

نقش کارست ژیبسی در انتقال آلاینده ها از سد باطله معدنی آق دره – تکاب

حمیدرضا ناصری، یعقوب نیک قوجق،

۱- عضو هیأت علمی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران ۰۹۱۲۱۵۹۴۲۸۷ h-nassery@sbu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، شرکت آب منطقه ای گلستان yaghobnick@gmail.com

چکیده

سد باطله آق دره که در ۲۳ کیلومتری شمال تکاب در استان آذربایجان غربی واقع شده است، به منظور انباشت باطله معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سد در ساختمانی احداث شده است که به علت وجود ژیبس در پی و بخش‌هایی از مخزن آن، ساختمانی ویژه از دیدگاه ژئوتکنیک و مسایل زیست محیطی است و شایسته توجه خاص می‌باشد. اگرچه تاکنون، ساختن سد روی ساختمانی ژیبسی منع نشده است، اما رفتار ژیبس در برابر آب ناشی از خاصیت انحلال آن همواره تهدید برانگیز، آسیب پذیر و هشدار دهنده بوده است. در بخش‌هایی از کف مخزن و پی سد باطله آق دره، بخش گچی سازند قم قرار دارد که ویژگی‌های کارست مجرای را دارا است. در این مطالعه با استفاده از نتایج پایش زیست محیطی سد باطله و اندازه گیری بعضی از مشخصه‌های هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی و بررسی‌های ژئوفیزیک به روش ERI، نقش بخش گچی سازند قم در انتقال آلاینده سیانیدی سد باطله آق دره مورد مطالعه قرار گرفته است. محدوده مورد بررسی از نظر زمین ساخت یک منطقه فعال است. چشمه‌ها و مجاری انحلالی کارستی در بخش گچی سازند قم نیز در راستای شکستگی‌های موجود شکل گرفته‌اند. این مجاری نقش کنترل کننده‌ای بر جهت جریان آب زیرزمینی دارند و به دلیل توسعه آنها در ژیبس‌های پی و مخزن سد و ایجاد یک آبروچاله در بخش جنوب غربی مخزن سد باطله، نشأت آلاینده به پایین دست از طریق این مجاری انحلالی صورت گرفته است و باعث ارتباط هیدرولیکی بین بخش جنوب غربی مخزن سد باطله و چشمه‌های کارستی پایین دست شده‌اند.

کلید واژه

کارست ژیبسی، انتقال آلاینده، سد باطله

سر آغاز

تسهیل جریان آب زیرزمینی و انتقال آلودگی نقش مهمی داشته باشند (Willmann, 2001). امروزه آلودگی آب زیرزمینی از طریق منابعی چون سدهای باطله معدنی یک مسأله جهانی است (Sharma, 1994). کارخانه فرآوری پلی‌متال آق دره در فاصله ۲۳ کیلومتری شمال شهر تکاب در استان آذربایجان غربی و بین طول‌های جغرافیایی ۶۸۶۸۰۰ و ۶۸۹۰۰۰ متر و عرض‌های جغرافیایی ۴۰۵۳۷۰۰ و ۴۰۵۶۰۰۰ متر در محدوده‌ای به وسعت تقریبی چهار کیلومتر مربع قرار دارد. پس از انجام مراحل فرآوری مواد معدنی در این کارخانه، پساب‌ها و باطله‌های معدنی که یکی از آلاینده‌های مهم موجود در آنها سیانور است، در داخل سد باطله که در محل احداث شده، ذخیره می‌شوند (Pouya Zarkan Agh Darreh Co., 2006). محدوده مورد مطالعه که از نهشته‌های عهد حاضر و لایه‌های سازند قم تشکیل شده است، از نظر زمین ساخت فعال

سدهای باطله معدنی (Tailing Dams) یکی از انواع سدها هستند که دارای ویژگی‌های خاص هستند و به منظور انباشت پسماندهای معدنی خطرناک و یا بی خطر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع سدها یکی از مهمترین حلقه‌های ارتباطی بین فعالیت‌های معدنی و محیط پیرامون آنها هستند که تا چندین سال پس از اتمام فعالیت‌های مذکور نیز مورد توجه هستند. بنابراین طراحی و مدیریت مناسب سدهای باطله می‌باید با ملاحظه محدودیت‌های آتی مقررات زیست محیطی صورت گیرد (Golestanifar and Bazzazi, 2010). اگر سدها بر روی سنگ آهک یا ژیبس قرار گرفته باشند، حفرات انحلالی موجود در این سنگ‌ها می‌توانند به صورت عاملی برای برقراری ارتباط هیدرولیکی بین آبهای سطحی و زیرزمینی عمل کنند و در نتیجه در

است، به طوری که نهشته‌های پلیوسن و عهد حاضر تحت تاثیر گسل‌های متعدد قرار گرفته‌اند. بررسی نقش لایه‌های گچی سازند قم در برقراری ارتباط هیدرولیکی سد باطله و چشمه‌های کارستی پایین دست، انتقال آلاینده سیانیدی و تأثیر بر رژیم هیدروژئولوژی محدوده از اهداف این مطالعه است.

