد. فلدسپارهای k دار در برابر واکنش‌های شیمیایی بیشتر مقاومند بنابراین فلدسپارهای نوع سدیم و کلسیم‌دار بیشتر در معرض هوازدگی قرار می‌گیرند. یون‌های سدیم دارای شعاع بیش از ۱ انگسترم هستند بنابراین براحتی هیدراته نمی‌شوند. وقتی که سدیم به شکل محلول در می‌آید، تمایل به باقی ماندن در همان حالت محلول را دارد زیرا انحلال پذیری سدیم بسیار بالا می‌باشد. سدیم توسط کانی‌هایی که سطح آنها دارای ظرفیت تبادل کاتیونی است جذب سطحی می‌شود (مثل کانی‌های رسی). فرایند تبادل کاتیونی در آب شیرین تمایل به خروج یون‌های Ca^{2+} ظرفیتی از حالت محلول دارد و آنها را جایگزین یونهای تک ظرفیتی خواهد کرد. یکی از شکل‌های بسیار محلول سدیم $NaCl$ است که در نتیجه خاکهای شور و نمکی بوجود می‌آید بطوریکه در محیط آزمایشگاهی، تحت شرایط اشباع، ممکن است این نوع محلولها دارای ۱۵۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر سدیم و ۲۳۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر کلراید باشد که البته در محیط‌های طبیعی این شرایط بندرت پیش خواهد آمد (Hem 1989). در منطقه مورد مطالعه، سدیم از عناصری است که بالاترین مقدار را دارد و از بین سازندهای مورد مطالعه، سازند گچساران بالاترین غلظت را نشان می‌دهد (شکل ۵-۵). علاوه بر آن مقدار این یون در سازند میشان نیز بالا بوده که می‌تواند به دلیل ارتباط این سازند با سازند گچساران باشد، چراکه نفوذ توده‌ها و تشکیلات نمکی به سازند بالاتر می‌تواند باعث نمکی شدن و بالا رفتن مقدار $NaCl$ در آن شود. وجود فروچاله‌های متعددی که در سازند گچساران، در ۲ کیلومتری بالادست محور سد به چشم می‌خورد، نشان از انحلال شدید ترکیبات گچی- نمکی این سازند است (شکل ۵-۶). با توجه به اینکه ۲۳ درصد از سازند گچساران را نمک ($NaCl$) تشکیل می‌دهد، بالا بودن غلظت سدیم در سازند

گچساران قابل توجه می‌باشد. شکل (۵-۷) نحوه توزیع سدیم را در سازندهای مخزن سد نشان می‌دهد.

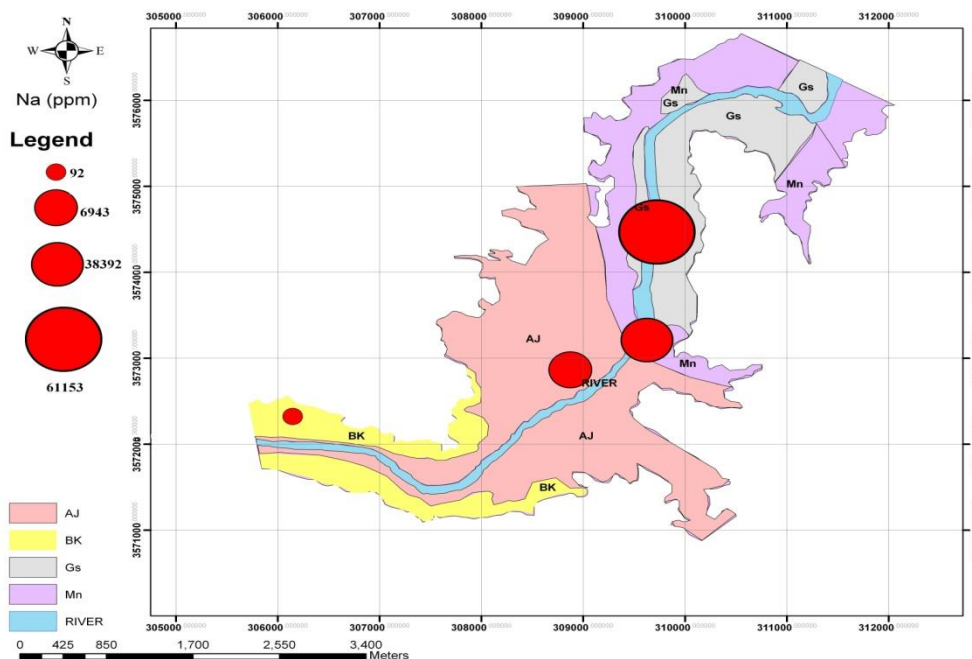
در واقع میزان سدیم محلول تولیدی در عصاره اشباع از سازند گچساران به ترتیب حدود ۱/۶، ۸/۸ و ۶۶ برابر به ترتیب سازندهای میشان، آغاچاری و بختیاری می‌باشد.



شکل ۵-۵: تغییرات غلظت سدیم در سازندهای مخزن سد



شکل ۵-۶: فرو چاله‌های منطقه مورد مطالعه در سازند گچساران

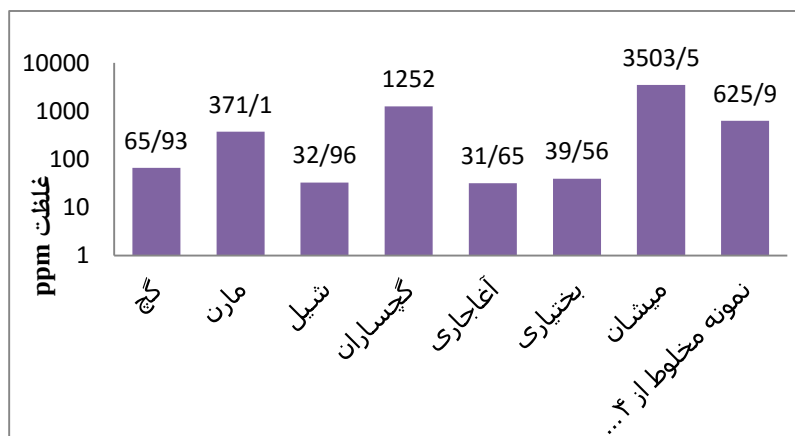


شکل ۵-۷: توزیع غلظت سدیم در سازندهای مخزن سد

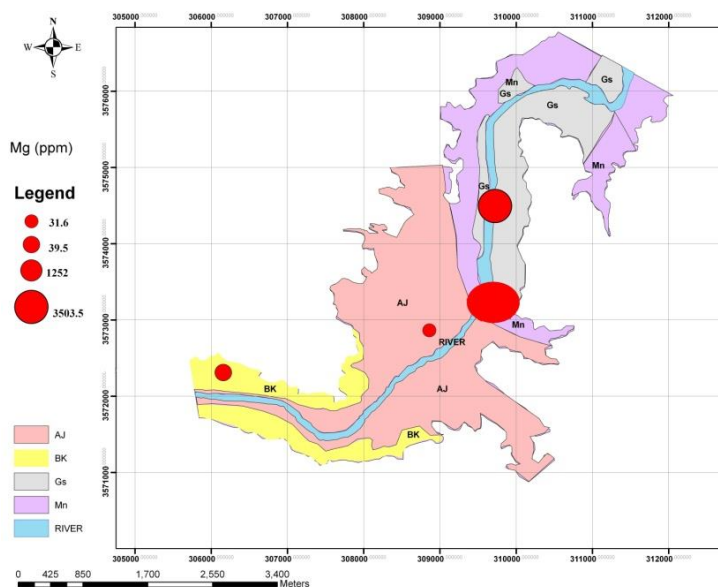
۵-۲-۳- منیزیم

منیزیم یک فلز آکالین در پوسته زمین است که فقط یک حالت اکسیداسیون Mg^{2+} در آب دارد. منیزیم در کانی‌های تیره رنگ فرومنیزین آذرین وجود دارد و در سنگ‌های دگرگونی مثل کلریت و سرپانتینیت. اشکال رسوبی منیزیم شامل کربناتها، هیدروکسیدها، بروسیت، دولومیت و... است. منیزیم بطور قابل توجهی در سنگ آهک وجود دارد طوریکه با انحلال سنگ آهک مقدار قابل توجهی منیزیم وارد محلول می‌شود و این پروسه تقریباً برگشت‌ناپذیر خواهد بود چراکه رسوبی که طی این فرایند تشکیل می‌شود، ممکن است کلسیت خالص باشد. معمولاً در محیط‌های طبیعی رسوب مستقیم دولومیت از محلول‌ها امکانپذیر نخواهد بود. دولومیت معمولاً در رودخانه‌های شور و نمکی فراوان دیده می‌شود. رفتار تبادل کاتیونی منیزیم شبیه کلسیم خواهد بود. هردوی این یون‌ها توسط کانیهای رسی و دیگر کانی‌هایی که دارای جایگاههای تبدالی هستند، دچار جذب سطحی می‌شوند (Hem 1989). بالا بودن منیزیم ($371/1 \text{ ppm}$) در مارن‌های تشکیل دهنده گچساران نسبت به ژپس و شیل و همچنین بالا بودن غلظت این یون در سازند میشان ($3503/3 \text{ ppm}$)، نشان از تاثیر حضور

مارن در مخزن سد و جذب سطحی منیزیم دارد. بطوریکه بالاترین غلظت منیزیم در عصاره اشباع تولیدی از سازند میشان اندازه‌گیری گردیده است (شکل ۵-۸). در شکل ۵-۹ نحوه توزیع منیزیم در سازندهای مخزن را نشان می‌دهد و از بین کاتیون‌های حاضر در سازندها، منیزیم کمترین مقدار را در عصاره اشباع سازندها نشان می‌دهد. انحلال بیشتر سدیم نسبت به کلسیم و منیزیم و انحلال بیشتر کلسیم نسبت به منیزیم همراه با درصد حضور ترکیبات مختلف در سازندها، می‌تواند از دلایل اصلی کاهش غلظت منیزیم در عصاره اشباع سازندها نسبت به سدیم و کلسیم باشد.



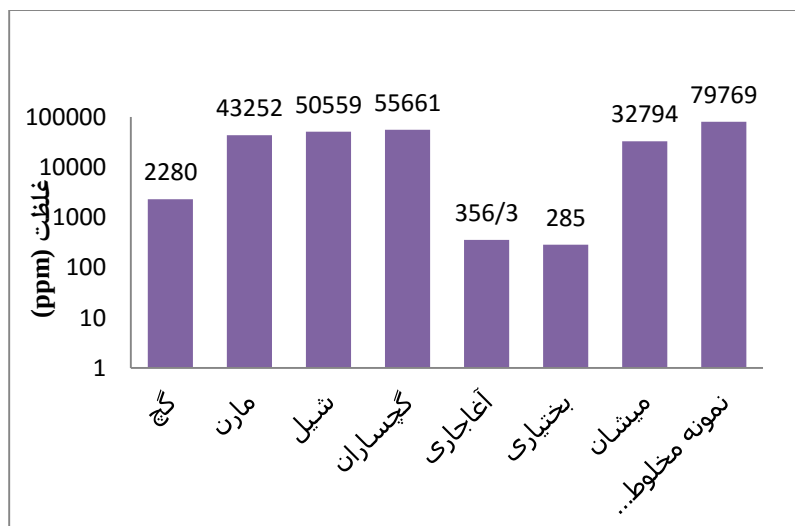
شکل ۵-۸: تغییرات غلظت منیزیم در سازندهای مخزن سد



شکل ۵-۹: توزیع غلظت منیزیم در سازندها

۵-۲-۴- کلر

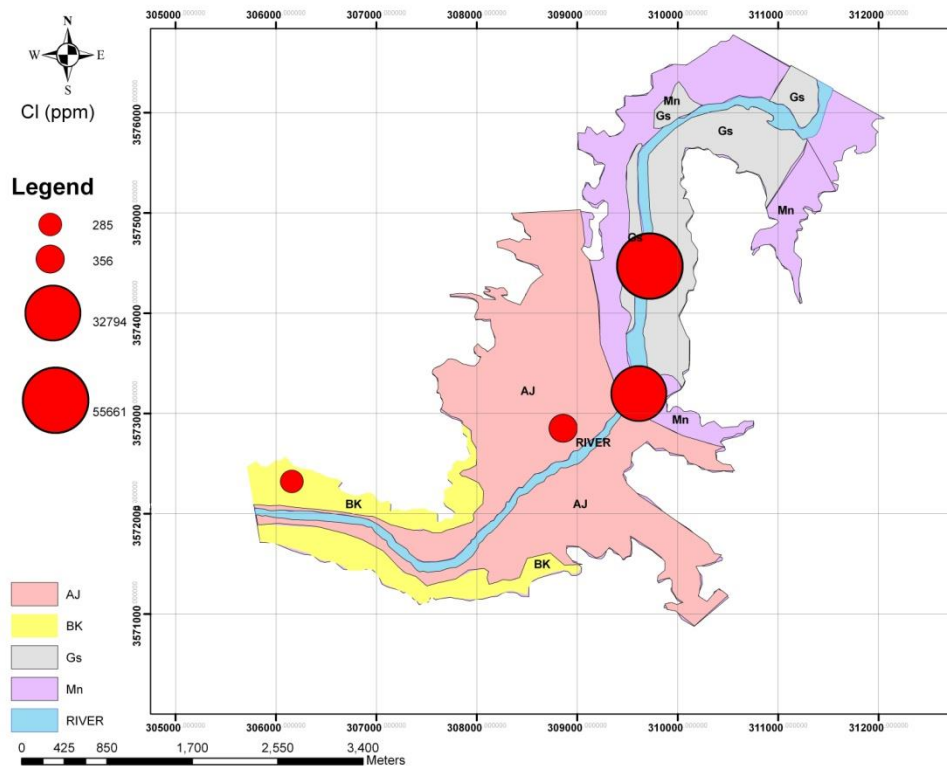
کلر فراوانترین هالوژن است. در سنگ‌های آذرین بخصوص فلدسپاتوئیدها و آپاتیت وجود دارد. هرچند کلر دارای حالت‌های اکسیداسیون از Cl^- تا Cl^{7+} است، شکل کلراید تنها شکلی است که به مقدار قابل توجهی در آب وجود دارد. به خاطر اینکه کلراید از نظر فیزیکی بزرگتر از یون‌های موجود در آب است بنابراین می‌تواند در آب منفذی یا درون شبکه‌ای کانی‌های رسی وجود داشته باشد. کلراید بسیار کم در واکنش‌های اکسایش و کاهش شرکت می‌کند البته در صورتیکه غلظت آن در آب بسیار بالا باشد، توسط سطح کانی‌ها جذب سطحی نشود، به شکل نمک‌های با انحلال‌پذیری پایین نباشد و در واکنش‌های بیوشیمیایی شرکت نکند (Hem 1989). غلظت بسیار بالای کلراید در سازندهای مخزن سد گتوند نشان وجود سازندهای تبخیری و نمکی منطقه است که این تشکیلات در سراسر طول رودخانه دیده می‌شوند و حتی در پایین‌ترین سطح تراز آب سد، تماس مستقیم و دائمی با آب رودخانه دارند (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰: تغییرات کلر در سازندهای مخزن سد

از بین آنیون‌های مورد اندازه‌گیری، کلر از غلظت بالاتری برخوردار است و در سازند گچساران بیش از سایر سازندها است. بالا بودن مقادیر سدیم و کلر در سازندهای مخزن سد خصوصا سازندهای گچساران و میشان نشان از حضور درصد بالایی از نمک در این دو سازند دارد. در نمونه‌ی مخلوطی که

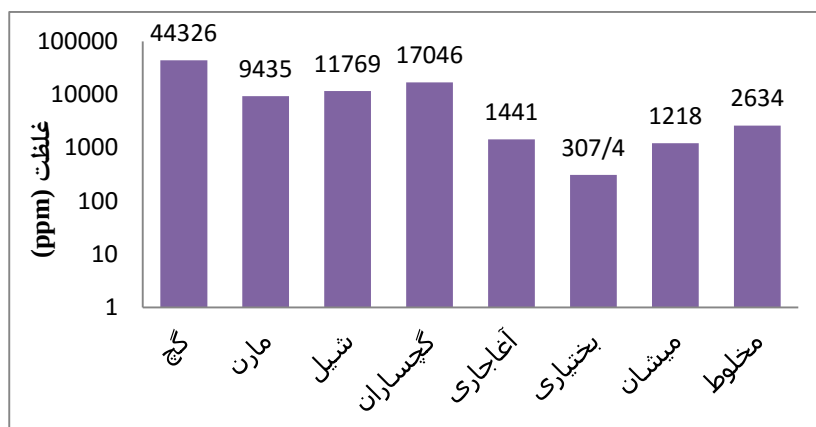
از ۴ سازند مورد مطالعه تهیه شده، غلظت کلر آن بیش از کلر سازند گچساران است که این مطلب تائیدی مجدد بر حضور مقادیر بالایی نمک در منطقه می باشد. شکل ۵-۱۱ توزیع کلر را در سازندهای مخزن سد نشان می دهد.



شکل ۵-۱۱: توزیع غلظت کلر در سازندهای مخزن سد

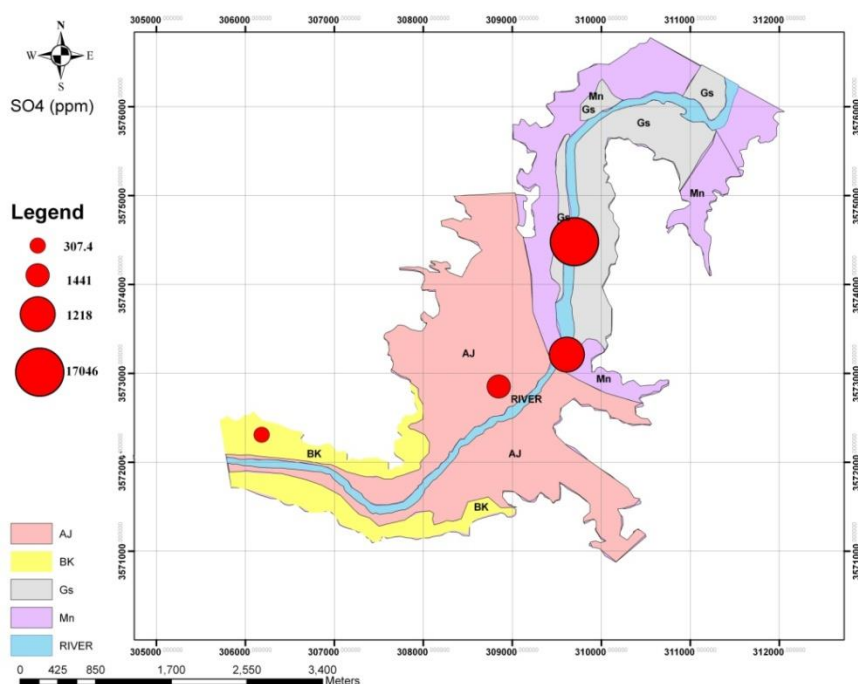
۵-۲-۵- سولفات

سولفات یکی از اشکال اکسیدی سولفور می باشد که معمولا در سنگ های آذرین و فلدسپاتوئیدها دیده می شود. اما بیشترین مقدار اشکال کانیهای سولفاتی، در رسوبات تبخیری وجود دارند. یک شکل متداول از آن، سولفات کلسیم است که بصورت ژپس یا انیدریت در رسوبات تبخیری دیده می شود. در منطقه مورد مطالعه نیز به دلیل وجود سازندهای تبخیری همچون سازند گچساران و همچنین رگه های ژپسی در سازندهای آگاجاری و میشان، غلظت سولفات بالا می باشد (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲: غلظت سولفات در سازندهای مخزن سد

سازند گچساران بالاترین مقدار سولفات را دارد. در نمونه‌ی مخلوط نیز علارغم اینکه سازند گچساران ۱۶ درصد مخزن سد را در تراز ۲۵۰ به خود اختصاص داده، اما به علت بالا بودن غلظت عناصر در آن، برروی نمونه‌ی مخلوط نیز تاثیر گذاشته و مقدار سولفات در آن بالا می‌باشد. بالا بودن سولفات در نمونه‌های شیل و مارن نیز می‌تواند بدلیل مجاورت با تشکیلات سولفاته مانند ژئیس در سازند گچساران باشد و به علت انحلال بالایی که ژئیس دارد، به مقدار قابل توجهی سولفات در لایه‌های مارنی و شیلی تجمع پیدا می‌کند. در شکل ۵-۱۳ نحوه توزیع این یون نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۳: توزیع غلظت سولفات در سازندها

فروچاله‌های مشاهده شده در سازند گچساران، نشان از انحلال بالای تشکیلات ژیبسی این سازند می‌باشد. همچنین بخش قابل توجهی از این تشکیلات در حاشیه رودخانه قرار دارند و حتی در پایین‌ترین تراز، در تماس مستقیم با آب هستند (شکل ۵-۱۴ و ۵-۱۵).



