Archive of SID

حفره فروکش کارستی در اختیار آباد – شمال باختری کرمان

نوشته : دکتر احمد عباس نژاد *

Karst Sinkhole in Ekhtiarabad , NW Kerman

By:Ahmad Abbasnezhad*

چکیده

حفره فروکش (Sinkhole) اختیارآباد در دهم تیرماه ۱۳۷۷، به طور ناگهانی در ۱۴ کیلومتری شمال باختری شهرکرمان ومجاور روستایی با همین نام به وجود آمد . چگونگی تشکیل آن از نظربررسی امکان وجود غارهای زیرزمینی در منطقه و شناسایی آنها حائز اهمیت است . دراین رابطه ، اظهارنظرهای مختلفی نظیر انحلال سنگهای تبخیری ، انحلال سنگ آهک و فرسایش وحمل ماسه های ریزدانه در زیرزمین ارائه شده است . به منظور رفع این وضعیت سردرگم وتعیین سازوکار تشکیل آن ، ضمن معرفی شرایط زمین شناختی و زمین آب شناختی منطقه ، از روش هیدروژئوشیمیایی ومحاسبه نسبت اکی والانی حاصل جمع غلظت کلرور سولفات به بی کربنات (به عنوان نمایه انحلال سنگهای تبخیری) درآبهای زیرزمینی و تهیه نقشه مربوطه استفاده گردید . این نسبت درمحدوده نزدیک به حفره در حد ۴۳ بوده وبا دور شدن از آن کاهش می یابد وبه کمتر از ۵ می رسد.

لذا ، این نسبت وشواهد دیگر، نظیر نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی ، وجود سنگهای تبخیری درستون چینه شناسی منطقه ونزدیکی به معدن گچ ، همگی مؤید فروکش کردن غارهای حاصل از انحلال سنگهای تبخیری می باشند . نوع سنگ تبخیری احتمالا" گچ است . افت شدید سطح آبهای زیرزمینی ، حرکت وسایل نقلیه ، تشدید انحلال سنگ در اثر پمپاژ آبهای زیرزمینی و آبیاری از عوامل بالقوه مؤثر درناپایدار شدن سقف غار و ریزش درنظر گرفته می شوند.

واژهای کلیدی: حفره فروکش ، اختیار آباد، کرمان، ایران .

Abstract

Ekhtiarabad sinkhole which is located 14 km NW of Kerman , near a homonymus Village , appeared suddenly in July the first, 1998. Mechamism of formation of the cave system which created the hole is of great importance for detecting suspected subterranean caves in the region .In this regard , several ideas have been put forward ,namely,dissolution of evaporites , dissolution of limestone ,and mechanical wash-out of fine sands (piping). To resolve this problem , geologic and hydrogeologic conditions of the region were analysed , and a hydrogeochemical approach ,based upon evaporite dissolution index , was proved to be efficient .The index is over 40 in the vicinity of the hole ,but decreases abruptly away from it to less than 5, indicating dissolution of evaporites , which seem to be gypsum . Some other clues ,such as electrical conductivity of groundwaters ,evaporitic facies of Neogen sediments , and a nearby gypsum mine all increase this possibility .Several mechanisms; as decline in groundwater level, trrafics , and enhanced disssolution induced by pumping groundwat
ers are suspected as collapsed triggers.

Kaywords: Karst sinkhole, Ekhtiarabad, piping, Kerman, Iran.

مقدمه

حفره اختیارآباد که دردهم تیرماه ۱۳۷۷، به طور ناگهانی به صورت فروکش کردن زمین به وجود آمد ، در ۱۴ کیلومتری شمال باختری شهر کرمان ، به فاصله حدود ۴۰۰ متری اختیارآباد (۲۰۰ متری سمت راست جاده) دریک باغ پسته واقع شده است (شکل ۱) .

www.SID.ir

Archive of SID

این پدیده در دشت صاف وهموار رسی (پلایای کرمان) تشکیل شده وقطر وژرفای آن به ترتیب ۳۵ و ۲۰ متر می باشند (شکل ۲).

حفره فروکش اختیار آباد، درابتدا دریاچه ای با ژرفای حدود ۹ بوده، ولی به دلیل افت تدریجی سطح آب ، درتیرماه ۱۳۷۸ ، بستر آن کاملا" خشک شد . شیب میانگین دیواره این چاله ریزشی، حدود ۸۵ درجه و به سمت داخل حفره بوده ومواد تشکیل دهندهٔ دیواره به طور عمده، از جنس رس وســـیلتهای کفه ای می باشند . بنابراین ، جنس رسوبهای تشکیل دهنده دیواره نوع عامل ایجاد حفره را مشخص نمی سازد .

خاطر نشان می سازد این پدیده که در فروچاله (Sinkhole) نامیده میشود در منطقه کرمان به چاله اختیار آباد معروف است ، ولی از آنجا که کمیته کارست وسازند های سخت کشور(۱۳۷۳) اصطلاح حفره فروکش را معادل آن در نظر گرفته است ، لذا دراین مقاله نیز به همین ترتیب نامگذاری شد .