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا به منظور مطالعه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و هم چنین بازدیدهای صحرایی، نقشه زمین‌شناسی محدوده با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شد.

اندازه‌گیری تراز سطح ایستابی در پیژومترهای محدوده به صورت هفتگی و اندازه‌گیری دبی تعدادی از چشمه‌های انتخابی به صورت روزانه از مهرماه ۱۳۸۴ الی بهمن ماه ۱۳۸۵ انجام شد. به منظور بررسی وضعیت هیدروشیمی محدوده سد باطله، نمونه‌برداری آب از هفت حلقه پیژومتر و یک حلقه چاه و دو دهنه چشمه در شهریور ماه ۱۳۸۵ صورت گرفت.

غلظت یون‌های عمده (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-)، Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ + K^+ ، دما، هدایت الکتریکی (EC) و pH نمونه‌های آب در آزمایشگاه شیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید بهشتی مورد سنجش قرار گرفتند (جدول شماره ۱). جهت تفسیر نتایج این اندازه‌گیری‌ها از نمودار پایپر و همچنین برخی نسبت‌های

یونی و نمایه‌های اشباع (SI) کانی‌های کلسیت، دولومیت و ژبیس استفاده شد.

هم چنین از نتایج بررسی‌های ژئوفیزیک که در محل پایین دست محور سد باطله توسط شرکت Golder Associates Ltd. انجام گرفته است، برای بدست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی زیرسطحی از گسترش کانال‌ها و غارهای ژبیزی و زون‌های درز و شکافی استفاده شد.

در بررسی‌های ژئوفیزیک، اندازه‌گیری مقاومت ظاهری در امتداد یک خط به طول ۹۵۰ متر در پایین دست محور سد باطله انجام شده است و نتایج آن به صورت مقطع مقاومت ظاهری در امتداد این خط ارائه و تفسیر شده است. اندازه‌گیری غلظت سیانید در منابع آبی محدوده سد باطله از مهرماه ۱۳۸۴ الی بهمن ماه ۱۳۸۵ به منظور پایش زیست محیطی این محدوده توسط آزمایشگاه شیمی کارخانه فرآوری پلی متال آق دره که در محل کارخانه مستقر است، صورت گرفته و نتایج آن به صورت روزانه گزارش شده است (Pouya Zarkan Agh Darreh Co., 2006).

سپس تغییرات غلظت سیانید در منابع آب محدوده در طی این دوره مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات ردیابی با استفاده از نمک طعام جهت بررسی ارتباط هیدرولیکی بین مخزن سد باطله و پایین دست آن نیز در اردیبهشت ماه ۱۳۸۵ انجام شد.

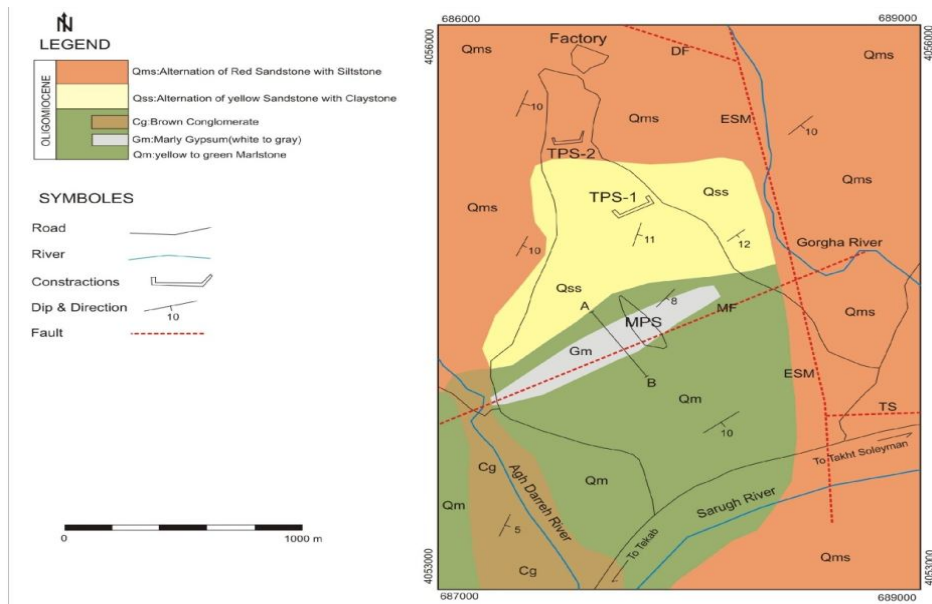
جدول شماره (۱): نتایج اندازه‌گیری برخی از پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در نمونه‌های آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه

SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	EC	pH	T	نام منبع آبی
meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	µmho/cm		(°c)	
۲۹/۱۳	۴/۷۰	۱/۸۹	۱/۸۹	۱۰/۲۶	۲۳/۷۴	۲۷۴۶	۷/۳۲	۱۲	N-3
۳۰/۰۲	۴/۴۲	۲/۲۶	۱/۴۳	۱۱/۳۸	۲۴/۰۶	۲۶۹۴	۷/۴۹	۱۲	N-4
۲/۰۲	۷/۶۸	۲/۷۶	۴/۲۰	۷/۳۰	۱/۱۲	۱۲۱۷	۷/۶۷	۱۵/۵	N-5
۰/۹۴	۵/۸۰	۲/۶۵	۰/۸۳	۶	۲/۷۲	۸۸۶	۷/۷۹	۱۳/۴	N-7
۲۸/۲۵	۵/۲۸	۳/۲۷	۲/۹۶	۱۰/۵۸	۲۳/۴۴	۲۹۰۲	۷/۴۹	۱۲	N-8
۰/۴۶	۶/۱۶	۰/۳۴	۱/۰۷	۴/۴۲	۱/۶۲	۵۹۵	۷/۷۱	۱۳/۱	N-9
۴/۷۱	۱۰/۳۶	۰/۸۷	۳/۶۰	۸/۸۶	۳/۶۴	۱۶۲۲	۷/۴۷	۱۴/۹	N-10
۰/۵۲	۵/۳۴	۰/۲۰	۰/۵۰	۴/۱۴	۱/۵۸	۵۳۵	۷/۵۶	۱۷/۲	N-11
۶/۶۸	۱۷/۴۹	۴/۱۵	۲۰/۴۸	۵/۵۸	۲/۴۲	۲۶۳۱	۷/۳۷	۱۶/۳	N-12
۰/۶۷	۶/۸۶	۰/۲۰	۱/۸۸	۴/۴۲	۱/۵۸	۶۳۶	۷/۶۶	۱۶/۲	N-14

بحث

مخزن سد باطله تا محل چشمه‌های کارستی حاشیه رودخانه آق دره دارای ژئیس‌های مارلی سفید تا خاکستری رنگ هستند. ماسه سنگ‌ها و سیلتستون‌های قهوه‌ای تیره تا قرمز، سنگ‌های غالب در بخش شمالی محدوده مورد مطالعه هستند. محدوده کارخانه و سد باطله آق دره بر روی یک ساختار چین خورده تاقدیس مانند با شیب ملایم که به سمت جنوب شرق تمایل دارد، قرار گرفته‌اند. لایه‌های سنگی محدوده، شیب ۵ الی ۱۵ درجه به سمت جنوب شرق دارند. در محدوده مورد مطالعه یک گسل با راستای تقریبی شمال شرق - جنوب غرب رخ داده است. این گسل باعث جابجایی در لایه‌های زمین شناسی شده است. همچنین در امتداد گسل یاد شده آبروچاله‌های متعددی در لایه‌های مارلی-ژئیس‌ سازند قم ایجاد شده است.