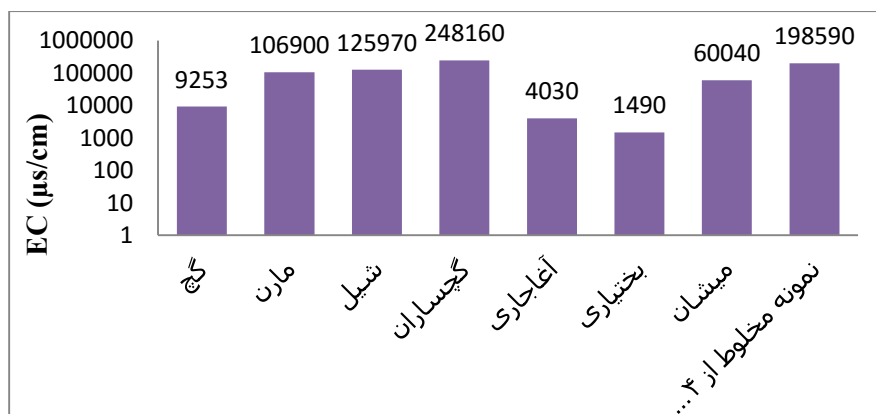
شکل ۵-۱۵: رخنمون ژیبس در حاشیه رودخانه



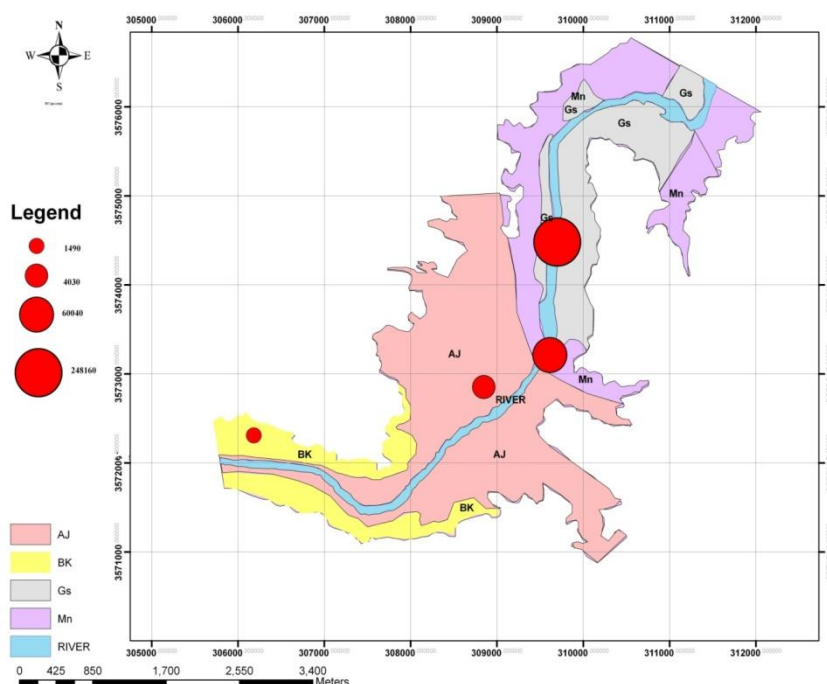
شکل ۵-۱۴: انحلال در تشکیلات ژیبسی

۵-۲-۶- رسانایی الکتریکی

وجود مقادیر بالای EC در بخش‌های مختلف از سازند گچساران شامل مارن (۱۰۶۹۰۰ $\mu\text{S}/\text{cm}$)، شیل (۱۲۵۹۷۰ $\mu\text{S}/\text{cm}$) دیده می‌شود (شکل ۵-۱۶). مقادیر EC در سازند گچساران حدود ۶۱، ۱۶۶ و ۴ برابر سازندهای به ترتیب آغاجاری، بختیاری و میشان می‌باشد. این مطلب و نتایج ذکر شده از غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سازندهای مخزن سد (بخش ۵-۲)، تأییدی مجدد بر تاثیر بسزای سازند گچساران و میشان بر کیفیت آب مخزن سد می‌باشد.



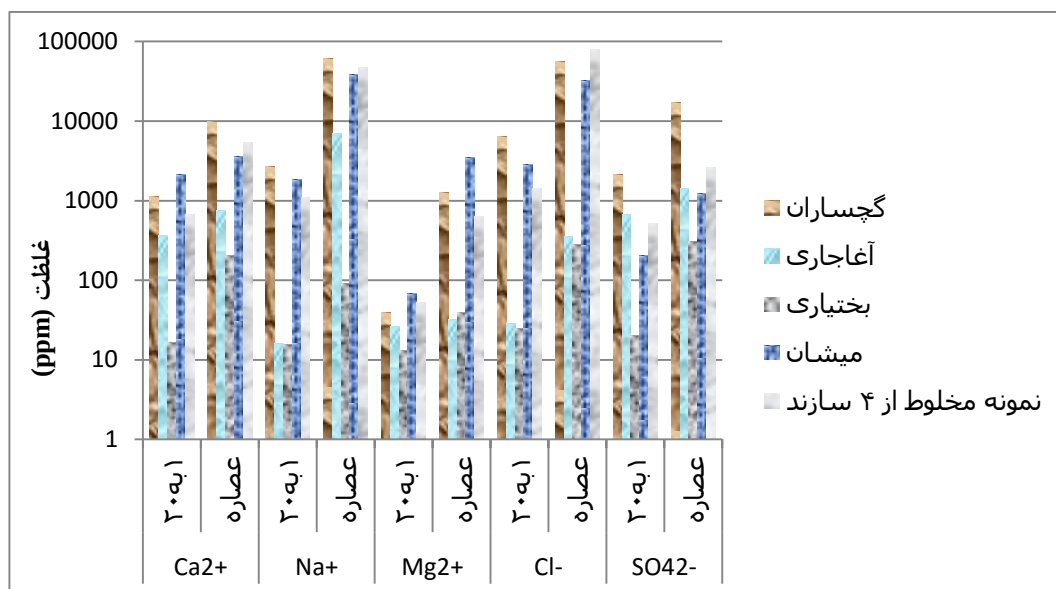
شکل ۵-۱۶: مقادیر هدایت الکتریکی در سازندهای مخزن سد



شکل ۵-۱۷: توزیع غلظت هدایت الکتریکی در سازندها

۵-۳- مقایسه مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها در روش عصاره گل اشباع با روش ۱ به ۲۰

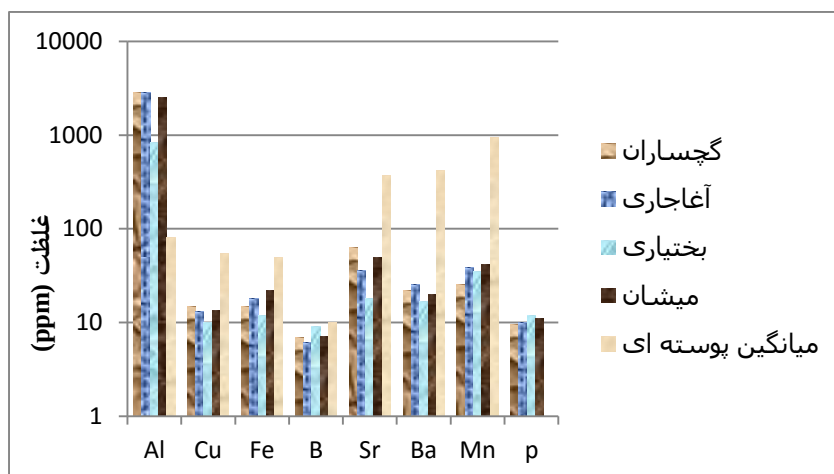
همانطور که ملاحظه شد، بالاترین مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها در روش عصاره گل اشباع، مربوط به سازند گچساران و سپس به ترتیب میشان، نمونه مخلوط از ۴ سازند، آغاچاری و بختیاری است. با وجود اینکه سازند گچساران درصد کمتری را نسبت به سازند آغاچاری و میشان در مخزن سد دارد، اما بالا بودن مقادیر در این سازند بر روی نمونه مخلوط نیز تاثیر بالایی داشته است. در آزمایش ۱ به ۲۰ نیز همین نسبت دیده می‌شود و بعد از سازند گچساران و میشان، نمونه مخلوط بالاترین مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها را دارد. با وجود اینکه در این روش، نمونه‌های خاک در مدت زمان کمی در تماس با آب بودند (۵ دقیقه) اما غلظت یونها در آن نیز بالا بوده و این انحلال پذیری بالای سازندهای منطقه مورد مطالعه را می‌رساند. همچنین در آزمایش عصاره گل اشباع مقدار کلر در نمونه مخلوط بالاتر از سازند گچساران است که می‌تواند تاثیر سایر سازندها را در بالا بودن این یون به اثبات برساند. اما در مورد سازندهای میشان و آغاچاری، به خاطر اینکه انحلال پذیری کمتری نسبت به سازند گچساران دارند، در آزمایش ۱ به ۲۰ این نسبت دیده نمی‌شود (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۸: مقایسه مقادیر یون‌ها به دو روش عصاره گل اشباع و محلول ۱ به ۲۰

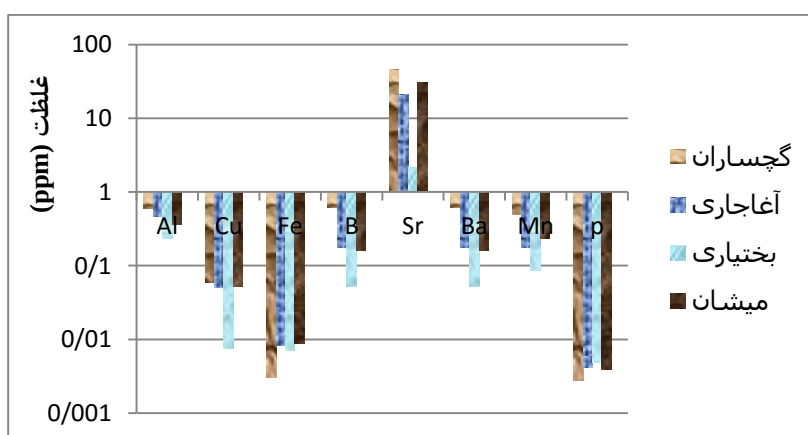
۴-۵- بررسی غلظت عناصر و فلزات سنگین در سازندها

با توجه به زمین شناسی مخزن سد که عموماً از سازندهای تبخیری و کربناته و همچنین فراوانی ترکیبات رسی در سازندهای میشان و آغاچاری، انتظار وجود عناصری که با این نوع محیط رابطه ژئوشیمیایی دارند، است. بطور کلی به جزء آلومینیوم و فسفر غلظت عناصر و فلزات سنگین اندازه-گیری شده در سازندها از غلظت‌های متوسط این عناصر در پوسته کمتر می‌باشد (شکل ۵-۱۹ و ۵-۲۰). عناصر استرانسیم و باریوم به ترتیب پس از آلومینیوم، بالاترین غلظت‌ها را در سازندها دارا می‌باشد. وجود رگه‌های آهکی و در نتیجه قلیایی بودن سازندها و به دنبال آن تمایل استرانسیم و باریوم در جایگزینی با Ca در شرایط قلیایی (Pendias 2001) می‌تواند دلیلی بر بالاتر بودن غلظت این عناصر در سازندهای منطقه مورد مطالعه باشد. شکل ۵-۲۱ نحوه توزیع غلظت عناصر مختلف در سازندهای مخزن سد را بر روی نقشه زمین شناسی مخزن سد نشان می‌نماید.

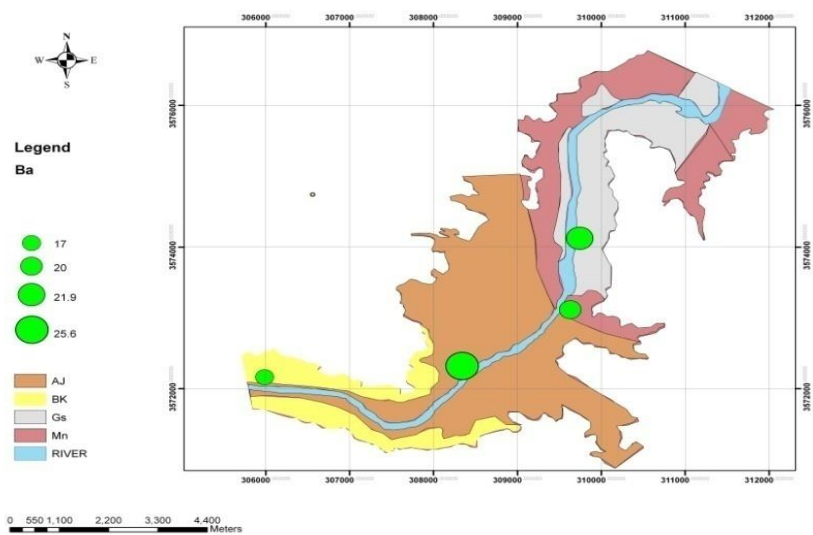
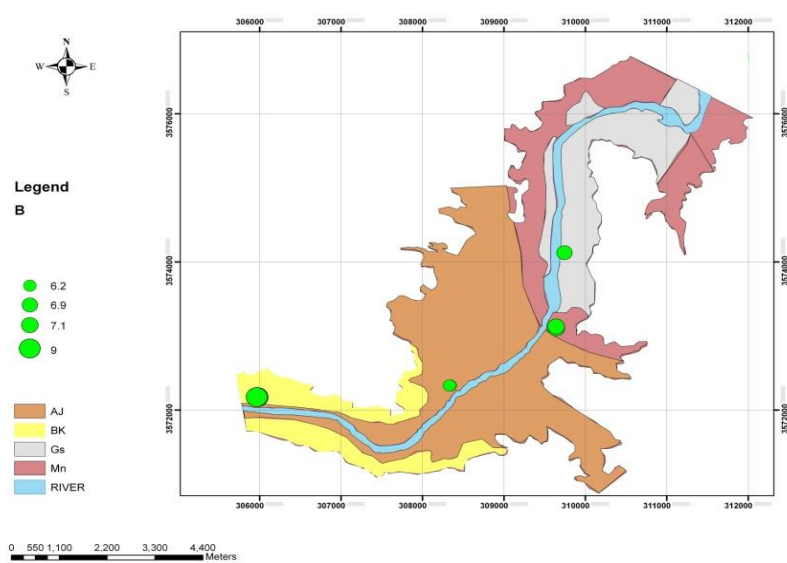
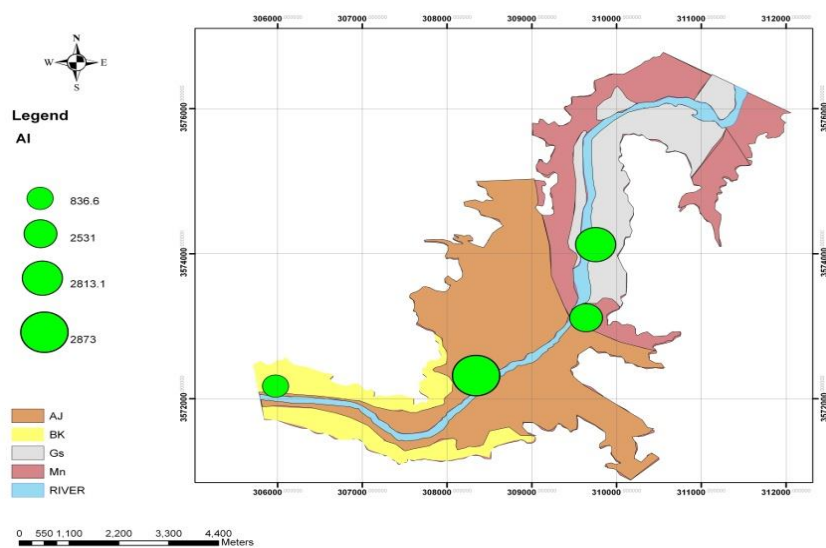


شکل ۵-۱۹: مقایسه عناصر و فلزات سنگین در سازندها

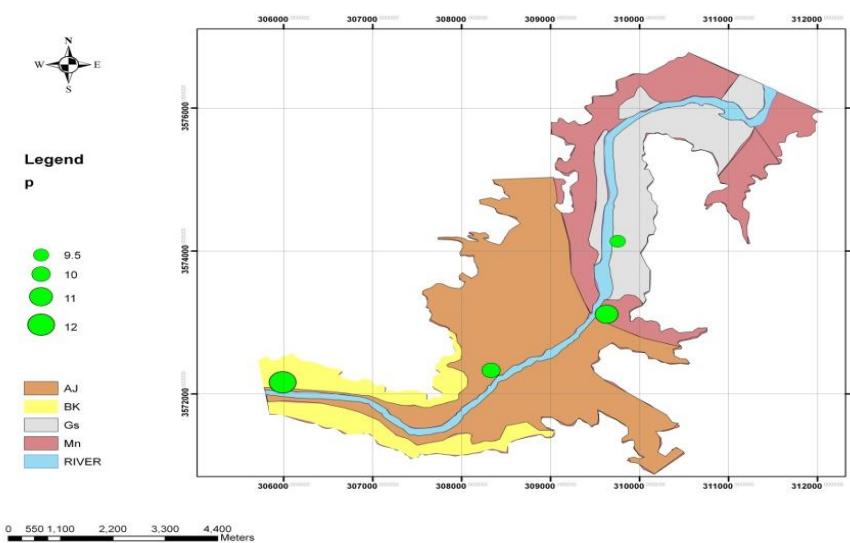
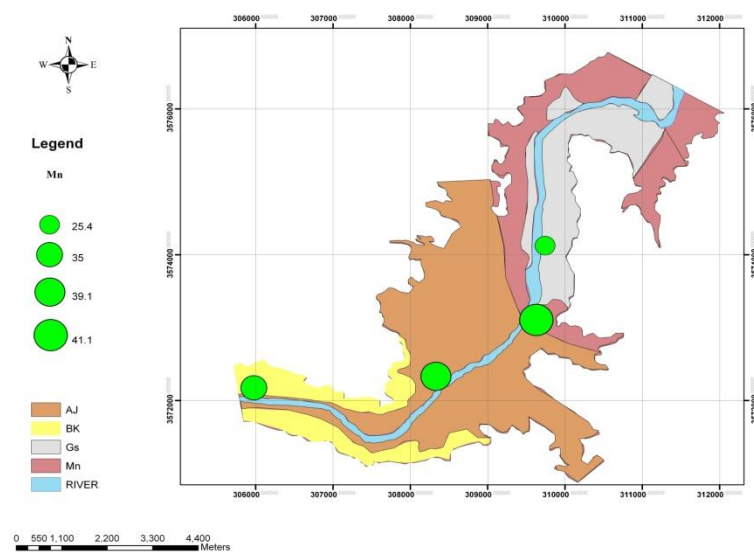
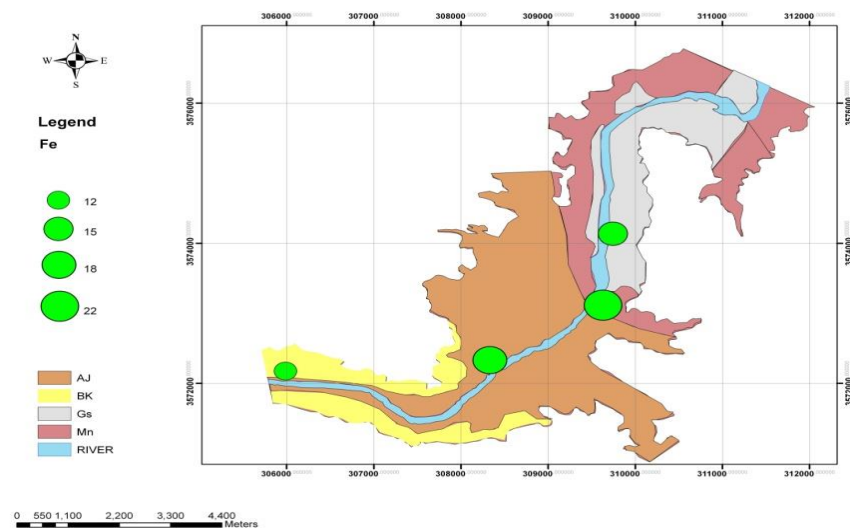
عناصر Mn و Fe نیز از جمله فلزات سنگینی هستند که در کانیه‌های سیلیکاته به فراوانی دیده می‌شوند. بنابراین تمرکز بالایی در رسوبات رسی دارند (مر و شرفی ۱۳۷۳). با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از سازند میشان (حدود ۵۰ درصد) از مارن‌های رنگی تشکیل شده است در نتیجه غلظت این عناصر در سازند میشان بیش از سایر سازندها است. Ba نیز از عناصری است که در محیط‌های سولفاته تشکیل سولفات باریم را می‌دهد و همبستگی بالایی با محیط‌های تبخیری و سولفاته نشان می‌دهد (Hem 1989). بنابراین مقادیر آن در سازند گچساران و آغاچاری بالاست. همچنین با توجه به بالا بودن کانی‌های رسی در منطقه مورد مطالعه و وجود مقادیر قابل توجهی Al در کانی‌های رسی، بالا بودن Al در سازندهای منطقه مورد مطالعه قابل پیش بینی است (شکل ۵-۲۰).