منطقه تشکیل حفره اختیارآباد از نظر زمین شناسی توسط هوکریده و همکاران (Huckriede et al,1962)، جوکوویچ و همکاران (Djokovic et al,1972) و قاجار (Kajar,1996) مطالعه شده است. مطالعات آبهای زیرزمینی آن بوسیله مهندسین مشاور سیترا (CITRA,1965) ، مهندسین مشاور راکشاب (۱۳۵۷) ، شرکت سهامی آب منطقه أی کرمان (۱۳۶۳) ، مهندسین مشاور مهاب قدس (۱۳۷۰) ، دفتر مطالعات منابع آب کرمان (۱۳۷۳) ومهندسین مشاور کوانتا (؟) صورت گرفته است . کاوشهای ژئوالکتریکی منطقه توسط کمپانی جنرال ژئوفیزیک (C.G.G) در سال ۱۹۶۵ انجام یافته است .

اولین اظهار نظر کتبی درمورد نحوه تشکیل حفره اختیارآباد توسط ناظم زاده شعاعی (۱۳۷۷) درروزنامه محلی « کرمان امروز » ارائه شده است. نامبرده تشکیل آن را به علت انحلال سنگهای تبخیری اعلام نموده و افت سطح آبهای زیرزمینی را درریزش سقف غار وتشکیل حفره مؤثر دانسته است . نیکدل (۱۳۷۷) ، عطاپور (۱۳۷۹) وعطاپور و آفتابی (۱۳۷۹) این حفره را ناشی از انحلال سنگ آهک درنظر گرفته اند . پدرامی وانصاری (۱۳۷۷) فرسایش وحمل ماسه های ریزدانه به بخشهای تحتانی دشت اختیارآباد – زرند را عامل تشکیل این حفره اعلام نموده اند . البته این نظریه قابل توجیه نبوده وپدرامی وانصاری (۱۳۷۷) نیز برای آن توجیهی ارائه نکرده اند . به همین دلیل دراینجا مردود درنظر گرفته می شود . ناظم زاده شعاعی (؟) دلایل مردود بودن آن را اعلام نموده است . پس نظریات باقیمانده شامل انحلال سنگهای تبخیری وانحلال سنگ آهک می باشند . دراین مقاله به این موضوع که انحلال کدامیک باعث بوجودآمدن این حفره شده پرداخته می شود .

یادآور می شود که در بدو تشکیل حفره شایعاتی درمورد ریزش قنات نیز مطرح گردید ، ولی با توجه به اینکه هیچگونه قناتی دقیقا" از آن محل نمی‌گذرد و ریزش قنات نمی تواند چنین حفره بزرگی را ایجاد کند ، این مکانیسم مورد توجه کارشناسان قرارنگرفت.

به منظور مشخص شدن علت بوجود آمدن حفره ، علاوه بر بررسی گزارشها و اطلاعات موجود در زمینه زمین شناسی و زمین آب شناسی منطقه و بازدید های صحرائی ، از آب ۱۶ حلقه چاههای اطراف نیز نمونه برداری شد. تجزیه شیمیایی نمونه ها برای تعیین مقدار کاتیونها و آنیونهای اصلی در آزمایشگاه شیمی آب سازمان آب منطقه أی کرمان صورت گرفت. سپس نسبت هم ظرفیتی (Equivalancy) حاصل جمع غلظت آنیونهای کلروسولفات بر آنیون بیکربنات (به عنوان نمایه انحلال سنگهای تبخیری) در نمونه ها محاسبه و نقشه مربوطه ترسیم گردید. در پایان با توجه به این نقشه و مشخصات زمین آب شناسی و زمین شناسی منطقه ، نحوه تشکیل حفره مورد بررسی قرار گرفت.

پس این مطالعه برای تعیین جنس سنگهای حل شده در زیرزمین که در نهایت منجر به تشکیل حفره شده اند انجام گرفته است . این موضوع از نظر بررسی احتمال وجود غارهای پنهان وتشکیل پدیده های مشابه دراین منطقه حائز اهمیت است ، زیرا که علاوه بر روستای اختیارآباد وشهرک هوانیروز، فرودگاه و شهرکرمان نیز در نزدیکی آن قراردارند .

زمین شناسی منطقه

دشت کرمان – اختیارآباد – زنگی آباد یک چاله زمین ساختی از نوع گرابن فشاری (Compressional Graben) است ، به گونه ای که در اثر حرکت گسلهای معکوس موجود در مرز کوه ودشت ، و بالارفتن کوهستان ایجاد شده است . مرز کوه ودشت درمنطقه اختیارآباد گسلی است ونقشه ژئومغناطیس هوائی منطقه (Yousefi and Friedberg) چنین گسلی را نشان می دهد .

شکل ۳ نقشه زمین شناسی منطقه زنگی آباد – اختیارآباد است . براساس آن ، محدوده اطراف حفره فروکش اختیارآباد از رسوبات عهد حاضر تشکیل شده است . سن احتمالی رسوبات دیواره آن نیز پلیوکواترنر درنظر گرفته می شود . شکل ۴ مقطع زمین شناسی منطقه را نشان می دهد . با توجه به مطالعات جوکوویچ وهمکاران (Djokovic et al,1972) واحدهای چینه ای این منطقه عبارتند از :

۱- پرکامبرین : دراین منطقه سری مراد ، به سن پرکامبرین ، از ماسه سنگ وسیلت سنگ تشکیل شده است . این سری در ۵ کیلومتری شمالغرب اختیارآباد رخنمون دارد . قاعده آن مشخص نیست و ضخامت بخش برونزده آن بیش از ۵۰۰ متراست .