محدوده مورد مطالعه از دیدگاه زمین شناسی ایران در زون البرز و در حاشیه فلات چین خورده وسیع ایران واقع شده است. زمین شناسی ساختمانی منطقه حاصل از عملکرد دو فاز کوهزایی پرکامبرین و آلبین است (افتخار نژاد، ۱۳۵۹). زمین‌های محدوده مورد مطالعه از نهشته‌های عهد حاضر و نیز لایه‌های سازند قم به صورت رخنمون ماسه سنگ‌های قرمز تا قهوه‌ای و مارلستون‌های ژئیس‌ی زرد تا سبز، تشکیل شده‌اند (شکل شماره ۱). بخش جنوبی محدوده مورد مطالعه از مارلستون‌های سبز تا زرد رنگ با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ با ضخامت حدود ۲۰۰ متر تشکیل شده است. مخزن و بدنه سد باطله بر روی این لایه‌ها قرار گرفته‌اند. این مارلستون‌ها در برخی بخش‌های محدوده از جمله در امتداد

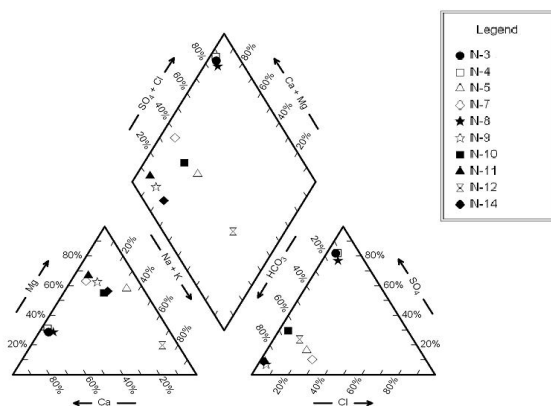


شکل شماره (۱): نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

ژئیس‌ی نیز همانند مارلستون‌های پیرامون آنها درز و شکاف دار شده‌اند. این درز و شکاف‌ها باعث تسریع انحلال ژئیس‌ها و در نهایت ایجاد مجراهایی جهت عبور آب زیرزمینی به سمت شرق شده‌اند. منابع آب در محدوده مورد مطالعه متشکل از آبهای سطحی و زیرزمینی هستند. جریان سطحی در رودخانه آق دره به صورت دائمی است. این رودخانه در مجاورت غرب محدوده مورد مطالعه جریان دارد و در مسیل آن چشمه‌های متعددی با دبی کم در سطح ظاهر شده‌اند. رودخانه گرگ‌ها نیز در مجاورت شرق محدوده قرار دارد که دارای جریان‌های فصلی است. تعدادی چشمه با دبی کم در مسیل رودخانه آق دره وجود دارند که چشمه‌های کارستی N-3

عمده این آبروچاله‌ها از نوع انحلالی و ریزشی هستند. کالافورا و بوش (Calaforra and Bosch, 2003) معتقدند که این گونه آبروچاله‌ها ناشی از فرآیند فرسایش زیرزمینی هم‌زمان با توسعه کارست در ژئیس‌های بین لایه‌ای هستند. طبق نظر برک (Birk, 2001) آبروچاله‌های یاد شده نقش برقراری ارتباط بین جریان‌های سطحی و جریان‌های کانالیزه شده زیرزمینی را دارا هستند. این آبروچاله‌ها در غرب سد باطله و در حاشیه جاده منتهی به کارخانه قابل مشاهده هستند (شکل شماره ۲). وجود حفره‌های انحلالی در برخی از پیرومترهای محدوده، نشان دهنده رخداد فرآیند انحلال در بخش تحتانی سنگ‌های ژئیس‌ی هستند. سنگ‌های

براساس نمودار پایپر، اکثر نمونه های برداشت شده دارای تیپ بی کربناته منیزیک می باشند. تیپ نمونه های N-3، N-4 و N-8 سولفات کلسیک است (شکل شماره ۴) که نشانگر انحلال کانی های ژپسی موجود در آبخوان می باشد. منشأ این کانی ها می تواند از بخش گچی سازند قم باشد که در محدوده سد باطله گسترش دارد.



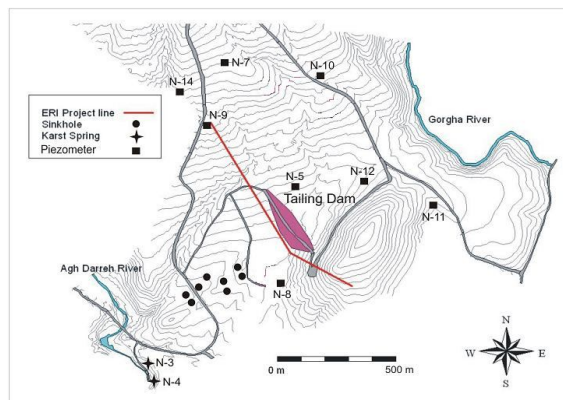
شکل شماره (۴): نمودار پایپر نمونه های آب محدوده سد باطله

در جدول شماره (۲) مقادیر محاسبه شده نمایه های اشباع کلسیت، دولومیت و ژپس و برخی نسبت های یونی در نمونه های آب زیرزمینی برداشت شده، ارائه شده است.