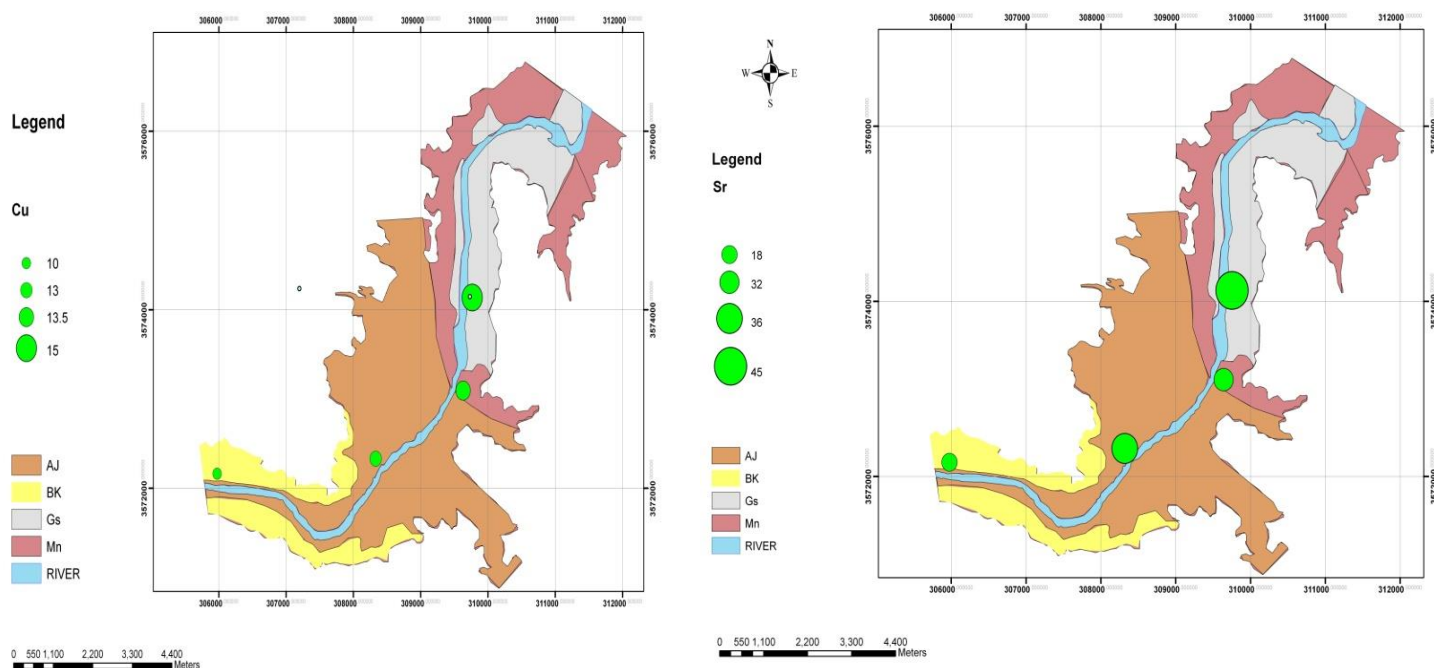
شکل ۵-۲۰: مقایسه عناصر و فلزات سنگین در عصاره سازندها



شکل ۵-۲۱: توزیع عناصر و فلزات سنگین در سازندهای مخزن سد بر حسب ppm



ادامه شکل ۵-۲۱ توزیع عناصر و فلزات سنگین در سازندهای مخزن سد بر حسب ppm



ادامه شکل ۵-۲۱ توزیع عناصر و فلزات سنگین در سازندهای مخزن سد بر حسب ppm

اندازگیری عناصر و فلزات سنگین موجود در عصاره خاکها بازگو کننده قابلیت انحلال پذیری عناصر مورد بررسی باشد. غلظت عناصر در عصاره اشباع خاک در شکل ۵-۲۰ آمده است. مقادیر بسیار اندک آلومینیوم در عصاره نسبت به نمونه خاکی از سازندها، به دلیل انحلال پذیری اندک آلومینیوم در pH حدود خنثی و قلیایی می باشد. مقادیر عناصر دیگر شامل مس، آهن، بور، باریم، منگنز، فسفر، در عصاره اشباع خاک در تمام سازندها شامل گچساران، بختیاری، میشان و آغاچاری کمتر از ۱ ppm می باشند. مطلب قابل توجه غلظت بالای استرانسیم در عصاره اشباع سازندهای مخزن سد است. با توجه به محدود pH در سازندهای مخزن سد (۷/۴-۸/۱)، و انحلال پذیری استرانسیم در pH های قلیایی، غلظت بالای آن در عصاره اشباع سازندها قابل توجیه است. بنابراین با توجه به نتایج ذکر شده احتمال حضور Sr در آب مخزن سد با غلظت بالا وجود دارد.

۵-۵- بررسی همبستگی عناصر و فلزات سنگین سازندها

همبستگی بین کلیه پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده شامل pH، EC، آنیون‌ها و کاتیون‌ها، عناصر و فلزات سنگین در عصاره اشباع در جدول ۳-۵ آورده شده است. آلومینیوم سومین عنصر فراوان در پوسته زمین است و در سنگهای آذرین فلدسپار، فلدسپاتوئیدها، میکا و بعضی آمفیبول‌ها وجود دارد. به راحتی جانشین Si در ساختمان تتراندری می‌شود. بنابراین رس‌ها بیشترین کانی‌های غنی از Al هستند. همچنین بیشترین مقدار Al در pH های پایین وجود دارد و Al^{3+} در pH بین ۴-۵ بیشترین مقدار انحلال را دارد (Hem 1989). بنابراین همبستگی منفی Al با pH (۰,۷۷-) قابل انتظار است. همبستگی بالای Al با Ba (۰,۸۴+)، Fe (۰,۶۴+)، Cu (۰,۹۱+)، Sr (۰,۹۰+) نشان دهنده حضور و جذب این عناصر در ساختمان سیلیکات‌ها و رس‌ها است، علی‌رغم وجود کانیهای رسی فراوان در سازندهای مورد مطالعه، و همچنین وجود Al در کانیهای رسی، Al همبستگی نسبتاً پایینی را با Ca (۰,۵۰+)، Na (۰,۵۸+)، Cl (۰,۵۰+)، SO_4^{2-} (۰,۴۳+) نشان می‌دهد که نشان از عدم جذب بالای این عناصر توسط کانی‌های رسی است. همبستگی منفی Al با B (۰,۹۷-)، نشان می‌دهد که بر خلاف آلومینیوم، بور در محیط‌های قلیایی پایدار است. که همبستگی مثبت B با pH (۰,۶۰+) این مطلب را توجیه می‌کند. B به طور طبیعی می‌تواند از تخلیه زمین گرمایی و یا از آب‌های زیرزمینی آلوده به نفت به وجود آید. بیشترین مقدار بور در حوضه‌های تبخیری و در حوضه‌های با رسوبات رسی تشکیل می‌شود. بنابراین وجود بور در یک منطقه ممکن است بیانگر حضور یک حوضه قدیمی شور در منطقه باشد (pendias 2001) و در محیطی که شوری پایین است، B به راحتی از محلول خارج شده و حذف می‌شود (Htun.et.al,2008). کانی‌های رسی یک یک منبع مهم برای جذب B هستند. بطوریکه قدرت یونی، درجه حرارت و pH محلول آبی از فاکتورهای مهم این جنب سطحی می‌باشند (Karahane.et al,2005). با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه از تشکیلات شور و تبخیری تشکیل شده است، می‌توان انتظار وجود بور را در منطقه داشت. با همبستگی مثبت B با P

(۸۵، +۰)، و همبستگی منفی آن با سایر عناصر، می‌توان نتیجه گرفت که بور تقریباً رابطه ژئوشیمیایی چندانی با عناصر مورد مطالعه ندارد. ضمن اینکه وجود میدان‌های نفتی لالی و کارون در مجاورت مخزن سد، می‌تواند منشا وجود این عنصر باشد و قلیایی بودن محیط باعث پایداری آن گشته است. در سنگ‌های آتشفشانی مقادیر قابل توجهی باریم وجود دارد، بطوریکه مقدار آن بسیار بیشتر از استرانسیم است. بعد از هوازدگی، باریم تحرک کمی دارد. چون به آسانی با سولفات و کربنات تشکیل ترکیب داده و رسوب می‌کند و یا توسط ذرات رس دچار جذب سطحی می‌شود (pendias 2001). همبستگی مثبت Ba با Sr (۶۹، +۰)، نشان دهنده‌ی ارتباط ژئوشیمیایی این دو عنصر است. چرا که در سنگ‌های کربناته و همچنین سولفات‌ها مقادیر نسبتاً بالایی از Ba و Sr وجود دارد. هرچند که در سنگ‌های کربناته مقدار Sr بیش از Ba است. همبستگی منفی Ba با P (۸۱، -۰)، به دلیل نداشتن ارتباط ژئوشیمیایی این دو عنصر با هم است. ضمن اینکه P می‌تواند با کلسیم ترکیب شده و تشکیل آپاتیت را بدهد و این مطلب می‌تواند دلیل دیگری بر همبستگی منفی Ba با P باشد.

مس از فلزات اصلی و بیست و چهارمین عنصر فراوان در پوسته زمین است که مقدار آن حدود ۰/۰۱ درصد است. مس در طبیعت به حالت آزاد و به صورت سولفید، اکسید و کربنات یافت می‌شود. کانیهای اصلی آن عبارتند از پیریت مس یا کالکو پیریت CuFeS_2 که ۵۰ درصد ذخایر طبیعی مس را تشکیل می‌دهد. غلظت مس محلول در آب در زون اکسیدان تابع pH است (Hem 1989). هر چه pH آب کمتر باشد، به همان مقدار غلظت مس در آب زیادتر خواهد شد که همبستگی منفی Cu با pH (۹۵، -۰) نشان دهنده چنین شرایطی است. همبستگی مثبت Cu با Sr (۹۶، +۰)، Ca (۸۱، +۰)، Na (۸۶، +۰)، Cl (۸۱، +۰)، SO_4 (۷۱، +) نشان می‌دهد که مس موجود در منطقه به صورت ترکیبات سولفات‌ها و کلریدی بوده و شورو قلیایی بودن محیط، وجود این ترکیبات را تشدید می‌بخشد.

آهن دومین فلز فراوان پوسته زمین است و در کانی‌های سنگ‌های آذرین مثل پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت، مگنتیت و بطور خاص در نروسیلیکات‌ها مثل الیوین وجود دارد. رفتار شیمیایی آهن و

انحلال پذیری آن در آب بستگی به شدت اکسیداسیون محیطی دارد که آهن در آن قرار دارد. تحت شرایط احیا وقتی که سولفور در دسترس باشد، پلی سولفیدهای آهن در مثل پیریت، مارکازیت تشکیل خواهد شد. وقتی سولفور کمی در دسترس باشد سیدریت FeCO_3 تشکیل می‌شود. در محیط‌های اکسیداسیون رسوبات حاوی آهن بصورت اکسیدهای فریک یا اکسی هیدروکسیدهایی مثل هماتیت و گوتیت وجود دارد. مگنتیت معمولاً در مقابل آب مقاوم بوده و همراه با رسوبات دیده می‌شود. کمپلکس FeOH^+ در pH های بالای ۹/۵ غالب است. با بالا رفتن pH تا ۱۱ آنیون Fe(OH)_3^- یا HFeO_2^- می‌تواند بطور محسوس در آب حضور پیدا کند البته بالا رفتن pH تا این حد در طبیعت امکانپذیر نخواهد بود. بطور کلی برخی خصوصیات خاک همچون pH، ارگانیک کربنات‌ها، ظرفیت تبادل کاتیونی و مجموع Al و Fe نقش مهمی در حضور فلزات سنگین و آلودگی خاک دارند (Tume *et al*, 2006). همچنین سطوح هیدروکسیدهای فریک دارای قابلیت جذب قابل توجهی است که می‌تواند بر روی تمرکز و غلظت اجزاء ریز موجود در آب تاثیر بگذارد. Fe با $\text{Mg} (+0,76)$ و $\text{Mn} (+0,60)$ همبستگی مثبت دارد که به ماهیت ژئوشیمیایی لیتوفیلی مشابه این عناصر اشاره دارد.

Mn در سنگ‌های آذرین و دگرگونی وجود دارد و یکی از اجزاء اصلی الیوین‌ها، پیروکسن و آمفیبول‌ها است. همچنین به مقدار کمتر در دولومیت و ماسه سنگ‌ها به همراه کلسیم وجود دارد. هر چند Mn از فراوانترین عناصر فلزی است، اما مقدار این فلز در پوسته زمین کم می‌باشد. منگنز از اجزاء اصلی کانیهای سیلیکاته نیست اما می‌تواند با عناصری مثل Fe, Mg, Ca در ساختمان سیلیکاته‌ها وجود داشته باشد. در فرایندهای اکسایش- کاهش و در محیط‌های هوازده، Mn رفتاری شبیه Fe دارد. در محیط‌هایی که pH بالا باشد، Mn به صورت Mn^{4+} رسوب می‌کند (Hem 1989). Mn با $\text{Ca} (-,77)$ ، $\text{Cl} (-,61)$ و $\text{SO}_4 (-,91)$ همبستگی منفی نسبتاً بالایی داشته که می‌توان نتیجه گرفت، انحلال پذیری این عناصر بیشتر از Mn بوده و نسبت به منگنز به مقدار کمتری در رسوبات قرار دارند.

فسفر یکی از عناصر اصلی در سنگ‌های آذرین است. بنابراین در رسوبات به فراوانی دیده می‌شود ولی

غلظت آن در محلول‌ها کم است و در pH‌های پایین پایدارتر است. بنابراین در pH‌های بالا فسفر رسوب کرده و مقادیر آن در رسوبات بیشتر خواهد بود که همبستگی مثبت فسفر با $pH (+0,72)$ نشان دهنده چنین شرایطی است. شایع‌ترین شکل معدنی آن آپاتیت است که فسفات کلسیم با مقادیر متفاوتی از آهن، کربن و فلوئور است و همراه با کمپلکس‌های آذرین آلکالن و کربناتیت در ریف‌های داخل قاره تشکیل می‌شود. مهمترین منابع فسفات دنیا، از کانسارهای رسوبی تشکیل می‌شوند. P با $Sr (-0,97)$ ، $Ca (-0,67)$ ، $Na (-0,62)$ ، $SO_4 (-0,71)$ همبستگی منفی دارد و نشان می‌دهد که P رفتار ژئوشیمیایی مشابهی با عناصر فوق ندارد.

Sr در سنگ‌های آتشفشانی وجود دارد و به راحتی جانشین K و Ca می‌شود. کربنات استرانسیم و سولفات استرانسیم، دو نوع متداول ترکیبات Sr در رسوبات هستند. Sr با $Ca (+0,79)$ ، $Na (+0,78)$ ، $Cl (+0,72)$ ، $SO_4 (+0,77)$ همبستگی مثبت دارد که نشان دهنده‌ی ارتباط ژئوشیمیایی این عناصر با هم بوده و وجود ترکیبات سولفات مثل ژیپس، همچنین کربنات مثل کلسیت در سازندهای مورد مطالعه، محیطی مناسب برای جایگزینی این عنصر را فراهم می‌نماید. همچنین همبستگی منفی استرانسیم با $pH (-0,87)$ و مثبت با $EC (+0,76)$ نشان می‌دهد که Sr در محیط‌های سولفات و نمکی بیشترین مقدار را دارد. در خاکهای نواحی خشک و نیمه خشک، مقدار قابل توجهی کربنات کلسیم وجود دارد و چنین خاک‌هایی قابلیت نگهداری مقادیر بالایی از Sr را دارند. که البته خصوصیات خاک، مقدار کربنات کلسیم و اندازه ذرات در نگهداری Sr این خاک‌ها مهم خواهد بود.

Ca با $Na (+0,95)$ ، $Cl (+0,96)$ و $So_4 (+0,95)$ همبستگی مثبت بالایی را نشان می‌دهد که نشان دهنده‌ی حضور ترکیبات ژیپسی و تبخیری بودن سازندهای منطقه مورد مطالعه است. همچنین همبستگی مثبت Na با $Cl (+0,99)$ و $So_4 (+0,82)$ و Cl با $So_4 (+0,88)$ ، وجود ترکیبات نمکی و تبخیری در منطقه را نشان می‌دهد. همچنین همه این یونها، همبستگی منفی بالا با pH و مثبت بالا

با EC دارند که نشان می‌دهد با افزایش pH و قلیایی شدن محیط، انحلال این عناصر کاهش یافته و در نتیجه غلظت این عناصر در رسوب بیشتر می‌شود. این مطلب یکی از دلایل غلظت بالای این عناصر در رسوبات است.

جدول ۳-۵: همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی در سازندهای مخزن سد، همبستگی‌های

بالاتر از +0.6 و -0.6 مشخص گردیده است

Al	B	Ba	Cu	Fe	Mn	p	Sr	Ca ⁺²	Na ⁺	Mg ⁺²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	PH	(μs/cm) Ec	
1	-0.97	0.84	0.91	0.64	-0.05	-0.89	0.9	0.5	0.58	0.33	0.5	0.43	-0.77	0.45	Al
	1	-0.92	-0.79	-0.63	-0.07	0.85	-0.82	-0.32	-0.38	-0.19	-0.29	-0.28	0.6	-0.27	B
		1	0.58	0.38	0.05	-0.81	0.69	0.12	0.11	-0.16	0.02	0.19	-0.33	0.1	Ba
			1	0.49	-0.36	-0.88	0.96	0.81	0.86	0.46	0.81	0.71	-0.95	0.76	Cu
				1	0.6	-0.23	0.33	0.02	0.28	0.76	0.21	-0.22	-0.48	-0.08	Fe
					1	0.45	-0.46	-0.77	-0.57	0.25	-0.61	-0.91	0.4	-0.84	Mn
						1	-0.97	-0.67	-0.62	-0.01	-0.55	-0.71	0.72	-0.66	p
							1	0.79	0.78	0.22	0.72	0.77	-0.87	0.76	Sr
								1	0.95	0.34	0.96	0.95	-0.88	0.99	Ca ⁺²
									1	0.59	0.99	0.82	-0.96	0.92	Na ⁺
										1	0.58	0.038	-0.63	0.25	Mg ⁺²
											1	0.83	-0.93	0.93	Cl ⁻
												1	-0.73	0.97	SO ₄ ⁻²
													1	-0.83	PH
														1	Ec(μs/cm)

فصل ششم

برآورد عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب سد

گتوند علیا

۱-۶- مقدمه

آب سد گتوند علیا در تامین آب شرب، کشاورزی و صنعتی منطقه نقش حیاتی دارد، بنابراین بررسی وضعیت کیفی آن به دلیل تاثیر بسیار زیاد آن بر محیط اطراف یکی از الویتهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد بطوریکه کاهش کیفیت آبهای زیر زمینی این منطقه کاملاً متأثر از سازندهای زمین شناسی منطقه بوده و کیفیت آب به گونه‌ای است که برای مصارف کشاورزی، صنعت و شرب نامناسب یا دارای محدودیت می‌باشند (مظفری زاده و چیت سازان ۱۳۸۶)

در این فصل به بررسی وضعیت کیفی آب فرازبند در حال حاضر و بررسی تاثیر شاخه‌های مهم رودخانه کارون که در بالادست سد قرار دارند بر کیفیت آب آن، همچنین تاثیر سازندهای مخزن سد بر تنزل کیفیت آب و برآورد کیفیت آب مخزن سد پس از آبیگری پرداخته شده است. نتایج آنالیز آب در سه عمق سطحی، یک متر و دو متری در ناحیه خط‌الراس فرازبند سد شامل پارامترهای pH، EC و آنیون‌ها و کاتیون‌ها در جدول ۱-۶ و غلظت عناصر و فلزات سنگین در جدول ۲-۶ آورده شده است.

جدول ۱-۶: مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های آب فرازبند سد گتوند علیا

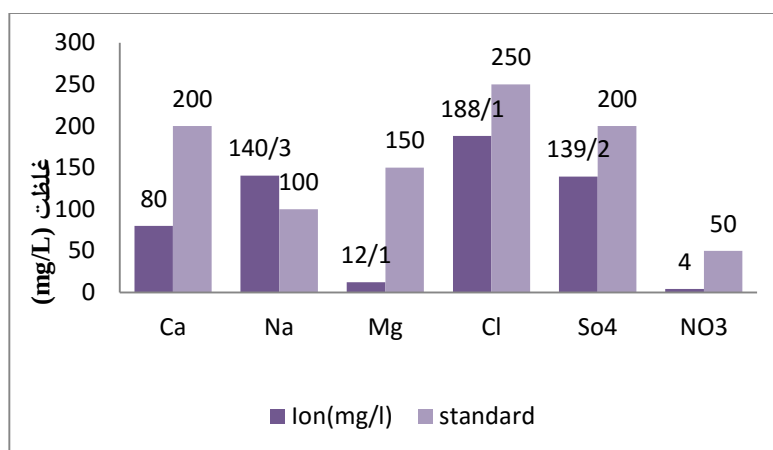
عمق برداشت	pH	EC($\mu\text{c}/\text{cm}$)	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl	SO_4^{2-}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	$\text{PO}_4(\text{mg/L})$	$\text{NO}_3(\text{mg/L})$	(mg/L)T.S.S	T.D.S (mg/L)
عمق سطحی	7.8	1495	1.5	155.5	188	144.1	80	24	137.9	0.11	4.1	38	659
یک متر	7.9	1497	3.6	158.6	193	129.7	79	25	141.4	0.19	4.3	36	658
دو متر	7.9	1529	3.6	161.6	184	144.1	80	24	142.5	0.04	3	35	665
استاندارد	6.5-8.5	1000 (1053 ایران)			250 (WHO 2008)	250 (WHO 2008)	200 (1053 ایران)	150 (1053 ایران)	200 (WHO 2008)		50 (WHO 2008)		500(ERA)

جدول ۲-۶: مقادیر عناصر و فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند

عمق آب	Al	As	B	Ba	Br	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn
عمق سطحی	1.384	0.0019	0.057	0.075	0.095	0.026	0.007	1.58	0.093	0.0124	0.123	0.0013	43	5.709	1.535	0.0261
یک متر	1.308	0.0013	0.042	0.082	0.104	0.01	0.004	1.52	0.1	0.0119	0.143	0.003	44	5.651	1.656	0.0544
دو متر	1.625	0.0016	0.042	0.081	0.106	0.008	0.0041	1.69	0.11	0.0139	0.152	0.0043	43	6.351	1.684	0.0252
WHO 2008	0.2	0.01	0.5	0.7	—	0.05	2	0.2	0.5	0.07	—	0.01	—	—	—	—
EPA	0.05 to 0.2	—	—	—	0.01	—	1	0.3	—	—	—	—	—	—	—	5
استاندارد ایران	0.2	0.05	—	—	—	—	1	0.3	0.5	—	0.1	—	—	—	—	3

۲-۶- ارزیابی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آب فرازبند سد گتوند علیا

با توجه به غلظت تقریباً یکسان بیشتر آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سه عمق مورد بررسی، مقادیر میانگین آنها جهت مقایسه با مقادیر مجاز با استانداردهای جهانی جهت آب آشامیدنی در شکل ۱-۶ در نظر گرفته شده است.