۲- اینفراکامبرین : درکوهستان مشرف به اختیارآباد سری ریز وبا ۲۵ متر برش کوارتزی ، کنگلومرای با سیمان آهکی وماسه سنگ شروع می‌شود و به سمت بالا به ۲۰۰ متر ماسه سنگ با لایه بندی خوب ودارای

www.SID.ir

Archive of SID

لایه های مارن ماسه ای تبدیل می شود که خود توسط توفهای اسیدی دارای کمی گدازه پوشیده می گردد. توفهای اسیدی نیز توسط واحدی به ضخامت ۱۰۰ متر و متشکل از ماسه سنگ توفی با لایه بندی خوب و دارای کمی مارن و کنگلومرا پوشیده شده اند . بالاترین قسمت سری ریز وشامل سنگهایی نظیر ریولیت ، گرانوفیر وگرانیت پرفیری است ورخنمونی از آنها در ۴ کیلومتری شمالغرب اختیار آباد به چشم می خورد . سن سری ریز و اینفراکامبرین درنظرگرفته شده است .

۳- پالئوزوئیک : گسترش واحدهای پالئوزوئیک نیز درشمالغرب اختیارآباد قابل ملاحظه بوده وشامل سنگهای متعلق به اردویسین ، سیلورین و دونین – کربنیفر می باشند . دراین منطقه اردویسین از مرمر توده ای ، گابرو ، دیوریت ومرمر لایه لایه تشکیل شده است .

رسوبهای سیلورین شامل کنگلومرا ، ماسه سنگ ، شیل ، آهک ودولومیت می باشند. رخنمونهایی از سنگ آهکها و دولومیتهای دونین فوقانی – کربنیفر زیرین در کوهستانهای باختر منطقه وجود دارد.

۴- مزوزوئیک : درکوهستانهای باختراختیارآباد واحدهای سنگی هرسه دوره تریاس ، ژوراسیک وکرتاسه دیده می شوند که از این میان سهم کرتاسه بیشتر است . آهکهای مارنی ، شیل ها وکوارتزیت های تریاس و ژوراسیک زیرین (لیاس) درمحدوده کوچکی در دره رودخانه پوزه کوه (نزدیکی روستای هنوج) درزیر ماسه سنگها ، شیلها و گرایواک‌های ژوراسیک میانی وفوقانی قراردارند .

واحدهای سنگی کرتاسه ، علاوه بر عنبلوئیه (۵ کیلومتری جنوب اختیارآباد) ، در ۷ کیلومتری شرق زنگی آباد نیز به چشم می خورند . کرتاسه با سریهای قاعده ای ، متشکل از سنگهای تخریبی ومارن آهکی (به سن آلبین) ، شروع شده وبه آهکهای ریفی ختم می گردد . گسترش آهکهای ریفی کرتاسه بسیار زیاد بوده ومقاوم ترین ومرتفع ترین سنگهای منطقه را تشکیل می دهند .

۵- ترشیری : با توجه به گسترش سازند کنگلومرای کرمان دراین ناحیه ، درپایان کرتاسه حرکات کوهزائی موجب عقب نشینی دریا وتشکیل رشته کوههای مختلف وچاله های تکتونیکی بین آنها شده است . در چاله ها سنگهای تبخیری وقرمز رنگ رسوب کرده اند .

دراین منطقه سنگهای ترشیری از مارن ، گچ ، کنگلومرا ، برش ، ماسه سنگ ورس تشکیل شده وسن آنها نئوژن است (Djokovic et al,1972) . گچهای نئوژن در۲۰ کیلومتری باختر اختیارآباد به عنوان معدن گچ استخروئیه مورد استفاده قرارمی گیرند . براساس مطالعات قاجار (Kajar,1996) وحفاریهای اکتشافی انجام شده توسط مهندسین مشاور سیترا (CITRA,1965) وجود سنگهای تبخیری نئوژن دربستر دشت کرمان به اثبات رسیده است .

۶- کواترنر : درمنطقه اختیارآباد کواترنر از آبرفتهای دانه درشت ، رسها وسیلتهای کفه ای وماسه های بادی تشکیل شده است .

با توجه به آنچه که درارتباط با چینه شناسی این منطقه ذکرشد ، نتیجه گرفته می شود که واحدهای سنگی آهکی متعدد ونیز سنگهای تبخیری نئوژن که می توانند کارست تشکیل دهند ، هردو نوع ، دراین منطقه وجود دارند .

زمین آب شناسی منطقه

باتوجه به مطالعات ژئوالکتریک انجام یافته در دشت کرمان توسط شرکت جنرال ژئوفیزیک (C.G.G.1965) مقاومت الکتریکی رسوبهای موجود دردشت کم است وبنابراین آنها ازنوع رسوبهای ریزدانه رسی – مارنی ویا آبرفتهای درشت دانه دارای آب شور می باشند سن رسوبهای سطحی کواترنر بوده وبتدریج به سمت ژرفا به میوپلیوسن می رسد .

در بعضی از مناطق لایه هایی از سنگهای تبخیری در میان رسوبهای میوپلیوسن منطقه بچشم می خورد . این نهشته ها روی سنگهای کهن تر (بطور عمده آهکهای کرتاسه یا شیل وماسه سنگهای ژوراسیک) قراردارند . مقاومت الکتریکی رسوبها درمحدوده حفره ۴ اهم متراست که مبین بالا بودن سهم املاح محلول در آب داخل رسوبها می باشد . دراین محل سنگ کف مقاوم (احتمالا" آهک کرتاسه) در عمق حدود ۱۶۰ متر قراردارد .