طبق نظر هانسلو (Hanslow, 1995) اگر مقدار نسبت $Ca/(Ca+SO_4)$ برابر $0/5$ و هم چنین مقدار نسبت HCO_3/All Anions کمتر از $0/8$ باشند، نشان دهنده انحلال کانی ژپس است. با توجه به جدول شماره (۲) اکثر نمونه آب زیرزمینی نسبت به کلسیت و دولومیت فوق اشباع و نسبت به ژپس تحت اشباع هستند.

نمایه های اشباع نمونه های N-3، N-4 و N-8 نزدیک به صفر است و به حالت اشباع از ژپس نزدیک می باشند، که نشان دهنده شدت انحلال ژپس در این نمونه ها است (Drever, 1997). مقدار نسبت های یونی نمونه های برداشت شده در محدوده پایین دست سد باطله، نشان دهنده انحلال ژپس در مجراهای کارستی این محدوده است.

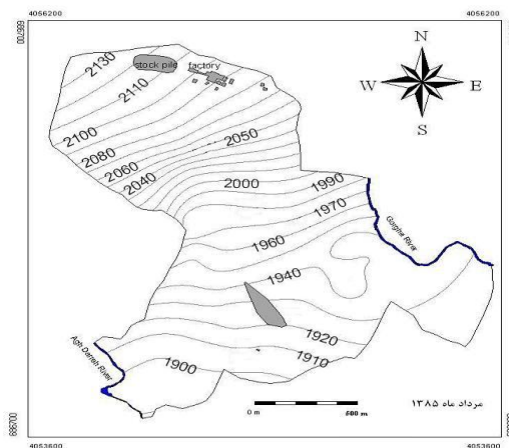
نتایج عملیات ردیابی که با استفاده از تزریق نمک طعام در پیرومتر N-12 در بخش جنوبی مخزن سد باطله انجام شد، ارتباط هیدرولیکی بین این بخش از مخزن سد باطله و چاه N-8 را تایید کرده است.



شکل شماره (۲): موقعیت چاه N-8، چشمه ها و آبروچاله ها و خط پیمایش عملیات ERI

N-4 اصلی ترین آنها هستند. بر اساس اطلاعات حاصل از حفاری بیش از ۱۰۰ گمانه پیرومتری در محدوده مورد مطالعه و نتایج حاصل از اندازه گیری تراز آب زیرزمینی، در محدوده مورد مطالعه یک لایه آبدار آزاد به صورت سیستم درز و شکاف دار تشکیل شده است که با توجه به وضعیت توپوگرافی محدوده، تغذیه این لایه تنها از طریق نزولات جوی است. بر اساس این اندازه گیری ها، جهت کلی جریان آب زیرزمینی از توپوگرافی محدوده تبعیت می نماید.

جهت کلی جریان از سمت مجموعه تأسیسات کارخانه به سمت جنوب محدوده می باشد. البته در قسمت جنوبی محدوده که لایه های کارستی شده ژپسی وجود دارند، نقش کنترل کننده ای در جهت جریان آب زیرزمینی دارند (شکل شماره ۳). نتایج اندازه گیری برخی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در نمونه های آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

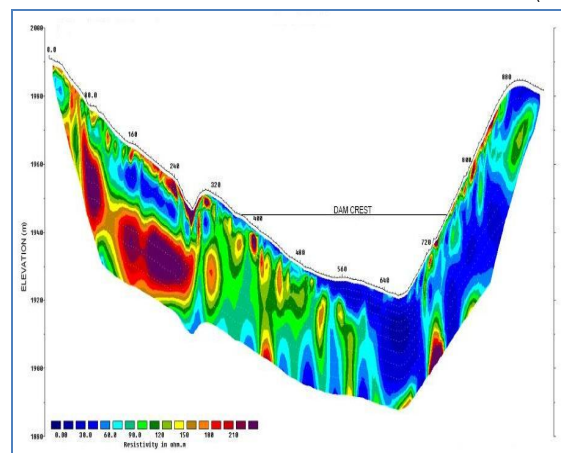


شکل شماره (۳): نقشه هم پتانسیل آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه

جدول شماره (۲): مقادیر نمایه‌های اشباع و برخی نسبت های یونی در نمونه‌های آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه

HCO ₃ ⁻ /(All Anions)	Ca ²⁺ /(Ca ²⁺ +SO ₄ ²⁻)	SIg	SIId	SIc	نمونه
۰/۱۳	۰/۴۵	-۰/۱۴	۰/۵۳	۰/۴۶	N-3
۰/۱۲	۰/۴۴	-۰/۱۳	۰/۸۵	۰/۶۰	N-4
۰/۶۲	۰/۳۶	-۲/۲۴	۰/۷۹	-۰/۰۱	N-5
۰/۶۲	۰/۷۴	-۲/۱۴	۱/۰۶	۰/۳۷	N-7
۰/۱۴	۰/۴۵	-۰/۱۶	۰/۹۷	۰/۶۸	N-8
۰/۸۹	۰/۷۸	-۲/۶۰	۰/۶۵	۰/۱۳	N-9
۰/۶۵	۰/۴	-۱/۴۵	۱/۱۱	۰/۳۶	N-10
۰/۸۸	۰/۷۵	-۲/۵۵	۰/۴۰	-۰/۰۲	N-11
۰/۶۲	۰/۱۷	-۱/۵۵	۰/۹۱	-۰/۲۶	N-12
۰/۸۹	۰/۷۰	-۲/۴۷	۰/۷۶	۰/۱۵	N-14

با توجه به بررسی‌های ژئوفیزیک به روش (Electrical Resistivity Imaging (ERI، مقاومت ظاهری به طور کلی از سمت تکیه‌گاه چپ به سمت تکیه‌گاه راست کاهش می‌یابد که می‌تواند هم به دلیل تغییرات لیتولوژی به سمت مارلستون و مواد ژیبسی باشد و هم می‌تواند به دلیل افزایش مقدار رطوبت و اشباع شدن درز و شکاف سنگ‌ها باشد. علاوه بر این، تعدادی آنومالی با مقاومت پایین در عمیق‌ترین بخش دره همان گونه که در برخی بخش‌های تکیه‌گاه راست وجود دارند، قابل مشاهده هستند. با توجه به اطلاعات زمین شناسی و حفاری‌های انجام گرفته مشخص شده است که بستر دره دارای تعدادی غار و حفره ژیبسی است (شکل شماره ۵).



شکل شماره (۵): مقطع عرضی مقاومت الکتریکی ظاهری به موازات محور سد باطله در پایین دست آن (Golder Associates Ltd., 2005)

اگر این حفرات دارای هوا باشند، انتظار می‌رود که آنومالی با مقاومت بالا را نشان دهند (Sumanovac and Weisser, 2001)، اما آنومالی‌های مشاهده شده با مقاومت‌های پایین در عمیق‌ترین بخش دره نشان می‌دهند که حفرات در شرایط کنونی به عنوان مجرای عبور آبهای زیرزمینی عمل می‌کنند. آنومالی‌های با مقاومت کم در یال سمت راست هم چنین می‌توانند ناشی از گسترش درز و شکاف‌های کوچک در مارلستون‌ها باشند که اشباع از آب هستند.

افزایش گرادیان هیدرولیکی ناشی از انباشت باطله در مخزن سد می‌تواند باعث نشست آب از طریق حفرات و درز و شکاف های موجود که تا پایین دست سد ادامه یافته اند، شود. تحت چنین شرایطی فرایند طبیعی کارستی شدن شدت یافته و در نتیجه افزایش نشست آب، ایمنی سد را به خطر می‌اندازد (Romanov, et al., 2003). اولین نشست مایع سیانیدی از مخزن سد باطله به صورت یک سطح نشست در مارلستون‌های پایین دست سد باطله و در تراز ۱۹۲۲ متر مشاهده شده است. در آن زمان تراز مواد باطله در داخل مخزن برابر ۱۹۳۴ متر بوده است. بر اثر این نشست، آلودگی آب چشمه‌های N-3 و N-4 در حاشیه رودخانه آق دره که در ارتفاع تقریبی ۱۸۶۵ متر و با فاصله تقریبی ۴۵۰ متر نسبت به سد باطله قرار دارند، گزارش شده است. دلیل این نشست، ایجاد یک آبروچاله به طور ناگهانی در گوشه جنوب غربی مخزن باطله در ارتفاع ۱۹۳۱ متری بوده است (شکل شماره ۶). در پی‌زومتر N-8 نیز نشست آب با

مقدار آلودگی مشابه با باطله ها در تراز ۱۸۹۳ متری گزارش شده است که نشان دهنده یک ارتباط مستقیم است. براساس نتایج پایش