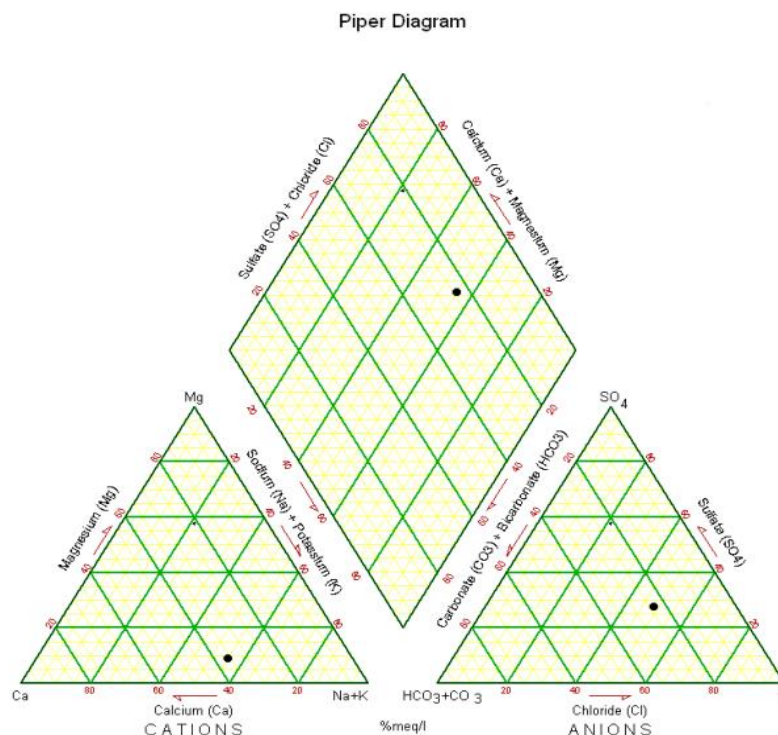
شکل ۱-۶: مقایسه آنیون‌ها و کاتیون‌ها نسبت به مقادیر استاندارد

غلظت بالای سدیم ناشی از وجود سازندهای تبخیری منطقه بخصوص سازند گچساران است. همانطور که در آنالیز سازندها دیده شد، سدیم از عناصری بود که در همه سازندهای مخزن مقادیر بالاتر از حد استاندارد نشان می‌داد. با وجود اینکه در حال حاضر غلظت سایر عناصر پایینتر از حد استاندارد بوده، اما با مقایسه آنها با مقادیر سالهای گذشته، خواهیم دید که یک روند صعودی در این مقادیر وجود دارد (جدول ۳-۶).

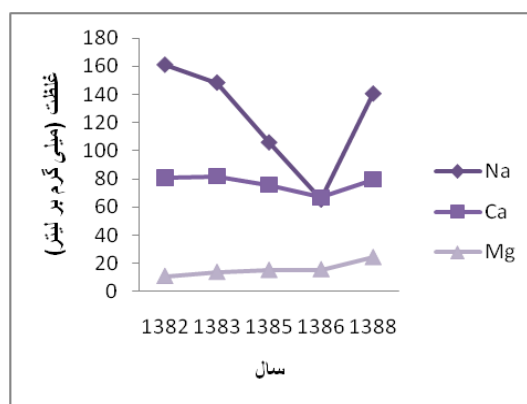
مقادیر سولفات، کلر و سدیم از ۵۶/۶، ۱۲۰/۷، ۶۵/۵ میلی گرم بر لیتر در سال ۱۳۸۶ به ۱۳۹، ۱۸۸/۶، ۱۴۰/۵ میلی گرم بر لیتر در سال ۱۳۸۸ افزایش می‌یابند بنابراین یک افزایش به ترتیب ۲/۴، ۱/۶، ۲/۱ برابری از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ در این ۳ عنصر مشاهده می‌شود (شکل ۳-۶ و ۴-۶). و با توجه به غلظت عناصر فوق، تیپ آب فرازبند سد، کلروره سدیک می‌باشد (شکل ۲-۶).

جدول ۳-۶: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب فرازند از سال ۱۳۸۲ تا سال ۸۸

(T.D.S) mg/L	یون ها (mg/L)							EC ($\mu\text{s/cm}$)	pH	سال آب	
	Na ⁺	Mg ⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻			عمق صفر	یک متر
۶۵۹	۱۳۷/۸	۲۴	۸۰	۱۴۴	۱۸۸/۳	۱۵۵/۵	۱/۵	۱۴۹۵	۸/۳	۸۸	
۶۵۸	۱۴۱/۳	۲۵/۲	۷۹	۱۲۹	۱۹۳/۲	۱۵۸/۶	۱/۵	۱۴۹۷	۷/۹		
۶۶۵	۱۴۲/۴	۲۴	۸۰	۱۴۴	۱۸۴/۳	۱۶۱/۶	۳/۶	۱۵۲۹	۷/۹		
۵۰۶/۸	۶۵/۵	۱۵/۷	۶۷	۵۶/۶	۱۲۰/۷	-	-	۷۹۰	۷/۷۴	گزارشات آب و نیرو	
۴۰۰	۱۰۶	۱۵/۲	۷۶	۹۹/۸	۱۳۴/۹	-	-	۱۰۱۴	۷/۷۱		
۳۷۳	۱۴۸/۳	۱۳/۸	۸۲	۸۴	۲۳۰/۷	۱۴۶/۴	-	۷۵۰	۷/۹۵		
۳۲۰	۱۶۱	۱۰/۹	۸۱	۱۲۷/۲	۲۴۴/۹	۱۶۱/۶	-	۶۰۲	۸		



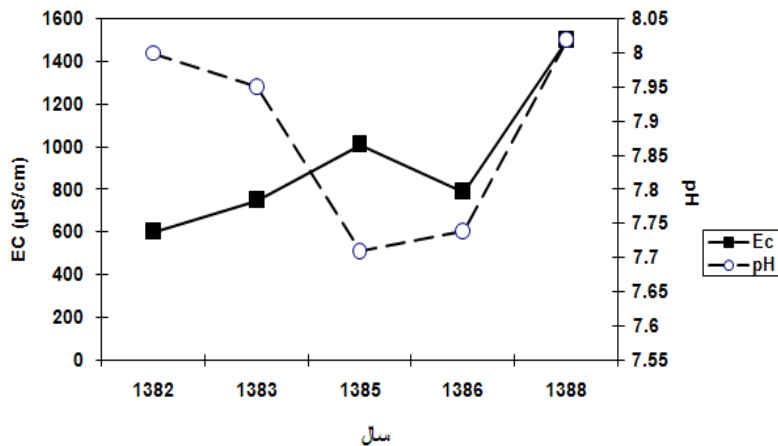
شکل ۶-۲: تیپ آب فرازبند سد



شکل ۶-۳: روند تغییر غلظت کاتیون‌ها در ۶ سال گذشته شکل ۶-۴: روند تغییر آنیون‌ها در ۶ سال گذشته

و همچنین مقایسه میانگین نتایج در ۶ سال گذشته، یک روند افزایشی را در TDS از سال ۸۲ تا ۸۸ نشان می‌دهد. مقایسه نتایج سال ۱۳۸۸ با مقادیر موجود در سال ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که pH و EC از ۷/۷۴ و ۷۹۰/۱۶ میکروموس بر سانتی متر در سال ۸۶ به ۸/۰۳ و ۱۵۰۷/۰۴۵ میکروموس بر سانتی متر در سال ۸۸ به ترتیب افزایش یافته است (شکل ۶-۵). همانطور که

ذکر شد کاهش دبی رودخانه در طی ۲ سال گذشته را می‌توان عامل اصلی در افزایش EC و به دنبال آن pH دانست.

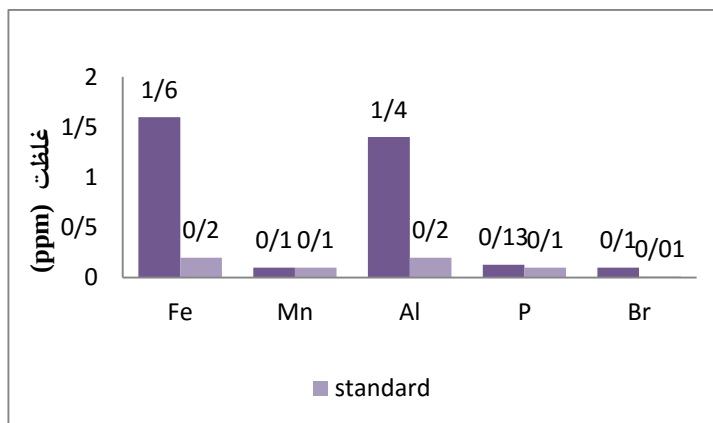


شکل ۵-۶: تغییرات میانگین EC و pH از سال ۸۲ تا ۸۸

۳-۶- ارزیابی فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند

نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه‌های برداشت شده از سه عمق سطحی، یک متر و دو متری از آب فرازبند جهت تعیین غلظت عناصر و فلزات سنگین در جدول ۶-۲ آورده شده است. با توجه به کاهش سرعت حرکت آب از سطح به عمق در فرازبند، بنابراین زمان ماندگاری آب در مجاورت رسوبات کف فرازبند بیشتر شده و امکان انجام واکنش‌های تبادل یونی، جذب و واجذب و کمپلکس سازی افزایش می‌یابد. این امر باعث افزایش آلومینیوم، بور، کلسیم، منگنز، سرب، سیلیسیم و استرانسیم از سطح به عمق ۲ متری گردیده است. افزایش غلظت آهن در عمق نسبت به سطح را می‌توان بدلیل ایجاد شرایط احیاء در رسوبات و احیاء آهن رسوب شده در رسوبات کف فرازبند و آزاد شدن آن بصورت Fe^{2+} در محلول دانست. تمایل رسوبات فرازبند به جذب فلزات سنگین از جمله مس و کروم را می‌توان دلیلی بر کاهش غلظت این دو عنصر در سطح نسبت به عمق دو متری در آب فرازبند دانست. در واقع مس در pHهای بالای ۸ انحلال پذیری پایینی دارد، بنابراین شرایط احیاء در قسمت‌های عمیق‌تر آب فرازبند باعث کاهش انحلال پذیری مس می‌شود.

بطور کلی وجود شرایط قلیایی در آب فرازبند باعث کاهش انحلال پذیری بسیاری از عناصر و فلزات سنگین در آب گردیده است. در عین حال مقایسه غلظت میانگین عناصر در سه عمق مورد بررسی در آب فرازبند نشان می‌دهد که مقادیر Fe، Mn، P، Br، Al بالاتر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی هستند (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶: مقایسه عناصر آلاینده آب با مقادیر مجاز استاندارد آنها در آب آشامیدنی

از آنجا که هنوز از سد آبیگری نشده و تراز آب در پایینترین ارتفاع قرار دارد، بنابراین تاثیر سازندهای مخزن سد بر روی آب فرازبند، حداقل ممکن را دارد. اما مقادیر بسیار بالای عناصر فوق بخصوص Fe می‌تواند بخاطر سایر منابع آلودگی در بالادست مخزن سد باشد. زیرا آلودگی کارون طی ۱۰ سال اخیر که ناشی از افزایش آب برگشتی از آبیاری کشاورزی، افزایش مقدار نمک و افزایش ورود پسابهای خانگی و صنعتی به رودخانه می‌باشد افزایش یافته است. پساب ناشی از زهکشیهای کشاورزی ۸۲/۵ درصد، پسابهای صنعتی ۹/۵۷ درصد و فاضلابهای شهری به میزان ۷/۹۳ درصد در آلودگی رودخانه کارون نقش دارند (بهمنی و همکاران ۱۳۸۷).

۴-۶- بررسی همبستگی بین عناصر و فلزات سنگین آب فرازبند سد گتوند

همبستگی بین عناصر و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در جدول ۴-۶ آورده شده است.

همبستگی مثبت Al با Si (+۰,۹۸)، Ni (+۰,۹۹)، Fe (+۰,۹۹)، Co (+۰,۷۷)، Pb (+۰,۶۷)، Mn (+۰,۶۰)، به هم منشا بودن این عناصر اشاره دارد

باریم همبستگی مثبت بالایی با $Sr (+0,96)$ ، $Pb (+0,85)$ ، $P (+0,91)$ ، $Mn (+0,89)$ ، $Co (+0,76)$ ، $Br (+0,96)$ نشان می‌دهد که این عناصر ارتباط ژئوشیمیایی بالایی با هم دارند. بطوریکه Mn از عناصری است که در سنگ‌های کربناته مثل کلسیت و دولومیت غلظت بالایی دارد. همچنین کبالت یکی از اجزاء فرعی سنگ‌های کربناته است و سولفات استرانسیم به همراه سولفات باریم از جمله ترکیبات مهمی هستند که در محیط‌های کربناته و تبخیری به فراوانی دیده می‌شوند (Pendias 2001). بنابراین با توجه به تشکیلات آهکی در منطقه مورد مطالعه، وجود این عناصر در آب منطقه قابل توجه است. Ba همبستگی منفی با $Cu (-0,99)$ و $B (-0,99)$ دارد. با توجه به اینکه Cu و B در محیط‌های اسیدی بالاترین انحلال را دارند و با توجه به قلیایی بودن آب منطقه مورد مطالعه، لذا تمرکز این دو عنصر در آب کم بوده و با عناصری همچون Ba که در این منطقه همراه با سنگ‌های کربناته از غلظت بالایی برخوردار است و در محیط‌های قلیایی تا حد زیادی حل می‌شود، همبستگی منفی دارند. Br نیز رابطه همبستگی‌ها رفتاری کاملاً مشابه Ba دارد. بطوریکه با $Sr (+0,99)$ ، $Pb (+0,96)$ ، $P (+0,99)$ ، $Mn (+0,98)$ ، $Co (+0,91)$ ، همبستگی مثبت دارد و با $Cu (-0,98)$ و $B (-0,98)$ ، همبستگی منفی دارد. Br از عناصری است که در حوضه‌های شور و تبخیری غلظت بالایی دارد و با افزایش تبخیر، غلظت این عنصر بیشتر می‌شود و در محیط‌های قلیایی قابل حل می‌باشد (Hem 1989).

همبستگی مثبت B با $Cu (+0,99)$ نشان دهنده رابطه ژئوشیمیایی و منشاء لیتوفیلی این دو عنصر است. همچنین از آنجا که B و Cu در محیط‌های اسیدی بالاترین انحلال را دارند، لذا B با pH $(-0,99)$ همبستگی منفی بالایی را نشان می‌دهد. بنابراین این عنصر با $Sr (-0,98)$ ، $P (-0,95)$ و $Co (-0,82)$ که در محیط‌های شور و قلیایی انحلال بالاتری دارند، همبستگی منفی نشان می‌دهد.

Co از عناصر لیتوفیلی است که در کانیه‌های فرومنیزین به راحتی جانشین Fe شده و مانند Fe دو حالت اکسیداسیون 2^+ و 3^+ دارد. $CoCO_3$ ترکیبی است که در محیط‌های کربناته با انحلال پایین

تشکیل می‌شود. در محلولی که pH حدود ۸ باشد و غلظت HCO_3^- در محلول ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، حلالیت CO حدود ۶ میلی گرم بر لیتر خواهد بود (Hem 1989). بنابراین Co یکی از اجزاء فرعی سنگ‌های کربناته است که همبستگی مثبت آن با Sr (+۰,۹۱) نشان از ارتباط ژئوشیمیایی این دو عنصر در منطقه مورد مطالعه است. همچنین CO با Pb (+۰,۹۸)، Si (+۰,۸۶)، P (+۰,۹۵)، Ni (+۰,۷۷)، Mn (+۰,۹۶)، Fe (+۰,۷۰) همبستگی مثبت نشان می‌دهد که نشان دهنده رابطه مثبت ژئوشیمیایی این عناصر با هم است. همگی از عناصر فرومنیزین در کانی‌های سیلیکاته هستند و معمولاً منشاء لیتوفیلی دارند و در منطقه مورد مطالعه با توجه به بالا بودن رسوبات سیلیکاته در سازندهای مخزن سد، حضور این عناصر در آب قابل انتظار است.

Cu بالاترین همبستگی منفی را با pH (-۰,۹۹) دارد. زیرا این عنصر در pH‌های پایین انحلال پذیری بالاتری دارد بنابراین Cu با Sr (-۰,۹۷)، Pb (-۰,۸۹) و P (-۰,۹۴) که در محیط‌های قلیایی و کربناته انحلال پذیری بالاتری دارند، همبستگی منفی نشان می‌دهد.

همبستگی بالای مثبت Fe با Ni (+۰,۹۹)، به ارتباط ژئوشیمیایی و منشاء لیتوفیلی این دو عنصر اشاره دارد. چراکه در کانی‌های فرومنیزین به فراوانی وجود دارند. بنابراین تمرکز این عناصر در کانی‌های سیلیکاته که در نتیجه هوازدگی فرومنیزین‌ها بوجود آمده‌اند بالا بوده (Pendias 2001). با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از سازندهای مخزن سد، مانند سازندهای میشان و آغاجاری، از کانی‌های سیلیکاته تشکیل شده‌اند، بنابراین وجود این دو عنصر هرچند به مقدار کم، قابل انتظار خواهد بود. Fe با Zn (-۰,۷۸) و S (-۰,۷۶) همبستگی منفی نشان می‌دهد. همچنین Fe می‌تواند با S تشکیل ترکیبات سولفیدی را بدهد، در نتیجه رسوب می‌کند و غلظت آن در آب کم می‌شود.

Mn از عناصری است که در دولومیت، ماسه سنگ و کلسیت وجود دارد و می‌تواند جانشین Ca در کربنات کلسیم شود. همچنین در کانی‌های سیلیکاته تشکیل MnSiO_4 را می‌دهد (Hem 1989). کمپلکس یونی MnHCO_3^- در محلولهایی که بیش از ۱ میلی گرم بر لیتر HCO_3^- دارند، تشکیل

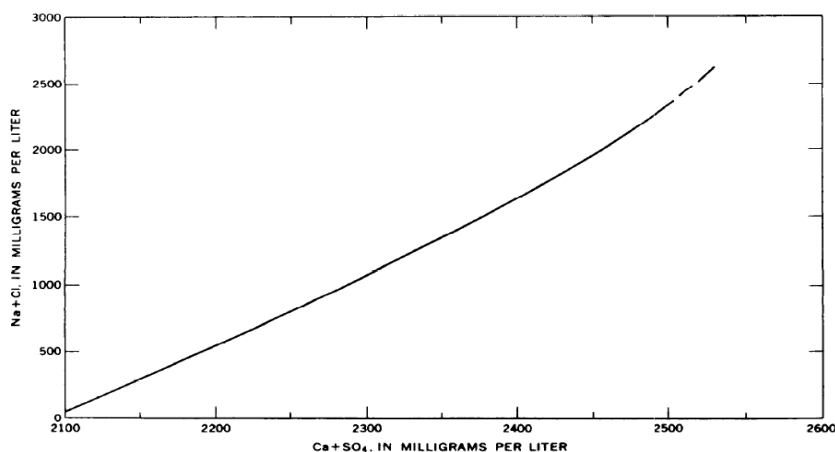
خواهد شد. و MnSO_4 در محلول‌هایی که سولفات آنها بیش از چند صد میلی گرم بر لیتر باشد، تشکیل خواهد شد (Pendias 2001). Mn با Si (+۰,۷۱) همبستگی مثبت نشان می‌دهد. همچنین Mn با Sr (+۰,۹۸)، Pb (+۰,۹۹)، P (+۰,۹۹) و Ni (+۰,۵۹) همبستگی مثبت نشان می‌دهد. که به ارتباط ژئوشیمیایی این عناصر با هم اشاره دارد. بطور مثال Mn، Ni و Pb با هم در کانی‌های فرومنیزین به فراوانی وجود دارند و هردو جزء عناصر لیتوفیل محسوب می‌شود.

Ni رفتار ژئوشیمیایی کاملاً شبیه به Fe دارد. بطوریکه با Si (+۰,۹۸۵) همبستگی مثبت و با Zn (-۰,۷۱) همبستگی منفی نشان می‌دهد. Ni در pH‌های بالا غلظت بیشتری دارد بنابراین قلیایی بودن آب منطقه مورد مطالعه، این شرایط را فراهم خواهد کرد. همچنین Ni یک عنصر با تحرک پذیری بالاست و همراه با عناصری همچون Mn و Fe می‌توانند در محلول‌های آبی وجود داشته باشند و مسافت طولانی به حالت محلول باقی بمانند (Pendias 2001).

P با Sr (+۰,۹۹)، Si (+۰,۶۸) و Pb (+۰,۹۹) همبستگی مثبت نشان می‌دهد که به ارتباط ژئوشیمیایی این عناصر اشاره دارد. چون P، Pb و Sr هر سه از عناصری هستند که در محیط‌های کربناته تشکیل ترکیبات مختلفی را می‌دهند. بطوریکه Pb از نظر همبستگی با عناصر، رفتاری کاملاً شبیه به P دارد و همبستگی مثبت بالایی با Sr (+۰,۹۶) و Si (+۰,۷۸) نشان می‌دهد. همبستگی بالای این عناصر با Si نشان می‌دهد که این عناصر با کانی‌های سیلیکاته همراه هستند. Zn با S (+۰,۹۹) همبستگی مثبت بالایی را نشان می‌دهد زیرا Zn از عناصری است که به راحتی با S ترکیب شده و ZnS تشکیل می‌دهند (Pendias 2001).

HCO_3^- ، CO_3^{2-} هر دو یون همبستگی مثبت بالایی را با Na (+۰,۹۶)، (+۰,۹۷) نشان می‌دهند. همچنین از نظر همبستگی با عناصر دیگر، هر سه یون رفتاری مشابه دارند. بطوریکه با عناصر Si، Sr، Pb، P، Mn، Co، B، Br، Ba و Al همبستگی مثبت بالایی را نشان می‌دهند که همه این یونها همانطور که در مطالب فوق اشاره شد، در محیط‌های کربناته و سولفاته و در کانی‌های سیلیکاته

تشکیل ترکیبات مختلفی داده و مقادیر نسبتا بالایی در سازندها و آب منطقه مورد مطالعه دارند. همچنین یون بیکربنات با Cu و B همبستگی منفی دارد که نشان می‌دهد این دو عنصر در محیط‌های اسیدی انحلال بیشتری دارند. همبستگی منفی CO_3 با Ca (-۰,۵) به خاطر تشکیل کربنات کلسیم و رسوب یون Ca^{2+} است. همبستگی مثبت HCO_3^{2-} با Ca (+۰,۹۶) نشان می‌دهد که Ca با HCO_3^{2-} ترکیب شده و تشکیل بیکربنات کلسیم را خواهد داد که باعث بالا رفتن حلالیت Ca خواهد شد. (Tanji and Doneen 1966) انحلال پذیری ژپس را در محلولی که حاوی کلرید سدیم بود محاسبه کردند (شکل ۶-۷). براساس آن انحلال پذیری ژپس در محلولی که فاقد کلرید سدیم است ۱۴۸۰ میلی گرم بر لیتر است و در محلولی که دارای ۲۵۰۰ میلی گرم بر لیتر کلرید سدیم است، انحلال پذیری آن به ۱,۸۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌رسد. در واقع با افزایش کلرید سدیم، انحلال پذیری ژپس افزایش می‌یابد. بنابراین حضور مقادیر بالای نمک در سازندهای مخزن سد و انحلال آنها در آب مخزن پس از آبیگری را می‌توان عاملی برای افزایش انحلال پذیری ژپس در آب مخزن سد دانست.