نقشه تراز سطح آبهای زیرزمینی منطقه (شکل ۵) گویای جریان آبهای زیرزمینی به سمت شمال – شمال باختری است . منبع اصلی تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت کرمان آبهای نفوذی کوهستانهای خاور و جنوب دشت می باشند . برپایه شکل ۵ در محدوده مخروط افکنه نسبتا" بزرگ اختیارآباد که حفره درنزدیکی آن قراردارد ، سفره آب زیرزمینی از طریق جریانهای نفوذی کوهستان بادامو نیز تغذیه می شود . به علت گسلی بودن تماس کوه با دشت ، این جریانها به راحتی درسنگهای حل شونده موجود در زیر رسوبهای رسی نفوذ کرده و باانحلال آنها موجب گسترش غارهای انحلالی شده اند . تعدادی از چاههایی که در محدوده مخروط افکنه اختیارآباد حفر شده اند . پس از عبور از آبرفتها به غارهایی برخورد کرده اند (نیکدل، ۱۳۷۷) .

نحوه تشکیل چاله

درشکل ۶ نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی منطقه اختیارآباد را نشان می دهد . با توجه به آن ، مقدار نمکهای موجود در آبهای زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

در محدوده اطراف حفره فروکش، به طورغیرعادی بالاست . آشکار است که حل شدن سنگهای با انحلال پذیری بالا (سنگهای تبخیری) می‌تواند عامل چنین وضعیتی باشد . چرا که به علت پائین بودن انحلال پذیری سنگ آهک نسبت به سنگهای تبخیری ، انحلال سنگ آهک نمی‌تواند دراین حد، نمک آبهای زیرزمینی را افزایش دهد .

درجدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی آبهای برداشتی از چاههای اطراف حفره آورده شده است . با توجه به آن ، غلظت آنیونهای کلرورسولفات (ناشی از حل شدن سنگهای تبخیری) بسیار بیشتر از غلظت آنیون بی کربنات است . درستون آخر جدول، نسبت هم ظرفیتی حاصل جمع آنیونهای کلرورسولفات به آنیون بیکربنات ارائه شده وبرمبنای این ارقام نقشه مربوطه (شکل ۷) رسم شده است . باتوجه به این نقشه ، نسبت فوق در نزدیکی حفره بسیار بالاست وبه بیش از ۴۰ نیز می‌رسد ، ولی به سمت اطراف بشدت کاهش می یابد .

هماهنگی بسیارخوبی که بین منحنی ها با موقعیت حفره وجود دارد، مؤید حل شدن سنگهای تبخیری در زیرزمین ، تشکیل غار وریزش سقف آن است . یاد آوری می شود که حل شدن سنگهای آهکی باعث افزایش غلظت بیکربنات وانحلال سنگهای تبخیری موجب افزایش غلظت کلروسولفات در آبهای زیرزمینی می شود .

چنانچه سنگهای تبخیری حل شونده مخلوطی از گچ ونمک باشند ، با توجه به حلالیت بسیارزیاد نمک نسبت به گچ ، غلظت آنیون کلر در مقایسه با سولفات بسیار بالاتر خواهد بود ، بطوری که آب تماس یافته با سنگ کاملا" شور وغیر قابل استفاده می شود . براساس جدول ۱ چنین وضعیتی در آبهای زیرزمینی اطراف حفره فروکشی اختیارآباد دیده نمی‌شود واگرچه کیفیت آبها مناسب نیست ، ولی بگونه ای است که مورد استفاده زراعی قرار می گیرند. بنابراین ، اولا" سنگهای تبخیری حل شونده درزیرزمین احتمالا" گچ است. معدن گچ استخروئیه درنزدیکی منطقه نیز حاکی از گچی بودن سنگهای تبخیری است . درمحیطی که گچ رسوب می کند بلورهای نمک طعام نیز اغلب در میان بلورهای گچ تشکیل می‌شوند و به همین دلیل با انحلال گچ ، ودر نتیجه افزایش غلظت سولفات ، غلظت آنیون کلر نیز در آبها افزایش می یابد . درثانی ، اشباع نبودن آبهای زیرزمینی از گچ ونمک مبین توسعه نسبتا" خوب کارست درسنگهای تبخیری این محدوده می تواند باشد، زیراکه درکارست توسعه یافته به علت زیاد بودن سرعت حرکت آب وکم بودن سطح تماس ، میزان انحلال کاهش می یابد.

آبهای خروجی از کارستهای گچی اصولا" به علت حرکت نسبتا" سریع آب و عدم فرصت کافی جهت اشباع شدن، کم و بیش نسبت به گچ به صورت تحت اشباع می باشند (Ford and Williams,1989,Bogli,1980).