شکل شماره (۶): آبرو چاله ایجاد شده در بخش جنوب غربی

مخزن

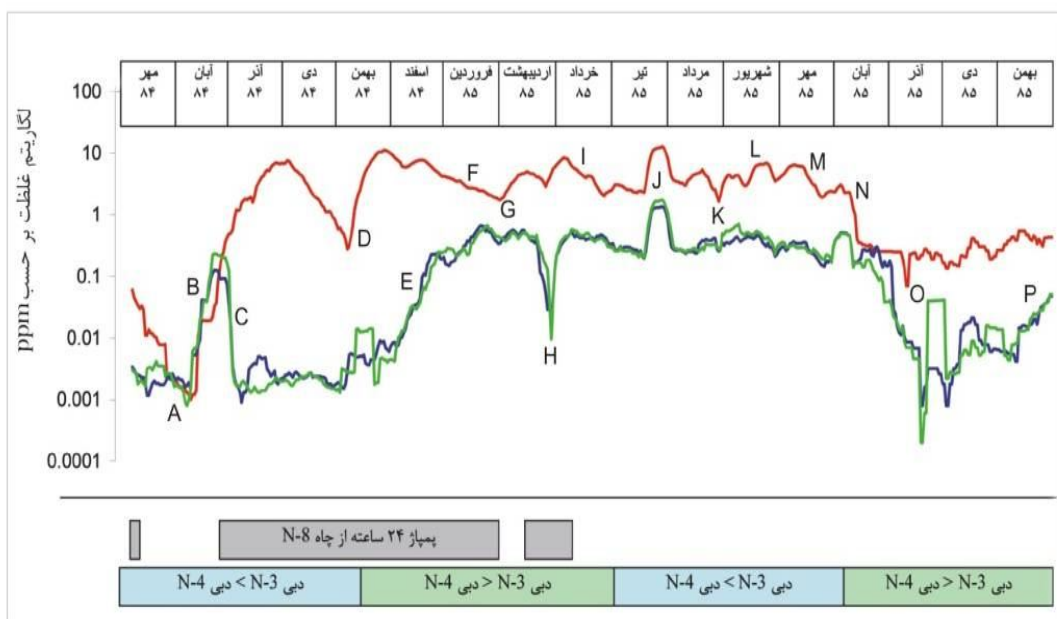
زیست محیطی محدوده، به غیر از چاه N-8 و چشمه‌های کارستی N-4 و N-3 سایر منابع آبی محدوده مورد مطالعه هیچ‌گونه آلودگی نشان نداده‌اند. به منظور بررسی تغییرات غلظت سیانید در این سه منبع آب، نمودار تغییرات غلظت سیانید چاه N-8 و چشمه های N-4 و N-3 برحسب زمان به صورت یک نمودار خطی ترسیم گردیده است.

با توجه به اختلاف زیاد بین مقادیر غلظت چاه N-8 و مقادیر غلظت چشمه‌ها، محور عمودی این نمودار به صورت لگاریتمی در نظر گرفته شد تا مقادیر اندازه گیری شده به راحتی قابل مقایسه و تفسیر باشند (شکل شماره ۷).

در این نمودار برای مشخص کردن دوره خشک و تر سال از مقایسه دبی چشمه‌های کارستی N-3 و N-4 استفاده شده است، به طوری که با توجه به شرایط هیدروژئولوژی محدوده مورد مطالعه، بیشتر بودن دبی چشمه N-3 نسبت به دبی چشمه N-4 بیان گر دوره خشک سال است.

بر اساس این نمودار در دوره خشک سال هنگامی که پمپاژ از چاه N-8 صورت نمی‌گیرد، غلظت سیانید در این چاه و چشمه‌های کارستی N-3 و N-4 مشابه هم است و مقادیر کمی دارند (شکل شماره ۷- بخش A).

تخلیه باطله به بخش جنوب غرب مخزن سد باطله، چه در دوره خشک و چه در دوره تر سال باعث افزایش غلظت سیانید چاه N-8 و چشمه‌های پایین دست می‌شود (شکل شماره ۷، بخش های A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P). این وضعیت نشان می‌دهد که بخش جنوب غربی مخزن، پتانسیل لازم برای نفوذ مایع سیانیدی باطله را دارا است.