شکل ۶-۷: انحلال پذیری ژپس در محلول حاوی کلرید سدیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ اتمسفر

Ca با Fe (+۰,۷۶)، Ni (+۰,۶۹)، Al (+۰,۶۸) همبستگی مثبت نشان می‌دهد که به ارتباط ژئوشیمیایی این عناصر در منطقه مورد مطالعه اشاره دارد. زیرا همانطور که در فوق اشاره شد، عناصر نیکل و آهن در رسوبات سیلیکاته منطقه وجود داشته و همبستگی نسبتا بالایی را با شرایط منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند.

جدول ۴-۶: همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و عناصر و فلزات سنگین در آب فرازبند سد گتوند علیا

Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Hco3	CO ₃ ⁻²	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺	Al	Ba	Br	B	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	P	Pb	S	Si	Sr	Zn	pH	Ec	
1	-0.89	-0.45	0.056	0.89	-0.89	-0.19	-0.94	0.161	-0.12	-0.06	-0.52	-0.079	-0.97	-0.29	-0.9	-0.25	-0.38	0.893	-0.88	-0.12	0.905	0.056	-0.79	Cl ⁻
	1	-0.01	-0.5	-0.9	0.97	-0.28	0.685	-0.59	-0.34	0.5	0.075	0.52	0.763	-0.17	0.69	-0.21	-0.08	-0.98	0.563	-0.34	-0.99	-0.5	0.434	SO ₄ ⁻²
		1	0.867	0	0.961	0.961	0.727	0.809	0.939	-0.87	0.997	-0.855	0.645	0.986	0.72	0.977	0.997	0.001	0.825	0.941	-0.03	0.867	0.9	Hco3
			1	0.5	-0.5	0.971	0.288	0.994	0.985	-0.9	0.826	-9.99	0.178	0.938	0.28	0.953	0.902	0.5	0.434	0.984	0.476	0.999	0.564	CO ₃ ⁻²
				1	-0.99	0.277	-0.69	0.589	0.345	-0.5	-0.08	-0.52	-0.76	0.17	-0.7	0.214	0.077	0.99	-0.56	0.339	0.99	0.5	-0.43	Mg ⁺²
					1	-0.28	0.685	-0.59	-0.34	0.5	0.075	0.52	0.763	-0.17	0.69	-0.21	-0.08	-0.9	0.563	-0.34	-0.9	-0.5	0.434	Ca ⁺²
						1	0.51	0.94	0.997	-0.97	0.937	-0.965	0.41	0.994	0.5	0.998	0.979	0.277	0.638	0.998	0.251	0.971	0.746	Na ⁺
							1	0.185	0.447	-0.29	0.778	-0.265	0.994	0.601	0.99	0.565	0.673	-0.685	0.988	0.453	-0.7	0.288	0.953	Al
								1	0.962	-0.99	0.762	-0.997	0.073	0.897	0.17	0.915	0.851	0.589	0.336	0.96	0.567	0.994	0.473	Ba
									1	-0.99	0.91	-0.981	0.343	0.984	0.44	0.991	0.962	0.345	0.581	0.99	0.319	0.985	0.696	Br
										1	-0.83	0.99	-0.18	-0.94	-0.3	-0.95	-0.9	-0.5	-0.43	-0.98	-0.48	-0.99	-0.56	B
											1	-0.813	0.702	0.97	0.77	0.958	0.988	-0.075	0.866	0.913	-0.1	0.826	0.931	Co
												1	-0.15	-0.93	-0.3	-0.95	-0.89	-0.52	-0.41	-0.98	-0.5	-0.99	-0.54	Cu
													1	0.507	0.99	0.468	0.586	-0.763	0.964	0.349	-0.78	0.178	0.913	Fe
														1	0.59	0.999	0.996	0.17	0.718	0.985	0.143	0.938	0.814	Mn
															1	0.556	0.665	-0.693	0.986	0.443	-0.71	0.277	0.95	Ni
																1	0.99	0.214	0.687	0.992	0.187	0.953	0.788	P
																	1	0.077	0.781	0.964	0.05	0.902	0.865	Pb
																		1	-0.56	0.339	0.99	0.5	-0.43	S
																			1	0.586	-0.59	0.434	0.989	Si
																				1	0.313	0.984	0.701	Sr
																					1	0.476	-0.46	Zn
																						1	0.564	PH
																							1	Ec

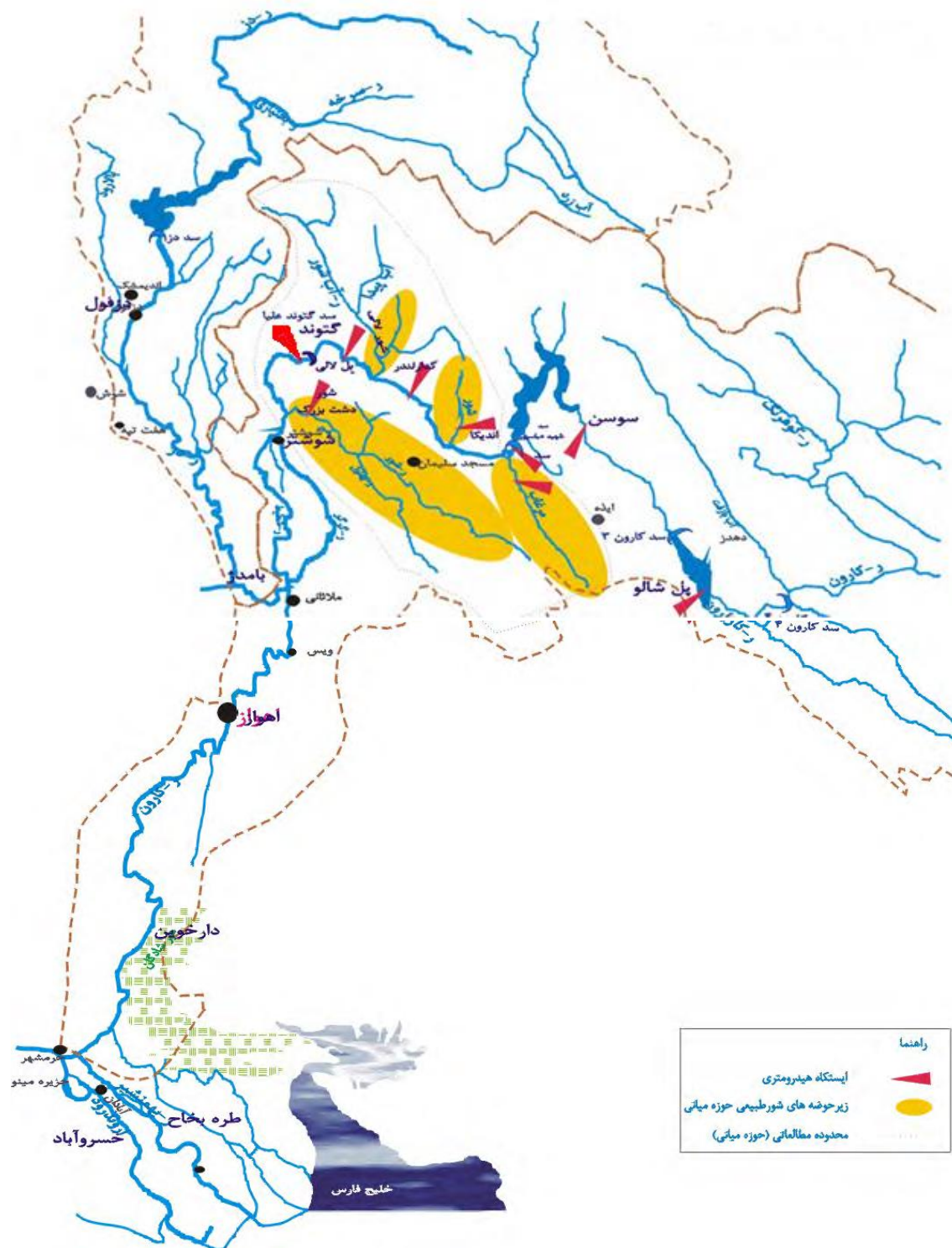
۵-۶- تاثیر شاخه‌های شور اندیکا، شور لالی و مرغاب بر کیفیت آب فرازبند سد

گتوند

با بررسی برخی از پارامترهای کیفی ۳ شاخه از کارون که از سازندهای گچی- نمکی عبور می‌کنند و در بالادست سد گتوند قرار دارند، تاثیر آنها را بر کیفیت آب فرازبند سد می‌شود. بطور کلی بعد از سد شهید عباسپور ۴ شاخه اصلی به رودخانه کارون می‌ریزد و تاثیر بسیار زیادی از نظر شوری بر روی آب رودخانه کارون دارند. از این بین ۳ شاخه شور اندیکا، شور لالی و مرغاب در بالا دست سد گتوند قرار گرفته (شکل ۶-۸) و بخش قابل توجهی از شوری آب این سد، چه در حال حاضر و چه در آینده (بعد از آبرگیری از سد)، مربوط به این ۳ شاخه خواهد بود مشخصات این سه شاخه ها در جدول ۳-۶ آورده شده است.

جدول ۳-۶: مشخصات شاخه‌های مورد بررسی (زارع و همکاران ۱۳۸۵)

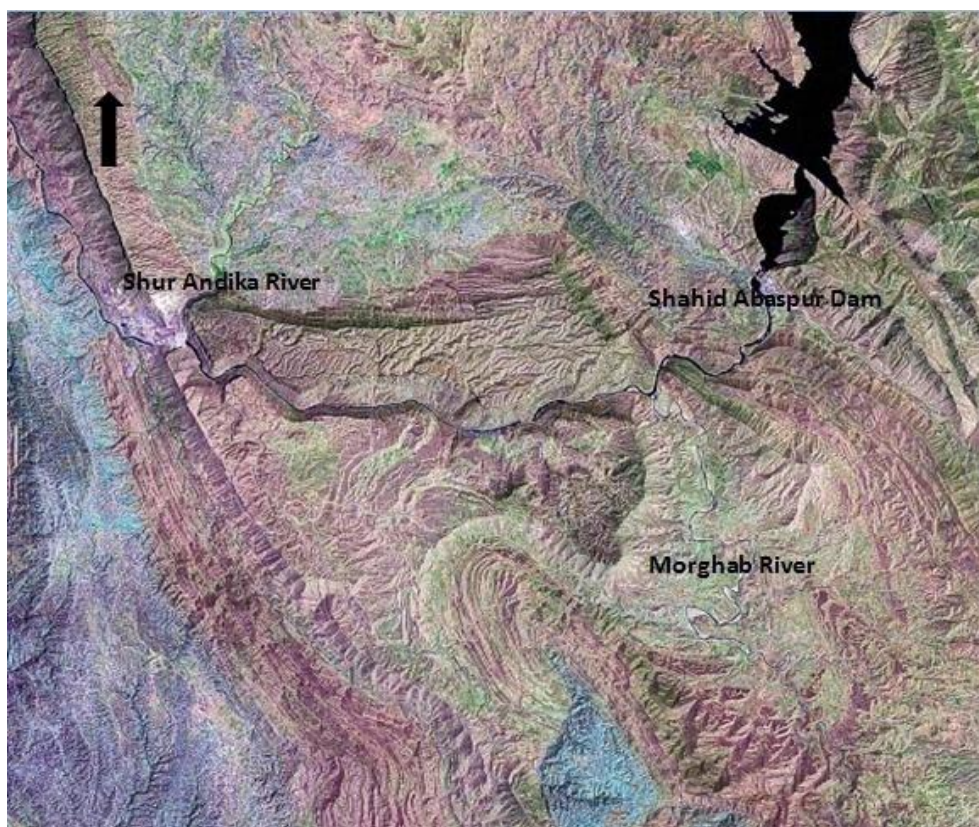
شور لالی	شور اندیکا	مرغاب	خصوصیات رودخانه
۶۹	۴۳	۱۰۲	طول (km)
۴/۵	۴/۲	۱۱/۹	دبی (m^3/s)
۲۹۰۰	۳۶۰	۷۰۰	وسعت حوزه آبریز (km^2)
گچساران و آسماری	سازند گچساران	گچی- نمکی	زمین‌شناسی حوزه آبریز



شکل ۶-۸: موقعیت حوزه میانی کارون و شاخه‌های فرعی این حوزه (زارع و همکاران ۱۳۸۵)

۶-۵-۱- شاخه مرغاب

این رودخانه از ارتفاعات ایزه و حوضه الله واقع در حوضه میانی کارون سرچشمه می‌گیرد. حوضه آبریز این شاخه دارای وسعتی حدود ۷۰۰ کیلومتر مربع است و پس از طی ۱۰۲ کیلومتر در جهت جنوب شرق به شمال غرب در ۴ کیلومتری پایین دست سد شهید عباسپور به رودخانه کارون ملحق می‌گردد. با توجه به عبور برخی زیر شاخه‌ها و مسیل‌های منتهی به این زیرحوضه از سازندهای گچی و نمکی، آب این رودخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست (شکل ۶-۹) و از نظر قابلیت آشامیدن در گروه آب‌های نامطلوب قرار می‌گیرد (زارع و همکاران ۱۳۸۵).



شکل ۶-۹: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT) از موقعیت رودخانه‌های شوراندیکا و مرغاب

۶-۵-۲- شاخه شوراندیکا

این شاخه از ارتفاعات و مناطق کارستی واقع در بخش میانی حوضه کارون و شمال شرقی مسجد سلیمان سرچشمه می‌گیری. وسعت حوضه آبریز آن ۳۶۰ کیلومتر مربع و طول آبراهه آن ۴۳

کیلومتر است. کلیه شاخه‌ها و مسیل‌های مرتبط با آن از لایه‌های نمکی سازند گچساران عبور می‌کند (شکل ۶-۹). بنابراین آب آن دارای املاح زیاد و شوری فراوان است. آب این رودخانه فاقد کیفیت لازم برای آشامیدن است و جزو آب‌های بد به شمار می‌آید.

۶-۵-۳- شاخه شور لالی

سرچشمه اصلی این رودخانه از کوه‌های زنگلاب واقع در شمال شرقی دزفول است. این رودخانه پس از اضافه شدن چشمه‌ها و شاخه‌های شور طبیعی و عبور از تشکیلات نمکی، در ۶۰ کیلومتری سد شهید عباسپور و در پایین شهرستان لالی به رودخانه کارون ملحق می‌شود (شکل ۶-۱۰). وسعت حوضه آبریز این رودخانه ۲۹۰۰ و طول آن ۶۹ کیلومتر است. آب این رودخانه از کیفیت مطلوبی برخوردار نبوده و دلیل اصلی آن عبور از سازند نمکی گچساران است (رحیمی و همکاران ۱۳۸۸). رودخانه در این محدوده در مسیری حرکت می‌کند که بیش از ۵۰ درصد طول آن در بستری از سازند گچساران در حال حرکت می‌باشد و آب رودخانه در تماس مستقیم و دائمی با آن است که تاثیر بسیار زیادی بر تخریب کیفیت آب منطقه داشته است (مظفری زاده و چیت سازان ۱۳۸۵).



شکل ۶-۱۰: تصویر ماهواره‌ای (LANDSAT) از موقعیت رودخانه شور لالی

۶-۵-۴- برآورد تاثیرگذاری سه شاخه رودخانه کارون

جهت بررسی اثرات سرشاخه های مورد بررسی از نتایج آماری پارامترهای کیفی ایستگاههای فرازبند سد در بهمن ماه ۱۳۸۸ و سایر مطالعات انجام شده در منطقه استفاده شده است. نتایج مطالعات بعمل آمده نشان داده است که حوضه میانی و زیر شاخه های شور طبیعی از آسیب پذیرترین بخش حوضه آبریز کارون از نظر کیفی می باشد (حسینی زارع و همکاران ۱۳۸۵). تغییرات WQI^۱ در حوضه میانی کارون نشانه روند روبه کاهش تدریجی کیفیت آب از بالادست ایستگاه گتوند به سمت پایین دست می باشد. ولی کیفیت آب این ناحیه در مجموع در رده متوسط قرار دارد. همچنین ایستگاه گتوند در بهمن ماه پایین ترین کیفیت را از نظر WQI داراست (حسینیان و همکاران ۱۳۸۵). بررسی تغییرات زمانی میزان شوری آب در ایستگاه گتوند نشان داد که علارغم اینکه در طول دوره آماری بیشترین مقدار دبی منطقه مورد مطالعه مربوط به فصل زمستان است اما بهترین کیفیت (کمترین شوری) مربوط به فصل بهار می باشد چراکه ذوب برف در فصول بهار و تابستان سبب شده تا علاوه بر افزایش دبی، میزان شوری در این منطقه کمتر شود. بدترین کیفیت آب منطقه مربوط به فصول پاییز و زمستان است که علت آن رواناب حاصل از بارندگی و شسته شدن املاح سطح زمین است (زارعی و آخوندعلی ۱۳۸۵) میزان شوری و مواد محلول آب در حد فاصل بین گتوند تا ایستگاه شوستر به میزان زیادی افزایش یافته است که دلیل اصلی آن را هوازدگی و انحلال سازندهای زمین شناسی بخصوص سازند گچساران و کانیه های ژئوپس و هالیت دار دانستند. همین طور آب رودخانه کارون در ایستگاه های گتوند و شوستر نسبت به کانی های هالیت، کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به کانی ژئوپس تحت اشباع می باشد (مظفری زاده و چیت سازان ۱۳۸۵).

با مقایسه برخی از پارامترهای کیفی هرکدام از شاخه های مرغاب، شوراندیکا و شور لالی با آب فرازبند

^۱ . شاخص کیفیت آب (Water Quality Index) برای تعیین این شاخص ۹ پارامتر دما، کدورت، کل جامدات، فسفر کل pH, NO₃, DO, BOD اندازه گیری می شود

سد و در نظر گرفتن دبی این ۳ شاخه و مقدار دبی آب ورودی به فرازبند مخزن سد (جدول ۵-۶)، درصد تاثیری را که هرکدام از این شاخه‌ها بر کیفیت آب موجود در فرازبند سد گتوند دارند، بررسی شده مورد بررسی قرار گرفته است. جهت این بررسی از رابطه زیر استفاده شده است (رابطه ۱-۶):

$$C_T = C_1Q_1 + C_2Q_2 + C_3Q_3 / Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \text{رابطه (۱-۶)}$$

$$\frac{11.9 \times 2966 + 4.2 \times 15744 + 4.5 \times 6000}{11.9 + 4.2 + 4.5} = 6233.9$$

در این رابطه C نشان‌دهنده غلظت مورد نظر است که در اینجا برابر EC است. بنابراین C_1, C_2, C_3 برابر EC هرکدام از شاخه‌ها است و C_T مجهول معادله خواهد بوده و برابر مقدار EC است که در نتیجه تاثیر این ۳ شاخه در آب سد ایجاد خواهد شد. این مقدار EC بدست آمده، با توجه به دبی ۳ شاخه مذکور حدود ۳۲ درصد از EC کل آب موجود در فرازبند سد را شامل می‌شود. شاخه شوراندیکا بخاطر عبور از سازندهای نمکی و گچی گچساران با EC $15744 \mu\text{s/cm}$ و دبی $4/2 \text{ m}^3/\text{s}$ ، نسبت به دو شاخه دیگر بیشترین تاثیر را بر کیفیت آب سد خواهد داشت که این تاثیر برابر $16/5$ درصد است. سپس شاخه مرغاب با $8/8$ درصد و در نهایت شاخه شور لالی نسبت به دو شاخه دیگر کمترین تاثیر را بر کیفیت آب سد گتوند خواهد داشت که برابر $6/7$ درصد می‌باشد. با داشتن مقادیر سولفات و کلر این ۲ شاخه شور اندیکا و مرغاب و مقایسه با مقادیر کلر و سولفات آب موجود در فرازبند سد گتوند با استفاده از رابطه (۱-۶) خواهیم دید که شاخه شوراندیکا $26/2$ درصد کلر و $2/4$ درصد سولفات و شاخه مرغاب نیز $9/7$ درصد کلر و $8/5$ درصد سولفات آب مخزن سد را شامل می‌شوند. همچنین شاخه اصلی ۵۷ درصد EC آب فرازبند را به خود اختصاص می‌دهد و ۱۱ درصد باقی مانده مربوط به تبخیر، شسته شدن زمین‌های اطراف منطقه و سایر عوامل می‌باشد (جدول ۴-۶).