در سطح دنیا، اگرچه عوارض ناشی از انحلال سنگها که پدیده کارستی نامیده می شوند معمولا" در سنگهای آهکی میباشند، ولی کارستهای تبخیری (بویژه گچی) در مناطق مختلف جهان، از جمله در ایتالیا (Belloni et al ,1972 ,Quinlan ,1986 , Gustavson et al,1982), شمال کانادا (Ford and Williams,1989) ، شمال شوروی سابق (Gorbunova, 1979, Pechorkin, 1986, Pechorkin and Bolotov, 1983), خاورمیانه و شمال شرقی چین (Ford and Williams,1989) و اسپانیا (Gutierrez et al,1985) شناسایی شده اند . درکارستهای گچی روسیه و کانادا دولین (Doline) فراوان ترین نشانه است ودولینهای ریزشی کارستهای گچی فراوان تر از دولینهای ریزشی در کارستهای آهکی می‌باشند . درسطح سنگهای تبخیری گنبدهای نمکی زاگرس ایران نیز دولینهای فراوانی بچشم می‌خورند .

درعین حال چاه دریای رفسنجان ، واقع در ۷۰ کیلومتری غرب این محل، نیز یک حفره فروکشی است که در اثر انحلال گچهای نئوژن در دشت رفسنجان بوجود آمده است . (عباس نژاد ، ۱۳۷۵) . سنگهای نئوژن در ۲۰ کیلومتری غرب حفره اختیارآباد (درکوهستان بادامو) که به عنوان معدن گچ استخروئیه استخراج می شوند دارای کارنهای شیاری (Channel Karren) به طول دهها متر وعمق حدود ۰/۵ متر می باشند . میزان قابلیت انحلال گچ حدود ۳۰ برابر آهک بوده (Bogli,1980) و سرعت انحلال آن نیز بسیار زیادتر است ، زیرا که در اثر انحلال آن یونهای Ca و SO_4 تنها به طور ساده از سطح شبکه بلورین گچ رها میگردند . ولی انحلال سنگ آهک بشدت تابع فشار بخشی گاز CO_2 درآب بوده و کاملا" پیچیده است (Ford and Williams,1989) . بنابراین سرعت تشکیل کارست گچی بسیار بیشتراز کارست آهکی است .

علت ریزش سقف غار

درارتباط با علت ریزش سقف غار وتشکیل حفره فروکش اختیار آباد ذکر این نکته ضروری است که اصولا" با ادامه انحلال سنگها وافزایش وسعت غارهای زیرزمینی ، در نهایت سقف آنها ناپایدار شده وریزش خواهد کرد. ولی معمولا" عوامل تحریکی باعث فروریختن سقف ناپایدار شده می شوند که یکی از مهمترین آنها افت سطح آبهای زیرزمینی است . اگر غارهای زیرزمینی پراز آب باشند ، تحت تاثیر نیروی ارشمیدسی، وزن سنگهای تشکیل دهنده سقف کاهش یافته وپایداری آن افزایش می یابد. ولی با افت سطح آبهای زیرزمینی وکاهش نیروی شناوری ، سقف آنها ناپایدار شده وممکن است ریزش کند به منظور تعیین میزان افت سطح آبهای زیرزمینی ونقشی که این عامل احتمالا" درریزش سقف غار داشته ، از تفاضل ارقام مربوط به نقشه های عمق سطح آبهای زیرزمینی در سالهای

www.SID.ir

Archive of SID

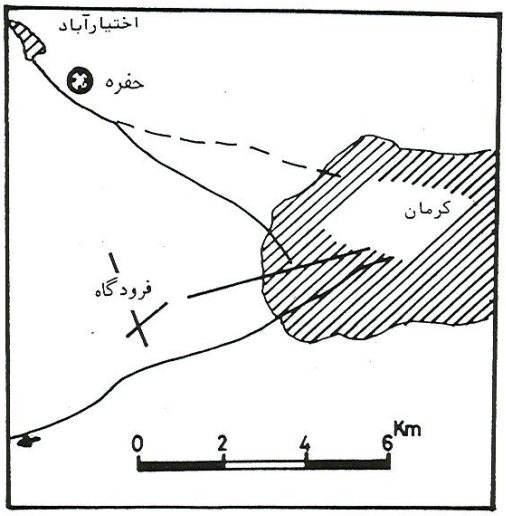
۱۳۴۳و۱۳۷۳ نقشه میزان افت سطح آبهای زیرزمینی منطقه تهیه گردید (شکل ۸) . برپایه آن ، درفاصله زمانی سی ساله فوق میزان افت سطح آبهای زیرزمینی در محدوده حفره بیش از ۲۰ متر بوده است . ممکن است تحت تاثیر مخروط افت چاههای پمپاژی درمنطقه مقدار واقعی به مراتب بیش ازاین باشد . این میزان افت می تواند نقش مهمی در ناپایداری سقف غار وریزش آن داشته باشد .

درعین حال، با توجه به وجود دهها حلقه چاه در محدوده اطراف اختیار آباد، افزایش گرادیان آبهای زیرزمینی ممکن است باعث یورش آبهای زیرزمینی اطراف وتقویت انحلال گچ شده باشد. احتمالا" وقوع زلزله های متعدد در منطقه وعبور ماشین آلات سنگین از جاده مجاور نیز در این تشدید ریزش نقش داشته اند. خاطر نشان می سازد که این حفره در لحظه عبور یک دستگاه تراکتور از آن محل تشکیل گردید. نقش آبیاری را نیز نمی توان نادیده گرفت. زیرا که آبیاری شدید هم در کاهش مقاومت رسوبات رسی سقف غار و هم در افزایش وزن سقف و ناپایدار شدن آن مؤثر فرض می شود.