شکل شماره (۷): تغییرات غلظت سیانید در چاه N-8 و چشمه های N-3 و N-4 در پایین دست سد باطله

ژئوفیزیک به روش ERI که در راستای پاشنه پایین دست محور سد باطله انجام شده است، مقادیر مقاومت ظاهری بطور کلی از سمت تکیه گاه شمالی به سمت تکیه گاه جنوبی کاهش می‌یابد. این وضعیت می‌تواند هم به دلیل تغییر لیتولوژی از ماسه سنگ به مارلستون و مواد ژیبسی و هم به دلیل افزایش رطوبت و اشباع شدن درز و شکاف سنگ‌ها باشد. آنومالی‌های با مقاومت ظاهری پایین در عمیق‌ترین بخش دره بیان گر وجود حفرات انحلالی است که بعنوان مجرای عبور آب زیرزمینی عمل می‌کنند. با توجه به بررسی‌های انجام شده، چشمه‌های N-3 و N-4 دارای منشأ واحد هستند. آب این چشمه‌ها از مسیر کانال انحلالی منتهی به محدوده چاه N-8 تامین می‌شود. بر اساس اندازه‌گیری غلظت سیانید در چاه N-8 و چشمه‌های N-3 و N-4 که از مهر ماه ۱۳۸۴ الی بهمن ماه ۱۳۸۵ انجام شده است، می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط هیدرولیکی بین بخش جنوب غربی مخزن سد باطله و چاه N-8 و هم چنین چشمه‌های N-3 و N-4 وجود دارد.

پمپاژ از چاه N-8 در دوره خشک سال می‌تواند باعث کاهش غلظت سیانید چشمه‌های کارستی N-3 و N-4 شود ولی افت سطح ایستابی ناشی از این پمپاژ باعث افزایش گرادیان هیدرولیکی به سمت چاه N-8 و در نتیجه افزایش نرخ ورود مایع سیانیدی به این چاه می‌شود (شکل شماره ۷، بخش C). در دوره تر سال با نفوذ آبهای ناشی از بارش (برف) و افزایش گرادیان هیدرولیکی در پشت سد باطله، حجم آب عبوری از محدوده چاه N-8 افزایش می‌یابد، به طوری که پمپاژ از این چاه قادر به تخلیه کامل این مقدار آب نمی‌باشد و در نتیجه غلظت سیانید چشمه‌ها افزایش می‌یابد (شکل شماره ۷، بخش‌های P, E).

نتیجه‌گیری

گسترش سیستم کارست در سنگ‌های ژیبسی محدوده مخزن باطله نقش کنترل‌کننده‌ای بر جهت جریان آب زیرزمینی دارد. جهت کلی جریان آب زیرزمینی از سمت مجموعه تاسیسات کارخانه به سمت جنوب غرب محدوده است. بر اساس نتایج مطالعات

منابع مورد استفاده

افتخارنژاد، جمشید. ۱۳۵۹. تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، ص ۱۹-۲۸.

Birk, S. 2001, Characterization of Karst flow systems by an integrated modeling approach- simulations of long-term aquifer genesis and short term transport processes examined at gypsum aquifers, Ph.D. thesis, University of Tuebingen.

Calaforra, J. M. and A.P., Bosch. 2003. Evolution of the gypsum Karst of Sorbas (SE Spain), Geomorphology, Vol. 50, pp. 173-180.

Drever, J.I. 1997. The Geochemistry of Natural Waters, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, 436p.
Faravari Poua Zarkan Agh Darreh, 2004, Evaluation on Iran PZA Gold Mine Tailing Pile.

Golder Associates Ltd., 2005, Final report on Pouya Zarkan Agh Darreh gold project design detailed tailing management facility.

Golestanifar, M. and A.A., Bazzazi. 2010. TISS: a decision framework for tailing impoundment site selection, Environmental earth science, Vol. 61, pp. 1505-1513.

Hanslow, A.W. 1995. Water Quality Data: Analysis and Interpretation, LEWIS Publishers.

Pouya Zarkan Agh Darreh Co., 2006, Environmental reports (for the period 2004-2006).

Romanov, D., F., Gabrovec, and W., Dreybrodt. 2003. Dam sites in soluble rocks: a model of increasing leakage by dissolutional widening of fractures beneath a dam, Engineering Geology, Vol. 70, pp. 17-35.

Sharma,R.S. .1994. Some Aspects of liquefaction of tailing dams, Masters thesis, Imperial College of Science,Technology & Medicine, University of London.

Sumanovac,F. , M.,Weisser .2001. Evaluation of resistivity and seismic methods for hydrogeological mapping in karst terrains, Journal of Applied Geophysics,Vol. 47,pp. 13-28.

Willmann,M. 2001. A modeling study on void evolution beneath a dam in a gypsum environment with the example of Horsetooth dam, Colorado", Masters thesis at the chair of applied Geology, University of Tübingen.