جدول ۴-۶: پارامترهای کیفی شاخه‌های حوضه‌های میانی کارون و آب فرازبند سد گتوند علیا

(اطلاعات مربوط به شاخه‌ها بر گرفته از زارع و همکاران ۱۳۸۵)

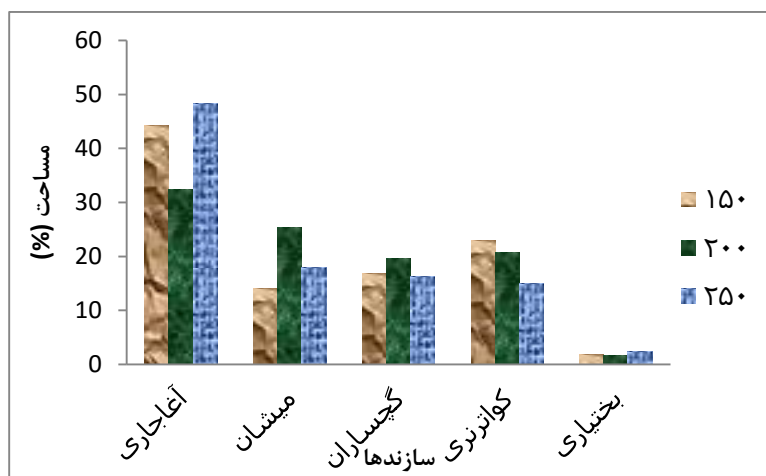
SO4(ppm)	Cl (ppm)	Ec(μs/cm)			دبی (m3/s)			مساحت حوضه آبریز (km2)	شاخه
		حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل		
432	667	7930	2966	521	36.2	11.9	1.3	700	مرغاب
344	5069	47235	15744	1286	10.7	4.2	0.8	360	شوراندیکا
—	—	10500	6000	2500	12.5	4.5	1.4	2100	شور لالی
—	—		560		—	410	—	—	شاخه اصلی
139.08	188.6	میانگین هدایت الکتریکی			میانگین دبی سالیانه			32425	آب فرازبند
		932.7			430				

۴-۶- برآورد وسعت سازندها بر کیفیت آب مخزن در ترازهای مختلف از آبیگیری سد

رخنمون سازندهای تشکیل دهنده مخزن سد در سطوح مختلف از آبیگیری سد (۲۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰ متری) مختلف بوده و تعیین کننده تاثیرگذاری سازندها بر کیفیت آب در ترازهای مختلف می‌باشد. بنابراین نحوه توزیع مساحت آنها و مقایسه درصد مساحت سازندهای مخزن سد در اشکال و جدول ۴-۵ آورده شده است. مقادیر سازندهای تشکیل دهندهی مخزن سد که در مورد آنها بحث شد، در حالتی است که آب سد در بالاترین تراز خود یعنی ۲۵۰ متری قرار دارد (شکل ۴-۱۱). در این سطح تراز مساحت سازندهای تشکیل دهندهی مخزن به شرح زیر است..

جدول ۴-۵: مساحت و درصد سازندهای مخزن سد در سه تراز مورد مطالعه

سازند	تراز آب (m)					
	150		200		250	
	مساحت (m ²)	درصد	مساحت (m ²)	درصد	مساحت (m ²)	درصد
آغاچاری	6730173.66	44.31	13992019	32.41	47497914	48.38
میشان	2132472.55	14	10969044	25.41	17682305	18
گچساران	2558220.94	16.84	8484578.4	19.65	16005419	16.3
کواترنری	3480674.15	22.91	8975200.8	20.79	14648347	14.92
بختیاری	285694.11	1.88	739437.8	1.71	2322748	2.36

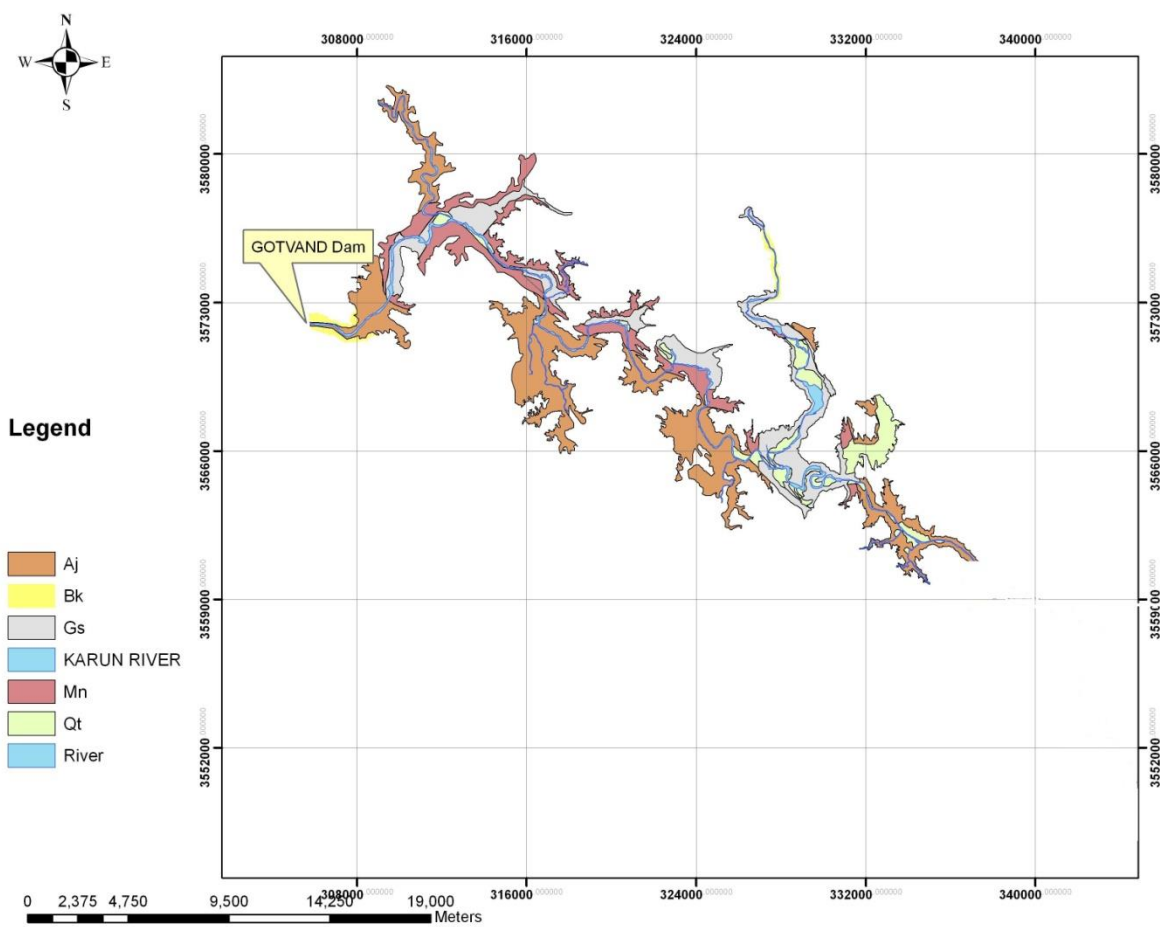


شکل ۱۱-۶: مقایسه درصد مساحت‌های مخزن سد در ترازهای مختلف آبگیری

۱-۶-۶- بررسی وسعت سازندها در تراز ۲۵۰ متری

در سطح تراز ماکزیمم معادل ۲۵۰ متری، سازند آغاجاری که دارای مارن با رگه‌های آهکی و انحلال پذیری اندکی می‌باشد، با بخش لهری با هم ۴۸/۳۸ درصد مخزن سد را تشکیل می‌دهند و سازند گچساران با اینکه درصد کمتری را نشان می‌دهد، به دلیل وجود ترکیبات نمکی و ژپس این سازند تاثیر عمده‌ای بر روی کیفیت آب دارد. علاوه بر آن سازند میشان نیز ۱۸ درصد مساحت سازندهای مخزن را تشکیل می‌دهد که با توجه به آنالیزهای شیمیایی بعد از سازند گچساران و نمونه مخلوط، غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آن بالا بوده و از سازندهای موثر در کیفیت آب مخزن سد محسوب می‌شود (شکل ۱۲-۶).

رسوبات کواترنری منطقه مورد مطالعه عموماً از رسوبات واریزه‌ای و به مقدار کمتر از آبرفت‌های رودخانه‌ای تشکیل شده است و از آنجا که رسوبات واریزه‌ای معمولاً شامل ترکیبی از سازندهای تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه می‌باشد، تا حدودی می‌تواند ترکیبی شبیه نمونه مخلوط داشته باشد. با وجود این با توجه به دگرگونی شدید سازند گچساران در منطقه و در هم ریختگی شدید آن (شکل ۱۳-۶)، بیش از ۶۰ درصد رسوبات کواترنری در ارتباط با سازند گچساران هستند.



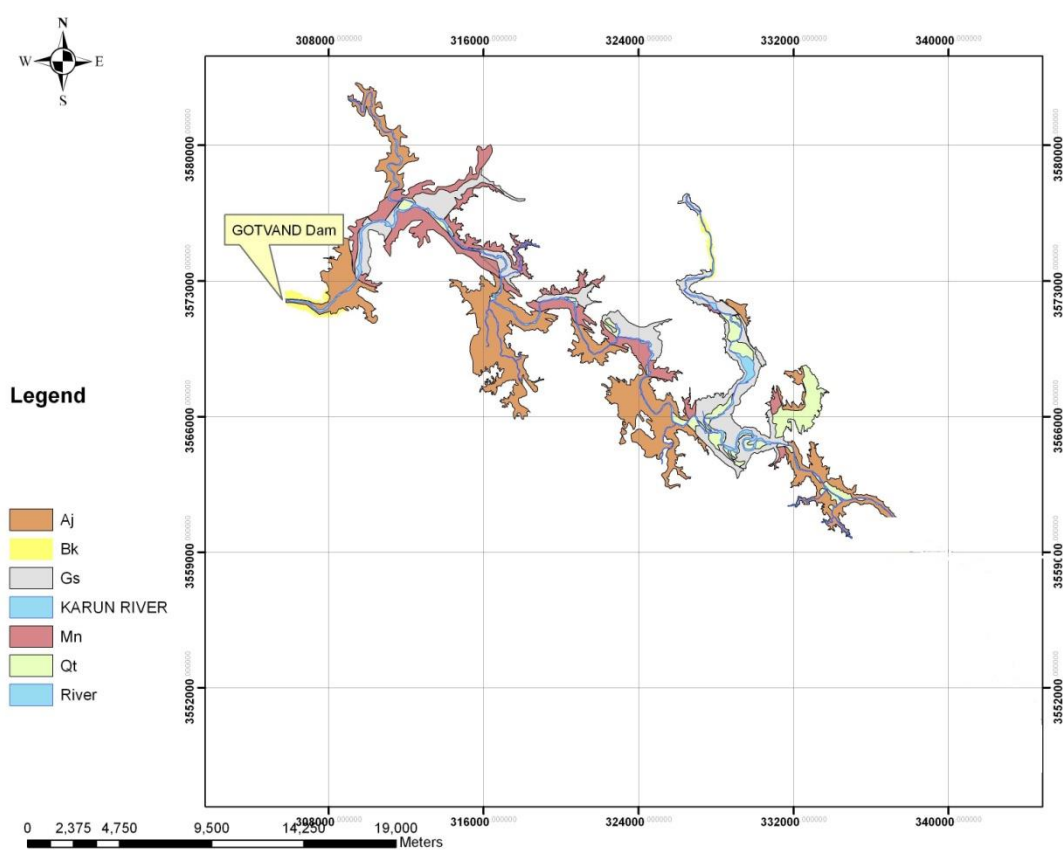
شکل ۶-۱۲: تراز ۲۵۰



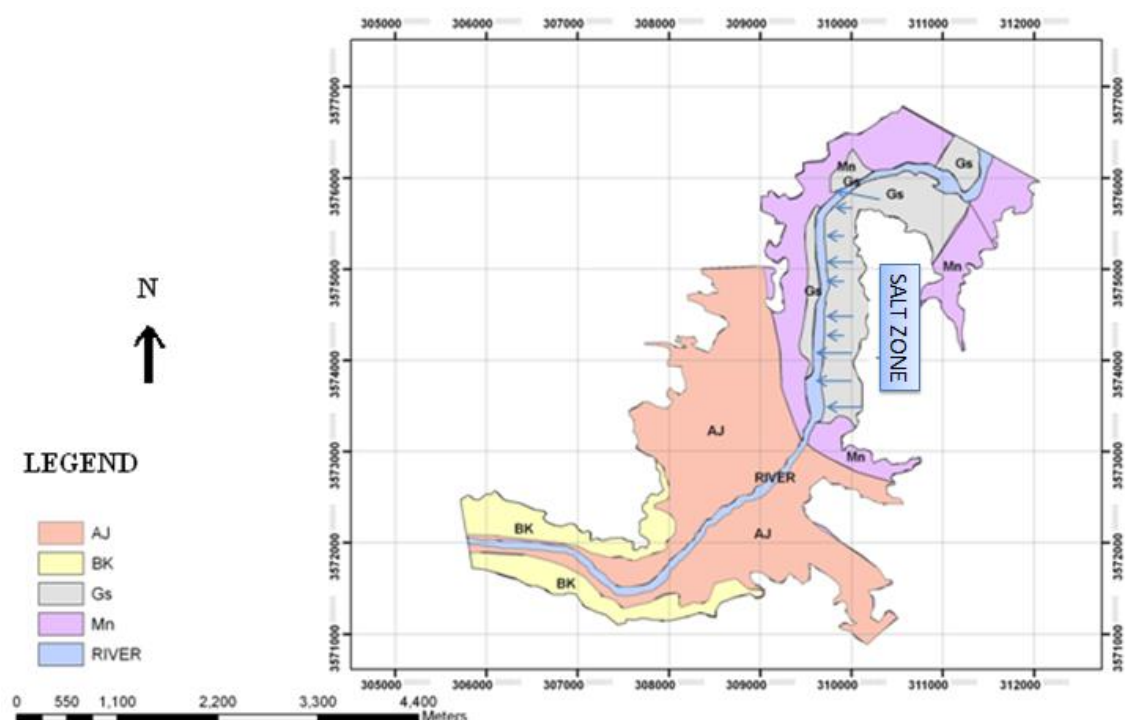
شکل ۶-۱۳: درهم ریختگی و دگرگونی شدید سازند گچساران

۶-۶-۲- بررسی وسعت سازند در تراز ۲۰۰ متری

پایینترین سطح تراز آب مخزن سد ۲۰۰ متر است. در این تراز نیز بیشترین مساحت سازند مربوط به سازند آغاچاری می باشد که با توجه به ترکیبات تشکیل دهنده این سازند، تاثیر چندانی در کیفیت آب مخزن سد نخواهد داشت. مساحت سازند گچساران در تراز ۲۰۰ متری (۱۹/۶۵٪) نسبت به تراز ۲۵۰ متری (۱۶/۹۲٪) درصد بالاتری از سازندهای مخزن سد را تشکیل می دهد و این امر تاثیر بیشتر این سازند را در صورت آبگیری سد تا تراز ۲۰۰ متری معلوم می سازد (شکل ۶-۱۴). همچنین وجود زون های نمکی حاشیه رودخانه که حاصل از انحلال تشکیلات نمکی سازند گچساران می باشند در مخزن سد کاملاً مشهود است (شکل ۶-۱۵). با افزایش درصد رخنمون سازند میشان در تراز ۲۰۰ متری نسبت به ۲۵۰ متری، تاثیر بیشتر این سازند را در این تراز همچون سازند گچساران روشن می سازد.



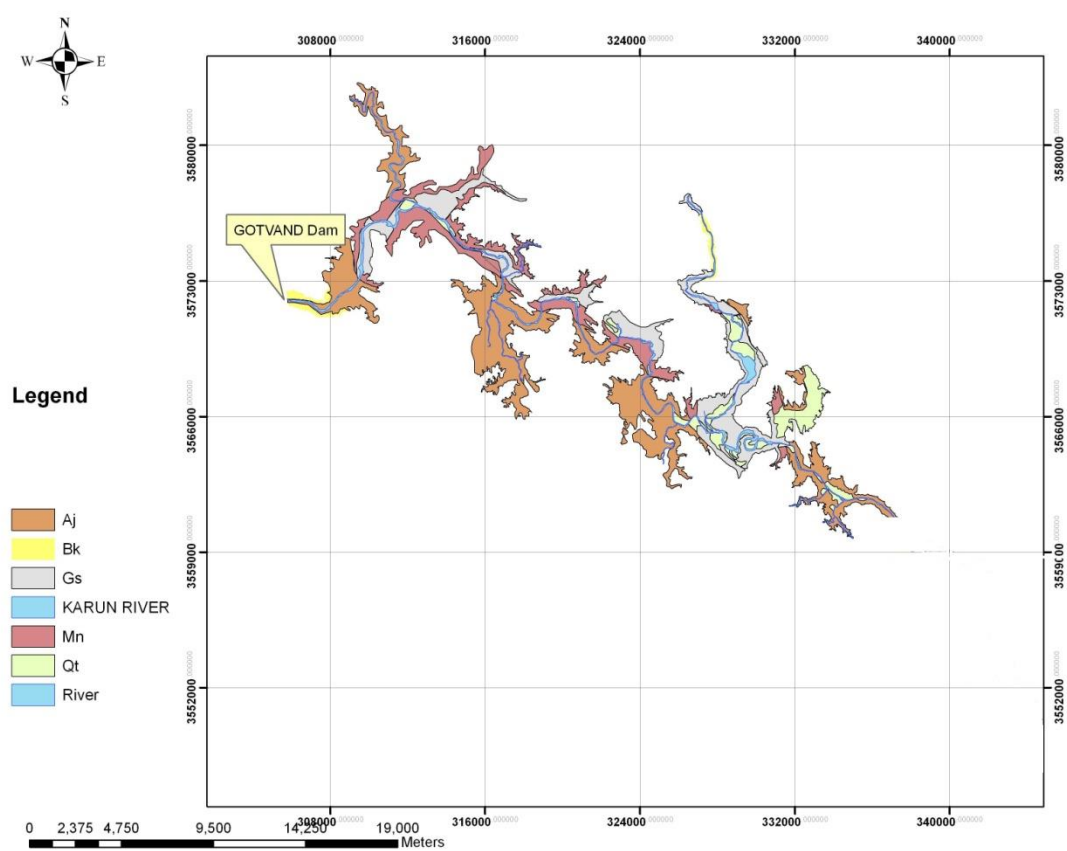
شکل ۶-۱۴: تراز ۲۰۰



شکل ۶-۱۵: وجود زون‌های نمکی در حاشیه رودخانه در محدوده نمونه برداری

۶-۶-۳- بررسی وسعت سازندها در تراز ۱۵۰ متری

این تراز معادل تراز تاج فراز بند است و پایینترین ارتفاع آب مخزن سد می‌باشد. سازند آغاچاری باز هم بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده و سازندهای گچساران و میشان که تاثیرگذارترین سازندها بر روی کیفیت آب منطقه می‌باشند، ۱۶/۸۴ درصد از مساحت را تشکیل می‌دهند (شکل ۶-۱۶). بنابراین آب در هر سطح تراز که باشد، تغییر زیادی در مساحت سازند گچساران بوجود نمی‌آید و این سازند با توجه به ترکیبات تشکیل دهنده آن تاثیر چشم‌گیری بر روی کیفیت آب مخزن سد دارد، اما با توجه به افزایش حجم آب در تراز بالاتر، کاهش غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها با افزایش تراز آب برآورد می‌گردد.



شکل ۶-۱۶: تراز ۱۵۰ متر

۶-۷- برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر کیفیت آب

در این بخش به بررسی تاثیر سازندهای مخزن سد و همچنین برآورد نهایی کیفیت آب پرداخته شده است

۶-۷-۱- برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های آب

از بین سازندهایی که در مخزن سد رخنمون دارند، سازند گچساران بالاترین درجه انحلال پذیری را دارد، و از بین تشکیلات گچساران، رخنمون‌های نمک و ژپس انحلال پذیری بالایی داشته و بخش عمده و اصلی از آنیون‌ها و کاتیون‌های آب مخزن سد مربوط به این تشکیلات از سازند گچساران می‌باشند. نرخ انحلال پایین مارن 0.41×10^{-20} متر بر ثانیه (Hoch et al, 2004) که یکی از اجزاء تشکیل دهنده سازند گچساران می‌باشد، تأییدی مجدد بر تاثیرگذاری کم این بخش از سازند مذکور بر کیفیت آب مخزن سد می‌باشد. بر طبق نتایج بدست آمده از مطالعات محققین، نرخ انحلال ژپس، نمک و آهک در سازندهای گچساران و میشان به ترتیب معادل 0.22×10^{-5} (باغداردخت ۱۳۸۴)، 1×10^{-5} (Stiller, et al. 2007)، 0.13×10^{-5} (Hoch, et al. 2004) متر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به تشکیل سازند آغاچاری از مارن‌های آهکی و سازند بختیاری از ماسه سنگ و پایین بودن نرخ انحلال در مارن و ماسه سنگ و همچنین کم بودن غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های این دو سازند نسبت به سازند گچساران و میشان، در محاسبه برآورد کیفیت آب مخزن سد پس از آبدگیری در ترازهای مختلف، دو سازند گچساران و میشان در این تحقیق مورد توجه قرار گرفتند. لذا با داشتن نرخ انحلال ترکیبات ذکر شده در سازندهای گچساران و میشان و مطابق روابط زیر، می‌توان تاثیر هریک از این سازندها بر غلظت نهایی آنیون‌ها و کاتیون‌های آب مخزن سد را با در نظر داشتن زمان ماندگاری آب مخزن سد در ۳ تراز پایه (۱۵۰ متری)، حداقل (۲۰۰ متری) و حداکثر (۲۵۰ متری)، برآورد نمود. همچنین با توجه به برآورد تاثیر این دو سازند بر کیفیت آب مخزن سد و کیفیت کنونی آب فرازبند، می‌توان در نهایت کیفیت نهایی آب مخزن را از نظر آنیون‌ها و کاتیون‌ها برآورد و ارزیابی کرد. برآورد

میزان تاثیرگذاری هر سازند و کیفیت آب مخزن سد توسط روابط ۶-۱ الی ۶-۵ محاسبه گردیده است.