نتیجه گیری

نقشه نسبت هم ظرفیتی حاصل جمع کلرورسولفات به بی‌کربنات درآبهای زیرزمینی منطقه مؤید حل شدن سنگهای تبخیری در زیرزمین ، تشکیل غار وریزش سقف آن است . نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی نیز چنین وضعیتی را نشان می دهد . همچنین ، بالا بودن میزان و سرعت انحلال گچ و وجود سنگهای تبخیری نئوژن در زیر رسوبهای کواترنر در دشت کرمان ، وجود کارست تبخیری زیر لایه ای (interstratal evaporite karst) را در ایـــن منطقه تقویت می کنند. خشک بودن منطقه ، PH بالای ۷ آبهای زیرزمینی ونیز کم بودن غلظت بی کربنات در آبهای منطقه، احتمال وجود کارست آهکی را منتفیمی سازد. لذا حفره اختیار آباد را باید یک دولین فروریزش کارست تبخیری بین لایه ای (interstratal evaporite karst collapse doline) در نظر گرفت. امکان گچی بودن این کارست تبخیری زیاد است .

افت شدید سطح آبهای زیرزمینی وتشدید انحلال سنگهای تبخیری (به علت یورش آبهای زیر زمینی اشباع نشده از گچ ونمک به سمت این محل) ونیز خیس شدن رسهای تشکیل دهنده سقف غار (به علت نفوذ آب آبیاری) وعبور ماشین ها به عنوان محرکهای بالقوه انسانی ریزش سقف غار دراین منطقه باید در نظر گرفته شوند . نقش انسان درریزش سقف غار وتشکیل حفره مشهود به نظر می رسد.

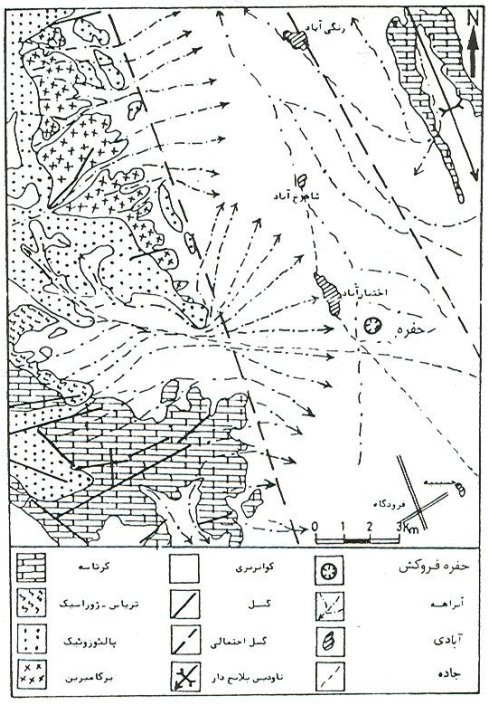


شکل۱- موقعیت جغرافیایی حفره فروکش اختیار آباد

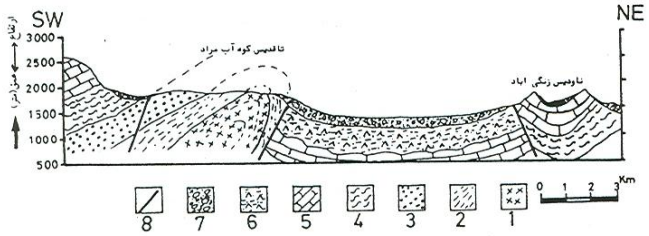
شکل ۲- تصویری از حفره اختیار آباد (عکس از محمدرضا شجاعی)

www.SID.ir

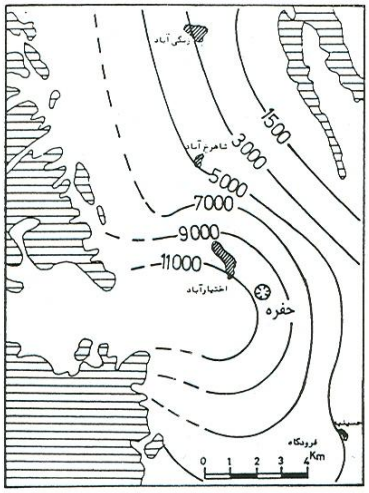
Archive of SID



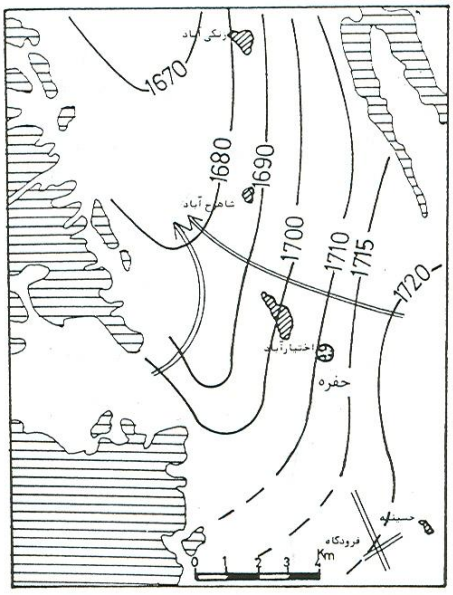
شکل ۳- نقشه زمین شناسی منطقه اختیار آباد
(نقل با تغییرات از Djokovic; 1972)



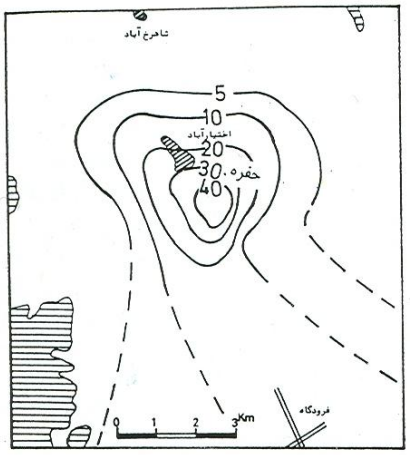
شکل ۴- مقطع زمین شناسی کوه بادامو – شرق زنگی آباد . ۱- سازند مراد،
۲- سری ریزو، ۳- پالئوزوئیک ، ۴- تریاس – ژوراسیک،
۵- کرتاسه، ۶ – نئوژن، ۷- کواترنری، ۸- گسل



شکل ۶- نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیر زمینی منطقه
اختیار آباد (ارقام بر حسب میکرومهوس بر سانتیمتر)



شکل ۵- نقشه تراز سطح آبهای زیر زمینی منطقه
اختیار آباد (ارقام بر حسب متر از سطح دریا).



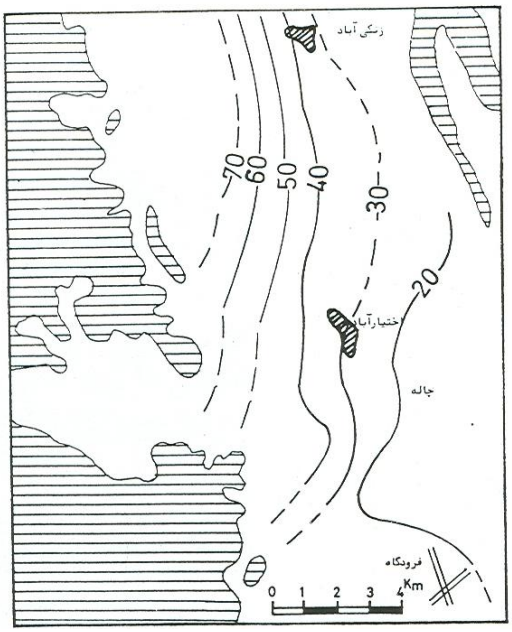
شکل ۷- نقشه مقادیر نسبت اکی والانی کلر + سولفات
بر بی کربنات در آبهای زیرزمینی منطقه اختیار آباد

www.SID.ir

Archive of SID

شماره نمونه	رسانایی الکتریکی میکرو موس بر سانتیمتر	باقیمانده خشک میلیگرم در لیتر	میلی اکسی والان در لیتر						$Cl^- + SO_4^-$ / Hco_3^-
			Cl^-	Hco_3^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Ma^{++}	Na^+	K^+	
۱	۱۳۱۰۰	۸۷۲۰	۸۵	٤/۹	۸۰/۸	۲۳	۱۷	۱۲۰	۰/٤۲	۳٤
۲	۱۰۹۲۰	۷٦٦۰	٦۷/۵	۵/۸	۵٤	۱۵	۲۳	۱۰۰	۰/۳۲	۲۱
۳	۱۱۵۰۰	۷٦۱۰	٦۰	۵/۵	۸٦/٦	۱۲	٤۷	۹۵	۰/۷۵	۲۷
٤	۱۰۰۰۰	٦٦۵۰	۷۵	۵/۸	۳۷	۳۸/۲	۳۸/۲	۷۵	۰/٤٦	۱۹
۵	۵۸٦۰	۳۸۹۰	٤٦/۳	٦/۱	۱۵/٤	۱۰	۲۱	۳۵	۰/۳۸	۱۰
٦	۵۸۲۰	۳۸٦۰	٤٦/۵	٦/۱	۱٦/۲	۱۰	۲۳	۳۵	۰/۳۹	۱۰
۷	۳٦۲۰	۲۳۹۰	۲۳/۷	۷/۹	۱۲/۱	۸	۱٦	۲۱/۲	۰/۳٤	٤/۵
۸	۱۳۱۰۰	۸۷۱۰	۷۲/۵	٤/۱	۱۰۵	۱۳	۵۹	۱۰۰	۰/۸۹	٤۳
۹	۳٦۸۰	۲٤٤۰	۲۳/۷	٤/۸	۱۷	۷	۱٦	۲۱/۸	۰/۲۵	۸
۱۰	۱٤۹۷	۹۷۰	٤/۲	۹۷۰	٤/۲	٦	۵/۷	۵/۷	--	۱/۵
۱۱	۱۵۲۵	۱۰۰۰	۵/٦	٦/۳	۵	٤/٦	۳/۲	۷	--	۱/۷
۱۲	۱٤٦۵	۹۷٦	۵/۳	٦	۵	۳/۹	۳/۹	۷/۲	--	۱/۷
۱۳	٦٦۹۰	۳٤۵۰	٤۱/۵	۱۱/۲	۲۳	۷/۸	۱٤/۲	۵۰		٦
۱٤	۱۱۱۰۰	۷٤۱۰	۸۰	۵/۹	٤۵/۹	۱۱/٤	۲٦/٦	۹٤/۳	--	۲۲
۱۵	۵۱۳۰	۳٤۱۰	۳۵/۵	۷/٦	۱٤	۹/۲	۱۳/۲	۳۲/۵	--	٦/۵
۱٦	۳۷۰۰	۲٤٦۰	۲٤/۸	۳/۳	۱۱/۵	۵	۹/۸	۲۳/۳	--	۱۱

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب های برداشتی از چاه های منطقه خیرآباد



شکل ۸- نقشه خطوط هم افت سطح آبهای زیر زمینی در دوره ۳۰ ساله ، از ۱۳۴۳ تا ۱۳۷۳ (ارقام بر حسب متر)

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

پدرامی ، م. و فرهاد انصاری ، ۱۳۷۷ – گزارش زمین شناسی در باره فروریزش زمین در شمالغرب کرمان ، سازمان زمین شناسی کشور .