رابطه (۶-۱) انحلال در زمان ماندگاری در هر تراز (m) = نرخ انحلال رخنمون مورد نظر (m/s) × زمان ماندگاری در هر تراز (s)



رابطه (۶-۲) حجم حل شده از رخنمون در هر تراز (m³) = انحلال در زمان ماندگاری در هر تراز (m) × مساحت رخنمون (m²)



رابطه (۶-۳) جرم حل شده از یون (gr) = غلظت هر یون در هر رخنمون (gr/m³) × حجم حل شد از هر رخنمون در هر تراز (m³)



رابطه (۶-۴) غلظت حل شده هر یون از رخنمون مورد نظر در هر تراز (gr/m³) = حجم آب در هر تراز (m³) / جرم حل شده یون (gr)



رابطه (۶-۵) = غلظت حل شده هر یون یا عنصر از رخنمون مورد نظر در هر تراز (gr/m³) + غلظت یون یا عنصر در فرازبند

غلظت نهایی یون در آب سد در زمان ماندگاری در هر تراز (gr/m³)

۶-۷-۱-۱- تاثیر سازند گچساران

محاسبات انجام شده برای تعیین میزان تاثیر سازند گچساران در جدول ۶-۶ آورده شده است. حجم نمک و ژئوپس حل شده از سازند گچساران، در تراز ۲۰۰ متری بیش از تراز ۱۵۰ و ۲۵۰ متری است. همانطور که در مطالب گذشته اشاره شد مساحت سازند گچساران در تراز ۲۰۰ متری افزایش یافته است و این در حالی است که تراز ۲۰۰ متری، تراز بهره‌برداری برای نیروگاه است و در تمام طول سال، آب سد در این تراز قرار دارد. ضمن اینکه یون‌های مذکور در این تراز غلظت بالایی را دارند و با وجود اینکه حجم آب در این تراز بسیار بالاتر از تراز ۱۵۰ متری است، اما رقیق شدگی تاثیر زیادی را بر غلظت این عناصر نگذاشته است. از آنجا که سازند گچساران قدیمی‌ترین سازند مخزن سد است،

بنابراین در ترازهای پایین‌تر بیشترین رخنمون را دارد. در تراز ۲۵۰ متری با وجود اینکه حجم نمک و ژئوپس حل شده بیش از دو تراز دیگر است، اما به خاطر رقیق شدگی غلظت عناصر کمتر است که البته آب سد تقریباً دو ماه در سال در این تراز قرار دارد. نرخ انحلال نمک بالاتر از ژئوپس بوده، بنابراین حجم نمک حل شده در هر سه تراز ۵ برابر ژئوپس حل شده است. با توجه به ترکیب ژئوپس، طبیعی است که مقادیر سولفات و کلسیم در تشکیلات ژئوپسی بیشتر از تشکیلات نمکی بوده و در مورد تشکیلات نمکی نیز مشاهده می‌شود که کلر و سدیم بالاترین مقادیر را دارند. مقدار منیزیم در تشکیلات نمکی بیش از تشکیلات ژئوپسی بوده که نشان از وجود ناخالصی‌های منیزیم دار هرچند به مقدار کم، دارد. بنابراین تشکیلات ژئوپس و نمکی سازند گچساران تاثیر بسزایی بر کیفیت آب مخزن سد خواهد داشت.

با مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های کل در آب مخزن سد با غلظت آنها در آب دریا، مشاهده می‌شود که غلظت کلسیم در ترازهای ۱۵۰ و ۲۰۰ متری بیش از مقادیر موجود در آب دریا است. بطوریکه کلسیم حاصل از انحلال تشکیلات نمک و ژئوپس سازند گچساران، در تراز ۱۵۰ متری حدود ۱/۴ برابر و در تراز ۲۰۰ متری ۱/۱ برابر آب دریا است. در تراز ۲۵۰ این مقدار بسیار کمتر شده و تقریباً معادل ۰/۲ غلظت کلسیم موجود در آب دریا است. غلظت سدیم موجود در آب دریا ۱۱۰۰۰ گرم بر متر مکعب است و غلظت آن در سه تراز مورد مطالعه به ترتیب معادل ۰/۱، ۰/۷، ۰/۰۸ غلظت موجود در آب دریا هستند. بنابراین در مورد این عنصر نیز بالاترین غلظت‌ها مربوط به تراز ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر است.

جدول ۶-۶: برآورد تاثیر تشکیلات سازند گچساران بر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سد پس از آبیگری

(اطلاعات مربوط به آب دریا بر گرفته از مر و شرفی (۱۳۷۳))

تراز آب (m)			150	200	250
حجم آب مخزن* 10 ⁻⁶			516	2358	6485
(m ²) مساحت سازند	گچساران		2558220.9	8484578.3	16005419
	ژیپس		511644.1	1696915.6	3201083.8
	نمک		588390.8	1951453	3681246.3
زمان ماندگاری (Day)		365	365	60	
انحلال در زمان ماندگاری در هر تراز (m)		ژیپس	69.3	69.3	11.4
		نمک	315.3	315.3	51.8
حجم ژیپس حل شده (m ³)			35497458.3	117596251	36507720.8
حجم نمک حل شده (m ³)			185519619.2	615293130.9	190688558.3
Ca ²⁺	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژیپس	887436	2939906	912693
		نمک	385509	1278579	396365
	حاصل از انحلال ژیپس (gr/m ³)	1719	1246	140	
	حاصل از انحلال نمک (gr/m ³)	747	542	61	
	آب فرازبند (gr/m ³)	79.8			
	کل (gr/m ³)	595.4	453.6	121.8	
	غلطت در آب دریا (gr/m ³)	410			
Na ⁺	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژیپس	34766	115173	35755
		نمک	38791410	128655332	39872214
	حاصل از انحلال ژیپس (gr/m ³)	67.3	48	5.5	
	حاصل از انحلال نمک (gr/m ³)	40177	34561	6148	
	آب فرازبند (gr/m ³)	140.6			
	کل (gr/m ³)	9394.7	8099.2	1555.7	
غلطت در آب دریا (gr/m ³)		11000			
Cl ⁻	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژیپس	80934	268119	83237
		نمک	22639886	75087297	23270678
	حاصل از انحلال ژیپس (gr/m ³)	156	113	12.8	
	حاصل از انحلال نمک (gr/m ³)	43875	31843	3588	
	آب فرازبند (gr/m ³)	187.3			
	کل (gr/m ³)	10309.8	7533.7	1015	
غلطت در آب دریا (gr/m ³)		19000			
Mg ²⁺	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژیپس	2339	7749	2405
		نمک	918322	3045700	943908
	حاصل از انحلال ژیپس (gr/m ³)	156	3.2	0.3	
	حاصل از انحلال نمک (gr/m ³)	1779	1291	145	
	آب فرازبند (gr/m ³)	12.3			
	کل (gr/m ³)	452.6	309.8	45.7	
غلطت در آب دریا (gr/m ³)		1300			
SO ₄ ²⁻	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژیپس	1573460	5212571	1618241
		نمک	1072674	3557624	1102561
	حاصل از انحلال ژیپس (gr/m ³)	3049	2210	249.5	
	حاصل از انحلال نمک (gr/m ³)	2078	1503	170	
	آب فرازبند (gr/m ³)	139.3			
	کل (gr/m ³)	1227	926.9	228.3	
غلطت در آب دریا (gr/m ³)		2700			

در مورد کلر نیز هر چند غلظت آن کمتر از کلر دریا بوده اما روند تغییرات آن مشابه سدیم بوده و با افزایش تراز آب مخزن سد مقدار این یون کم شده. منیزیم نسبت به سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها غلظت کمتری داشته و نسبت به آب دریا که ۱۳۰۰ گرم بر متر مکعب منیزیم دارد، در تراز ۱۵۰ متر ۰/۳، تراز ۲۰۰ متر ۰/۲ و در تراز ۲۵۰ متری ۰/۳ غلظت منیزیم آب دریا هستند. بنابراین همانطور که در مورد همه عناصر دیده شد، در تراز ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر بالاترین مقادیر وجود دارد. تراز ۲۰۰ متر که تراز تقریباً نرمال مخزن سد است و تراز است که مساحت سازند گچساران مساحت بالایی داشته و حجم آب مخزن تا حدی نیست که موجب رقیق سازی و کم شدن غلظت یونهای آزاد شده از این سازند باشد جدول (۶-۶)

۶-۷-۱-۲- تاثیر سازند میشان

سازند میشان جوانتر از سازند گچساران بوده و در ترازهای بالاتر از مخزن سد قرار دارد، بطوریکه حجم حل شده از این سازند در تراز ۲۰۰ متری ۵ برابر تراز ۱۵۰ متری و ۳ برابر تراز ۲۵۰ متری است. بنابراین غلظت عناصر در این تراز بیش از دو تراز دیگر است. در تراز ۲۵۰ متری به دلیل بیشتر شدن حجم آب مخزن سد و فرآیند رقیق شدگی، مقادیر عناصر کم شده (جدول ۶-۷). سازند میشان منطقه عموماً از ترکیبات ۴۰ درصد ترکیبات رسی و ۶۰ درصد آهک تشکیل شده است. بنابراین بالا بودن کلسیم در این سازند کاملاً قابل توجیه است. اما از بین عناصر مورد مطالعه، سدیم و کلر بالاترین مقادیر را دارند که می‌تواند به دلیل بالا آمدگی (Uplift) ترکیبات نمکی سازند گچساران به درون این سازند و شور و نمکی شدن این سازند باشد. بر خلاف سازند گچساران، غلظت یونها در سازند میشان در تراز ۲۰۰ متری بیش از سایر ترازها است

جدول ۶-۷: برآورد تاثیر سازند میشان بر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سد پس از آبیگری

تراز آب (m)		150	200	250
حجم آب مخزن * 10^6		516	2358	6485
مساحت سازند میشان (m^2)		2122473	10969043.5	17682305
زمان ماندگاری (Day)		365	365	60
انحلال در زمان ماندگاری در هر تراز (m)		40.9	40.9	6.7
حجم حل شده (m^3)		86809125	448633879.1	118471443.5
Ca ²⁺	جرم حل شده (gr) * 10^{-6}	2107725	10892830	2876486
	حاصل از انحلال سازند میشان	4084.7	4619.5	433.5
	آب فرازبند	79.8		
	کل	4164.5	4699.3	513.3
	غلظت در آب دریا (gr/m^3)	410		
Na ⁺	جرم حل شده (gr) * 10^{-6}	3332775	17223951	4548355
	حاصل از انحلال سازند میشان	6458.8	7304.4	701.3
	آب فرازبند	140.6		
	کل	6599.4	7445	841.9
	غلظت در آب دریا (gr/m^3)	11000		
Cl ⁻	جرم حل شده (gr) * 10^{-6}	2846818	14712499	3885152
	حاصل از انحلال سازند میشان	5517	6239	599
	آب فرازبند	187.3		
	کل	5704.3	6426.3	786.3
	غلظت در آب دریا (gr/m^3)	19000		
Mg ²⁺	جرم حل شده (gr) * 10^{-6}	304135	1571788	415064
	حاصل از انحلال سازند میشان	589.4	666.5	64
	آب فرازبند	12.3		
	کل	601.7	678.8	76.3
	غلظت در آب دریا (gr/m^3)	1300		
SO ₄ ²⁺	جرم حل شده (gr) * 10^{-6}	105733	546436	144298
	حاصل از انحلال سازند میشان	204.9	231.7	22.2
	آب فرازبند	139.3		
	کل	344.2	371	161.5
	غلظت در آب دریا (gr/m^3)	2700		

در مورد کلسیم غلظت در هر سه تراز بیش از غلظت در آب دریا است و تراز ۲۰۰ متر مقادیر بالاتری از کلسیم وجود دارد. روند تغییرات یونهای سدیم و کلر در سه تراز مشابه هم بوده و در تراز ۲۰۰ متری مقادیر بالاتری را دارند. غلظت یون منیزم مانند سازند گچساران کمتر از سایر یونها بوده و در تراز ۲۰۰ متر که بیشترین مقدار را دارد، غلظت آن معادل ۰/۶ غلظت منیزیم در آب دریا است. بنابراین همانطور که دیده می‌شود در سازند میشان بالاترین مقادیر عناصر مربوط به تراز ۲۰۰ متر

است. در واقع بخاطر اینکه سازند میشان نسبت به گچساران جوانتر بوده و در ترازهای بالاتر رخنمون بیشتری داشته، بنابراین افزایش مساحت این سازند با بالا رفتن تراز آب بسیار بالا بوده و افزایش حجم آب تاثیر چندانی بر غلظت عناصر و یونهای حاصل از این سازند ندارد.

۶-۷-۲- ارزیابی کلی کیفیت آب سد بعد از آبیگری

از مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌ها در هر تراز مقدار TDS بدست آید و با توجه به رابطه TDS با هدایت الکتریکی (EC)، می‌توان آب مخزن سد را بعد از آبیگری در ترازهای مورد مطالعه رده بندی کرد (جدول ۶-۸).

$$\text{TDS (mg/L)} = 0.6 \times \text{EC (}\mu\text{s/cm)}$$

جدول ۶-۸: مقادیر هدایت الکتریکی و TDS کل

تراز آب (m)	سازند گچساران		سازند میشان		کل	
	TDS	EC($\mu\text{s/cm}$)	TDS	EC($\mu\text{s/cm}$)	TDS	EC($\mu\text{s/cm}$)
150	21980	36632.5	17414.1	29023.5	6173.9	10289.8
200	17323	28872	19620.4	32700.6	8196	18660
250	2966.5	4944.1	2379.7	3965.5	742.5	1237.5

جدول ۶-۹: طبقه بندی آبهای شور (Rhoades. *et al*, 1992)

Water class	Electrical conductivity ($\mu\text{s/cm}$)	Type of water
None- saline	<700	Drinking and irrigation water
Slightly saline	700- 2000	Irrigation water
Moderately saline	2000- 10000	Primary drainage water
Highly saline	10000- 25000	secondary drainage water
Very highly saline	25000- 45000	Very saline
Brine	>45000	Seawater

با مقایسه EC در هر سه تراز با رده بندی فوق (جدول ۶-۹)، مشاهده می‌شود که در سازند گچساران وقتی آب در تراز ۱۵۰ متر قرار دارد، EC آب مخزن سد در محدوده ۴۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ قرار دارد و جزء آبهای با شوری بسیار بالا است (Very Highly Saline). در تراز ۲۰۰ متری EC آب ۲۸۸۷۲

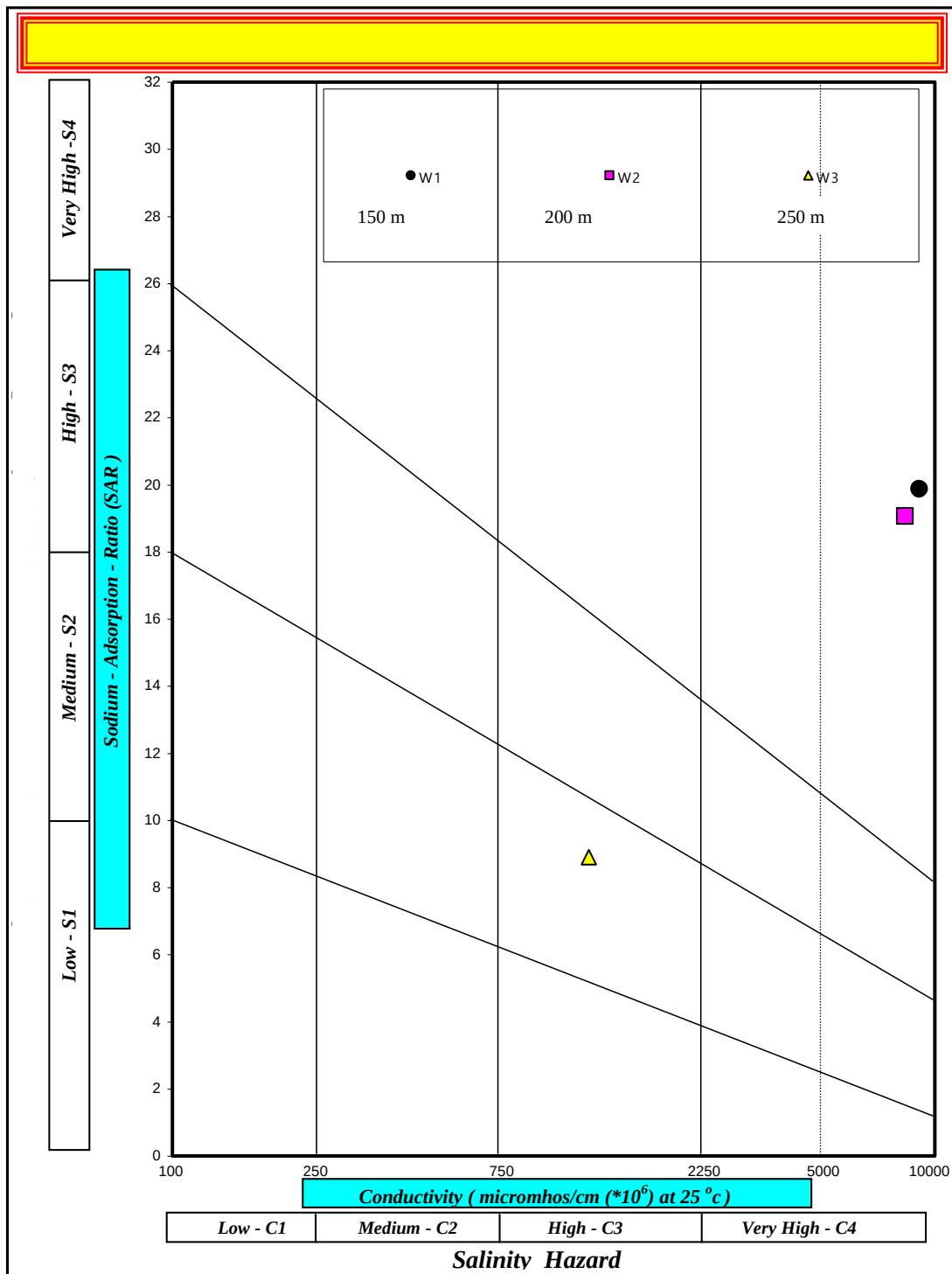
میکروزیمنس بر سانتی متر است که مانند تراز ۱۵۰ متری، آب مخزن در رده آب‌های با شوری بسیار بالا قرار دارد. در تراز ۲۵۰ متری EC به میزان قابل توجهی کاهش یافته و آب مخزن سد در این تراز در رده آب‌های با شوری متوسط قرار دارد.

در مورد سازند میشان، رده بندی آب در سه تراز مشابه سازند گچساران بوده با این تفاوت که EC در تراز ۲۰۰ متری بیش از دو تراز دیگر است. در برآورد حاصل از تاثیرگذاری هر دو سازند، با توجه به حضور درصد مساحت‌های سازندهای گچساران و میشان در سه تراز مورد مطالعه، مشاهده شد که EC در رده ۱۰۰۰۰ - ۲۵۰۰۰ قرار می‌گیرد و آب دارای شوری بسیار بالا است.

در نهایت از برآورد آنیون‌ها و کاتیون‌های کل حاصل از سازند میشان و گچساران (جدول ۶-۱۰)، نمودار ویلکوکس برای رده بندی آب جهت استفاده کشاورزی، رسم گردید (شکل ۶-۱۷).

جدول ۶-۱۰: غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های کل حاصل از سازند میشان و گچساران و استانداردها

Ion(gr/m ³)		Ca ⁺²	Na ⁺	Mg ⁺²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
تراز آب (m)	150	672	2501	157.6	2524.3	236
	200	1240	3364.8	224	2990	233
	250	97	374.9	18.7	269	23.3
استاندارد		200 (ایران 1053)	200 (WHO 2008)	150 (ایران 1053)	250 (WHO 2008)	250 (WHO 2008)
غلظت در آب دریا		410	11000	1300	19000	2700



شکل ۱۷-۶: نمودار ویلکوکس آب مخزن سد بعد از آگیری در سه تراز مورد مطالعه

همانطور که در نمودار ویلکوکس مشاهده می شود (شکل ۱۷-۶)، آب مخزن سد در تراز ۱۵۰ و ۲۰۰ متری در کلاس C_4S_4 قرار دارد که دارای آب با شوری بسیار بالا است. آب مخزن در تراز ۲۵۰ متری در کلاس C_3S_2 قرار دارد که آب در این تراز دارای شوری متوسط تا بالا است.

۸-۶- برآورد غلظت فلزات سنگین در آب مخزن سد

با توجه به غلظت اندک فلزات سنگین قابل حل (به جزء استرانسیم) در عصاره اشباع (کمتر از 1 ppm)، نرخ انحلال پایین مارن، عدم وجود فلزات سنگین در تشکیلات نمک و ژپس سازند گچساران، امکان بالای جایگیری Sr به جای Ca در ژپس و آهک سازندهای گچساران و میشان، در این تحقیق غلظت Sr در آب مخزن سد حاصل از تاثیرگذاری دو سازند گچساران و میشان مورد ارزیابی قرار گرفت (۶-۱۱).

جدول ۶-۱۱: برآورد غلظت استرانسیم حاصل از انحلال ژپس و آهک سازندهای گچساران و میشان بعد از آگیری از سد

تراز آب (m)			150	200	250
حجم آب مخزن * 10 ⁻⁶			516	2358	6485
مساحت سازند (m ²)	ژيپس	511644.1	1696915.6	3201083.8	
	آهک	1061236.2	5484521.7	8841152.5	
زمان ماندگاری (Day)			365	365	60
انحلال در زمان ماندگاری در هر تراز (m)	ژيپس	69.3	69.3	11.4	
	آهک	40.9	40.9	6.7	
حجم ژيپس حل شده (m ³)			35497458	117596251	36507720.5
حجم آهک حل شده (m ³)			43507288.2	224810544.4	59582298.2
Sr	جرم حل شده (gr) * 10 ⁻⁶	ژيپس	1604	351535	1650
		آهک	1353	6991	1853
	حاصل از انحلال ژيپس (gr/m ³)		3.1	2.2	0.24
	حاصل از انحلال آهک (gr/m ³)		2.6	2.9	0.2
	آب فرازبند (gr/m ³)		1.63		
	کل (gr/m ³)	ژيپس	4.73	3.83	1.87
		آهک	4.23	4.53	1.83
	غلظت در آب دريا (gr/m ³)			8	

به دلیل بالا بودن مساحت آهک در سازند میشان نسبت به مساحت ژپس در سازند گچساران ، اما حجم آهک حل شده در هر سه تراز بیش از حجم ژپس حل شده است که این افزایش حدودا بیش از

۱/۵ برابر خواهد بود. بنابراین استرانسیم حاصل از انحلال آهک در تراز ۲۰۰ متر بیشتر از استرانسیم حاصل از انحلال ژیپس است. در مورد ژیپس، بیشترین غلظت استرانسیم مربوط به تراز ۱۵۰ متری است و با افزایش تراز و کم شدن رخنمون سازند گچساران (نسبت به افزایش حجم آب)، در ترازهای بالای ۲۰۰ متری، مقدار استرانسیم کم می‌شود. در مورد آهک، همانطور که در مطالب فوق اشاره شد، از آنجا که سازند میشان در ترازهای بالاتر رخنمون بیشتری دارد، بنابراین بیشترین مقدار استرانسیم مربوط به تراز ۲۰۰ متری می‌باشد.