دفتر مطالعات منابع آب کرمان ، ۱۳۷۳ ، گزارش مطالعات منابع آب دشت کرمان – باغین

راکشاب (مهندسین مشاور) ، ۱۳۵۷ – گزارش مرحله اول طرح تامین آب بیست ساله کرمان

شرکت سهامی آب منطقه کرمان (امور مطالعات منابع آب) ، ۱۳۶۳ – گزارش مقایسه ای وضعیت آبهای زیرزمینی دشت کرمان

عباس نژاد ، ا. ، ۱۳۷۵ – پژوهشهای ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان ، پایان نامه دکترای ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز .

عطاپور ، ح. ، ۱۳۷۸ – زمین شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدوده شهر کرمان با نگرشی ویژه به دولین اختیار آباد ، سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشور ، مدیریت شعبه کرمان .

عطاپور ، ح.، و آفتابی ، ع.، ۱۳۷۹–زمین شناسی زیست محیطی ساختارهای کارستی در محدوده شهرکرمان وخطرات احتمالی آنها ، مجموعه مقالات دیرینه شناسی وتنوع زیستی (۷-۴ خرداد ۱۳۷۸– کرمان)، سازمان حفاظت محیط زیست ، ص ۷۳–۵۵ .

کمیته کارست وسازندهای سخت شور ، ۱۳۷۳، فرهنگ چند زبانه واژه های کارست ، وزارت نیرو ، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)

کوانتا (مهندسین مشاور) (بی تاریخ) گزارش مطالعات آب وفاضلاب کرمان .

مهاب قدس (مهندسین مشاور) ، ۱۳۷۰ – گزارش مطالعات آبهای زیرزمینی دشت کرمان

ناظم زاده شعاعی ، م . ،۱۳۷۷ – دلایل زمین شناختی فروریزش زمین در اختیارآباد کرمان ، روزنامه محلی کرمان امروز (شماره ۲۳۷ مورخ ۷۷/۴/۱۴).

ناظم زاده شعاعی ، م.، (؟) ، نقدی بر گزارش زمین شناسی در باره فروریزش زمین در شمالغرب کرمان ، سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی کشور ، مدیریت کرمان

نیکدل ، ع. ۱۳۷۷– بررسی وعلل پیدایش حفره آبدار (doline) دردشت کرمان ، امور مطالعات آب منطقه أی کرمان .

References

Belloni,S.,B.Martins & G.Ormblli,1972-Karst of Italy,In :Karst :important karst regions of the northern hemisphere ,ed.by: M.Herak and V.T.Stringfield , Elsevier,Amsterdam,pp.85-128

Bogli,A.1980- karst hydrology and physical speleology ,Springer,Berlin.

CITRA,1965-Etude surle Development De L Utilisation Des Eaux Souterraines Dans La Zone De Kerman.

Compagnie Generale De Geophysique (C.G.G),1965-Etude Hydrogeologiqiue par prospection Electrique A kerman.

Djokovic , et,al.,1972-Geological map of Iran ,(1:100000),sheet 7350,Baghin.

Ford ,D.C.and P.W.Williams , 1989- karst Geomorphology and Hydrology ,Unwin Hyman London.

Gorbunova , K.A.1979-Morphology and hydrogeology of gypsum karst,University of Perm.,All Union Karst and Speleology Institute(in Russia).

Gustavson ,T.C.,W.W.Simpkins,A.Alhades and A.Hoadley,1982-Evaporite dissolution and development of karst features in the Rolling Plains of Texas Panhandle,Earth Surface Processes and Landforms , 7,pp.545-563.

Gutierrez,M.,M.,J.Ibanez,j.Rodriguez and M.A.Soriano ,1985-Quelaues exemples de karst sur gypse dans la depresson de 1'Ebre.karstologia , No.6(2).pp.29-36.

Huckriede,R.M.,M.Kursten and H.Venzlaff,1962-Zur Geologic des Gbiestes Zwischen Kerman and Sajand (Iran):Hannover Bundesanstalt fur Bodenforschung.

Kajar,M.H.,1996-The history of Kerman Basin during the Neogene and Quaternary,GSI,Regional Center for S.E.Iran(Kerman).

Pechorkin ,A.N.and G.V.Bolotov ,1983-Geodynamics of relief in karstified massife (in Russian),University of Perm.

Pechorkin,I.A.1986-Engineering geological investigations of gypsum karst , Le Grotte d'Italia 4(XII),PP.383-388.

Quinlan, J.F.,A.R.Smith and K.S.Johnson 1986 - gypsum karst and salt karst of the United States of America , Le Grotte d'Italia 4(13),PP.73-92.

Yousefi , E. and J.L.Friedberg , 1978- Aeromagnetic Map of Iran , Quadrangle No.I.10

* دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

*Shahid Bahonar University , Kerman ,Iran

www.SID.ir