با مقایسه این مقادیر با استرانسیم موجود در آب دریا، دیده می‌شود که Sr حاصل از انحلال ژیپس و آهک در ترازهای ۱۵۰ و ۲۰۰ متری نصف غلظت Sr در آب دریا است.

فصل هفتم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- مقدمه

هدف از این تحقیق بررسی کیفیت آب سد گتوند علیا، بعد از آبیگری، با توجه به زمین شناسی مخزن سد بوده است. بنابراین ابتدا زمین شناسی منطقه مورد مطالعه مورد بحث و بررسی قرار گرفت. سپس مطالعاتی در رابطه با کیفیت آب در رودخانه‌ها و مخازن سدها و همچنین تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب انجام شد. در ادامه با نمونه برداری از آب موجود در فرازبند سد گتوند در سه عمق، کیفیت آب قبل از ورود به سد برآورد شد. همچنین با نمونه برداری از سازندهای مخزن سد، سازندها مورد آنالیز قرار گرفتند و با برآورد مساحت هرکدام از این سازندها در سه تراز ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ متری، با توجه به نتایج آنالیزهای ژئوشیمیایی، تاثیر پذیرترین سازند بر کیفیت آب سد پس از آبیگری مشخص گردید. در برآورد نهایی کیفیت آب غلظت نهایی آنیون‌ها، کاتیون‌ها، TDS و EC و استرانسیم در مخزن سد، پس از آبیگری برآورد شد.

۷-۲- خصوصیات کیفی آب فرازبند

با مقایسه مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های آب فرازبند با مقادیر استاندارد، سدیم با غلظت ۱۴۰/۳ میلی گرم بر لیتر بالاتر از استاندارد بوده است. همچنین با مقایسه غلظت این یونها با مقادیر موجود در سال‌های قبل (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶)، مشاهده گردید که از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ غلظت یونها یک روند افزایش را دارند. در مورد فلزات سنگین آب فرازبند، مقادیر Fe، P، Br، Al به ترتیب با غلظت‌های ۱/۵، ۰/۱۳، ۰/۱، ۱/۴ میلی گرم بر لیتر بالاتر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی هستند.

۷-۳- تاثیر شاخه‌های رودخانه کارون بر کیفیت آب فرازبند سد

با بررسی برخی از پارامترهای کیفی ۳ شاخه شور اندیکا، شور لالی و شور مرغاب، مشخص گردید که این سه شاخه حدود ۳۲ درصد از EC کل آب فرازبند سد را شامل می‌شوند. شاخه شوراندیکا بخاطر عبور از سازندهای نمکی و گچی گچساران با EC $15744 \mu\text{S/cm}$ و دبی $4/2 \text{ m}^3/\text{s}$

نسبت به دو شاخه دیگر بیشترین تاثیر را بر کیفیت آب سد خواهد داشت که این تاثیر برابر ۱۶/۵ درصد است. سپس شاخه مرغاب با ۸/۸ درصد و در نهایت شاخه شور لالی نسبت به دو شاخه دیگر کمترین تاثیر را بر کیفیت آب سد گتوند خواهد داشت که برابر ۶/۷ درصد می باشد.

۴-۷- برآورد وسعت سازندهای مخزن سد

با برآورد وسعت سازندهای مخزن سد مشخص گردید که سازندهای گچساران ۱۹/۶ درصد و میشان ۲۵/۴ درصد مساحت را در تراز ۲۰۰ متری از آب مخزن سد، دارا می باشند. بنابراین با توجه به خصوصیات ژئوشیمیایی این سازندها، غلظت یونها، عناصر و فلزات سنگین در این تراز مقادیر بالایی دارد. سازندهای آغاچاری با ۴۸/۳ درصد و بختیاری با ۲/۳ درصد، به علت جوانتر بودن، در ترازهای بالاتر رخنمون بیشتری داشته بنابراین در تراز ۲۵۰ بیشترین مساحت را دارند.

۵-۷- ژئوشیمی سازندهای مخزن سد

با بررسی ژئوشیمیایی سازندهای مخزن سد مشاهده شد که سازندهای گچساران و میشان به ترتیب بالاترین مقادیر آنیون ها و کاتیون ها را دارند. در مورد منیزیم، غلظت آن در سازند میشان بیش از گچساران است. انحلال پذیری بالای ترکیبات این سازندها مثل نمک، ژیپس و آهک، دلیل اصلی بالا بودن غلظت آنیون ها و کاتیون ها می باشد. در مورد عناصر و فلزات سنگین نیز مقادیر آلومینیوم، باریم، استرانسیم و منگنز از غلظت بالایی برخوردار هستند. وجود ترکیبات آهکی در منطقه و به دنبال آن تمایل استرانسیم و باریم در جایگزینی با Ca در شرایط قلیایی می تواند دلیلی بر بالا بودن این عناصر در منطقه مورد مطالعه باشد.

۶-۷- برآورد تاثیر سازندهای مخزن سد بر کیفیت آب

با توجه به مطالعه ژئوشیمیایی سازندهای مخزن سد، سازندهای گچساران و میشان به ترتیب بیشترین تاثیر را از نظر کیفی بر روی آب مخزن سد دارند. لذا با توجه به نرخ انحلال تشکیلات این

سازندها برآورد گردید که در تاثیرگذاری سازند گچساران وقتی آب در تراز ۱۵۰ متر قرار دارد، EC آب مخزن سد در محدوده ۴۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ قرار دارد و جزء آبهای با شوری بسیار بالا است (Very Highly Saline). در تراز ۲۰۰ متری EC آب ۲۸۸۷۲ میکروزیمنس بر سانتی متر است که مانند تراز ۱۵۰ متری، آب مخزن در رده آبهای با شوری بسیار بالا قرار دارد. در تراز ۲۵۰ متری EC به میزان قابل توجهی کاهش یافته و آب مخزن سد در این تراز در رده آبهای با شوری بالا قرار دارد.

در مورد تاثیرگذاری سازند میشان، رده بندی آب در سه تراز مشابه سازند گچساران بوده با این تفاوت که EC در تراز ۲۰۰ متری بیش از دو تراز دیگر است. در نهایت با توجه به حضور ۱۳ درصد سازند گچساران و ۱۵ درصد میشان در مخزن سد، TDS و EC کل برآورد می شود. EC کل در هر سه تراز در رده ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ قرار دارد که دارای شوری متوسط است.

با توجه به اینکه تیپ آب فرازبند سد کلرو سدیک است، نشان دهنده تاثیر بارز سازندهای گچساران و میشان مخزن سد بر کیفیت آب است. همچنین آب مخزن سد در تراز ۱۵۰ و ۲۰۰ متری در کلاس C_4S_4 قرار دارد که دارای آب با شوری بسیار بالا است و در تراز ۲۵۰ متری در کلاس C_3S_2 قرار دارد که آب در این تراز دارای شوری متوسط تا بالا است.

۷-۷- پیشنهادات

با توجه به شرایط مخزن سد، جهت بهبود در کیفیت آب پس از آبدگیری پیشنهادات زیر مطرح می گردد.

۱. پوشش دهی لایه های نمکی و ژئپسی با مواد غیر قابل نفوذ

۲. کنترل شوری شاخه های ورودی به مخزن سد

۳. آبدگیری سد در ترازهای بالاتر از ۲۰۰ متر

۴. بررسی سالیانه کیفیت آب مخزن سد پس از آبدگیری

منابع

- اعلمی، م، احمدیان، م، حسین زاده، م، (۱۳۸۷)، "تاثیر احداث سد شهید مدنی (ونیار) بر مورفولوژی رودخانه پایین دست" سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز.
- آب و نیروی ایران (۱۳۸۷) خلاصه برداشت از گزارشات
- باغداردخت، ز، (۱۳۸۴)، "ارزیابی ژئوتکنیکی ساختگاه سد تنگ شمیران با تاکید بر مساله انحلال پذیری توده سنگهای سولفات سازند گچساران" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- بهمنی، ه، گلابی، م، برومندنسب، س، (۱۳۸۷)، "مرروی بر وضع موجود تخلیه پسابهای کشاورزی و شهری به رودخانه کارون و ارائه راهکارهای مدیریتی" دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران.
- بوستانی، ف، ابراهیمی، ج، (۱۳۸۷)، "بررسی پیامدهای زیست محیطی در سدهای بزرگ مطالعه موردی کارون ۳" دومین کنفرانس ملی نیروگاههای آبی کشور. تهران
- پارسافر، ن، معروفی، ص، (۱۳۸۸)، "بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه باراندوزچای از نظر شرب و کشاورزی" دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. اصفهان.
- ثابت رفتار، ع، مصطفی پور، س، (۱۳۸۶)، "بررسی چالش ها و مشکلات ارزیابی اثرات زیست محیطی سدها" اولین کارگاه تخصصی سد و محیط زیست. تهران
- جوادی پیربازاری، س، محمدی، ک، خدادادی، ا، (۱۳۸۷)، "ارزیابی زیست محیطی سد گتوند علیا با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی" چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه تهران.
- حنیفلهو، ا، معاضد، ه، (۱۳۸۵)، "ارزیابی کیفی آب رودخانه کارون برای آبیاری محصولات کشاورزی در بازه شوشتر- اهواز" همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- حسینیان، س، موبد، پ، حسینی زارع، ن، آخوردزاده، ح، حمید، ی، سعادت، ن، کمایی، ه، (۱۳۸۵)، "طبقه بندی کیفیت رودخانه کارون و دز در بازه گتوند تا خرمشهر و دزفول تا بامدژ با استفاده از

شاخص WQI و بررسی انتروباکتریاسه‌های جدا شده در این مقطع " هفتمین سمینار بین المللی

مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.

- حسینی زارع، ن، سعادت، ن، موبد، پ، (۱۳۸۵)، " کیفیت آب سرشاخه‌های کارون و نقش و اهمیت آن در تعدیل شوری رودخانه‌ها و مسیل‌های شور طبیعی حوزه میانی " اولین همایش منطقه‌ای بهره- برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهر کرد
- خلیج امیرحسینی، ی، مسجدی، م، (۱۳۷۹)، " مطالعه و منشاء یابی عوامل موثر در تغییر کیفیت آب مخزن سد پانزده خرداد و بررسی راههای جلوگیری از آن " چهارمین کنفرانس سد سازی ایران. تهران.
- داموغ، ن، زارعی، ح، (۱۳۸۷)، " بررسی مسیرهای احتمالی فرار آب از مخزن سد گتوند علیا از طریق سازند گچساران " دوازدهمین همایش انجمن زمین ایران، مناطق نفت خیز جنوب. اهواز
- زارعی، ح، آخوندعلی، ع، (۱۳۸۵)، " بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه گتوند- شوشتر و تاثیر رود شور بر کیفیت آن " اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهر کرد.
- زارعی، ح، اژدری، ع، (۱۳۸۵)، " کیفیت شیمیایی منابع آب حوضه آبریز سد ابوالفارس و تاثیر سازند گچساران بر آن " دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. دانشگاه تربیت مدرس.
- راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ، (۱۳۸۸)، نشریه شماره ۳۱۳- الف
- سبزه‌لیزاده، س، دهقان مدیسه، س، (۱۳۸۵)، " بررسی کیفیت آب رودخانه سیمره قبل از احداث سد براساس برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی " سومین همایش ملی بحرانهای زیست محیطی ایران. تهران.
- سعادت، ن، حسینی زارع، ن، کمایی، ه، روشنفکر، ق، (۱۳۸۸)، " بررسی تاثیر رودخانه شور طبیعی دشت بزرگ و دیگر منابع آلاینده بر کیفیت رودخانه کارون در بازه گتوند تا شوشتر در خشکسالی ۸۶-۸۷ " دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. اصفهان.
- شرکت مشاوران- کایتک ۱۳۷۹. مطالعات توجیهی پروژه سد و نیروگاه آبی گتوند
- شرکت مهندسی مهتاب قدس (۱۳۸۶) خلاصه برداشت از گزارشات
- فکور، ح، نامداری، ح، (۱۳۸۱)، " تعیین عوامل شوری رود بتوند و امکان بهره‌برداری از آن " ششمین

سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. اهواز

- قدرتی، م، برهانی داریان، علیرضا، (۱۳۸۶)، "شناسایی مناطق شور و بررسی تاثیر آنها بر منابع آب حوزه آبریز با استفاده از تصاویر ماهواره" سومین کنگره ملی مهندسی عمران. تبریز.
- مظفری زاده، ج، چیت سازان، م، (۱۳۸۶)، "بررسی تاثیر سازندهای زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت گتوند" اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- مظفری زاده، ج، چیت سازان، م، (۱۳۸۵)، "تاثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب رود کارون در بازه محدوده گتوند- شوشتر" مجموعه مقالات چهاردهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران. دانشگاه بیرجند
- مر، ف، شرفی، ع، (۱۳۷۳)، "اصول ژئوشیمی" مرکز نشر دانشگاهی شیراز، ص ۳۶۵، ۱۹۷، ۱۹۸م
- نادری، م، نادری، م، (۱۳۸۳)، "بررسی اثرات زیست محیطی سدها" یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور. دانشگاه هرمزگان
- نیکونهاد، ع، معاضد، ه، (۱۳۸۵)، "ارزیابی اثرات سد مخزنی کرخه بر کیفیت آب ورودی با استفاده از مناسبترین شاخصهای کیفی آب" سومین همایش ملی بحرانهای زیست محیطی ایران. دانشگاه تهران.
- نجمایی، م، (۷۶۱۳)، "سد و محیط زیست" ص ۴-۷
- نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ از محدوده مخزن سد گتوند، شرکت مناطق نفتخیز جنوب
- نقشه توپوگرافی و زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ از مخزن سد گتوند

- Aloui, B , M, Gueddari, (2009), “Long-term water quality monitoring of the Sejnane reservoir in northeast Tunisia” *Bull Eng Geol Environ* , 68:307–316
- Balay, I, (1969), “ The occurrence of calanoid copepods in athalassic saline waters in relation to salinity and ionic proportions” *Internationale Vereinigung fur Theoretische and Angewandte Limnologie Verhandlungen* 17, 449-455
- Chen , S, Wang ,Y, Li ,X, Song, J, (2000)“ Geographical variations of trace element in sediments of the major rivers in eastern China” *Environ Geol* , 39/12:1334–40.
- Feng Peng, j, Song,y,Yuan, p,Cui, x, Qiu, g, (2009), “The remediation of heavy metals contaminated sediment” *Journal of Hazardous Materials* 161, 633–640
- Ghassemi, F, Jakeman, A, H, Nix, (1995) " Salinisation of land and water resources: human causes, extend, management and case studies", University of New South Wales Press
- Graf, W, (2006) “Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers” *Geomorphology*, 79, 336–360.
- Graf, W, (2005) “Geomorphology and American dams: The scientific, social, and economic context” *Geomorphology*, 71, 3 –26
- Hem, J, (1989), “Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water” *Book*, pp 73-150
- Htun, M, Lianfa, S, (2009), “Effect of pH and ionic strength on boron removal by RO membranes” *Desalination* 246 , 605–612
- Hoch, A, Linklater, C, Noy, D, Rodwell, W, (2004), “Modelling the interaction of hyperalkaline fluids with simplified rock mineral assemblages” *Applied Geochemistry* 19 , 1431–1451
- Hongjuan Zhai, H, Cui, B, Hu,B, Zhang, K, (2009) “Prediction of river ecological integrity after cascade hydropower dam construction on the mainstream of rivers in Longitudinal Range-Gorge Region (LRGR), China” *Ecological Engineering*,1560, 12
- Huang, W, Foo, S, (2002), “Neural network modeling of salinity variation

in Apalachicola River” Water Research 36, 356–362.

- Hoch, A, Linklater, C, Noy, D, Rodwe, W, 2004, “Modelling the interaction of hyperalkaline fluids with simplified rock mineral assemblages” Applied Geochemistry 19 , 1431–1451
- Inosako, K, Yuan, F, Miyamoto, S, (2006), “Simple methods forestimating outflow salinity from inflow and reservoir storage” Agricultural Water Management 82 , 411–420
- Karahan, S, Yurdakoç, M, Seki, Y, Yurdakoç, K, (2005), “Removal of boron from aqueous solution by clays and modified clays” Journal of Colloid and Interface Science 293 , 36–42
- Karamouz M, Mahjouri , N, Kerachian, R, (2004) “ River Water Quality Zoning: A Case Study of Karoon and Dez River System” vol.1, No.2,pp.16-27
- Kurunc,A, Yureklia, K, Okman, C, (2006) “Effects of Kilickaya Dam on concentration and load values of water quality constituents in Kelkit Stream in Turkey” Journal of Hydrology, 317 , 17–30
- Kummu, M, Varis, O, (2007), “Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River” Geomorphology 85, 275–293.
- Liu, C, Xu, L, Xian, X, (2002), “Fractal-like kinetic characteristics of rock salt dissolution in water” Physicochemical and Engineering Aspects 201 , 231–235
- Lgovic, T, Petricioli, D, Zutic, V, (1991), “ Hypoxima in a pristine stratified estuary (Krka, Adriatic Sea). Marine Chemistry 32, 347-359.
- Mating, R, Olaleye, A, O, Johanne, M, (2010), “Assessment of water quality in Mohale dam and associated rivers in Lesotho” Second Ruforum Biennial Meeting 20 - 24 September, Entebbe, Uganda
- Nielsen, D, Brock, M, Rees, G, Baldwin, D, (2003), “ Effects of increasing salinity on freshwater ecosystems in Australia” Australian Journal of Botany, 51, 655-665.
- Pendias, A, (2001), “ Trace Element in Soil and Plants “by CRC Press LLC. Chapter 6,7,8
- Popov, N and Oboldina, G, (2003), “Prediction of Water Salinity in the

Yumaguzinskoe Reservoir under Construction” Water Resources, Vol, 32, No. 2, 2005, pp. 192–199.

- Rhoades, J, Kandiah, A, Mashali, A, (1992), “The use of saline waters for crop production – FAO irrigation and drainage paper 48” Chapter 2 - Saline waters as resources. Page 1 of 6
- Sayadi, A, Khodadadi, A, Partani, S, (2009), “ Environmental Impact Assessment of Gotvand Hydro-Electric Dam on the Karoon River Using ICOLD Technique” World Academy of Science, Engineering and Technology 54
- Simon, B, (2002), “ Dissolution rates of NaCl and KCl in aqueous solution” Jurnal of Crystal Growth, Volume 52, Part2, page 789-794
- Stiller, M, Yechieli Y, Gavrieli, I, (2007), “The rate of dissolution of halite in diluted Dead Sea brines” Geological survey of Israel,page 16,17
- Stumm, w, Morgan, J, (1996), “ Aquatic chemistry: chemicalequilibria and rates in natural waters” (3rd end), John Wiley and Sons: New York, Effect of salinity on freshwater ecosystems in Australia.
- Tume, P, Bech, J, Longan, L, Tume, L, (2006), “Trace elements in natural surface soils in Sant Climent (Catalonia, Spain)” ecological engineering 27 , 145–152
- Wei, G, Yang, Z, Cui, B, Li, B, Chen, H, Bai, J, Dong, S, (2009) ” Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-Purification Capacity of the Lancang River, China” Water Resour Manage, 23:1763–1780
- Woong Chung, S, Hwan Ko, I, Kyung Kim, Y, (2008), “Effect of reservoir flushing on downstream river water quality” Journal of Environmental Management 86 , 139–147
- USGS(U.S Geological Survey), (2005), “A Simple Field Leach Test to Assess Potential Leaching of Soluble Constituents from Mine Wastes, Soils, and Other Geologic Materials.

Abstract

Gotvande Dam, Khuzestan, Iran, is the last dam on the Karoon River prior to the plain of Khuzestan. The dam currently is not filled and water filled the coffer dam. The formations in the reservoir are Aghajari, Mishan, Gachsaran, and Bakhtyari and the present research aimed at the investigation on the effects of these formations in the dam reservoir on the water quality after the filling. To achieve this goal, water samples were taken from the surface as well as 1 and 2 m depth in upstream coffer dam in order to assess the physico-chemical properties of water prior to the construction of the dam. The evaluation was based on the measurement of cations and anions and the ICP-MS tests on the water samples. Samples were also taken from the formations in the reservoir and their anions and cations were measured through two methods: saturated mud and 1:20 (soil:water) solution while the measurement of the elements and heavy metals was also performed. The surface area of the formations at the elevations of 150, 200, and 250 m and the solubility of each were calculated to predict the most effective formation on the water quality after filling the reservoir. Among the existing formations, Gachsaran and Mishan showed the highest effect due to high solubility rate of lime, salt, and gypsum structures exist in the formations. The final ECs were predicted at 9115.6, 8658.4, and 1237.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for the elevations of 150, 200, and 250 m respectively. By filling the dam and submerging the two formations, in the first year the water will be classified as high saline. Since the water in coffer dam is also chlororo-sodic, the effect of the formations on the water quality is confirmed. In elevations of 150 and 200 m, the water is predicted to be in C_4S_4 class which an indication of very high salinity but by reaching the elevation of 250 m, the class of water will be C_3S_2 or moderate to high salinity. Among the elements and heavy metals measured in the reservoir formations, strontium had the highest concentration which is justifiable according to the high correlation of this element with carbonate and sulfate environments which are widely available in lime and gypsum exist in Gachsaran and Mishan formations. The concentrations of strontium in 150, 200, and 250 m predicted to be at 4.7, 3.8, and 1.8 mg/L due to gypsum solution and 4.2, 4.5, and 1.8 mg/L due to solution of lime.

Keywords: water quality, Gachsaran formation, Mishan formation, strontium, Gotvand Dam.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

M.S.C Thesis

Assessment of water pollution in Gotvand Olia Dam with respect to
the geological characteristics of dam reservoir

Maede Hassanvand

Supervisor:

Dr.B.Dahrazma

Dr.N.Hafezi Moghadas

Adviser:

G. R. Karami

March 2011