

## بررسی عمق لایه آلاینده (گازدار) با استفاده از داده‌های هیدروژئوشیمیایی

### و ژئوالکتریک در دشت چهاردولی

محمد منسوری<sup>۱</sup>، سجاد فاضل توسل<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- کارشناس ارشد زمین‌شناسی (آب‌شناسی) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

#### چکیده

محدوده مورد مطالعه در جنوب شرقی شهرستان قروه و ۴۰ کیلومتری شمال غرب همدان واقع شده است. از جمله مسائل زیست محیطی که در چند سال اخیر در دشت چهاردولی پدید آمده است، معضل آلودگی منابع آب زیرزمینی به وسیله گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد. این پدیده موجب تخریب و تعطیلی چاه‌های منطقه شده که به نوبه خود مشکلات کشاورزی و معیشتی عمده‌ای را به بار آورده است. بدیهی است که ادامه این شرایط منجر به از بین رفتن آبخوان و کیفیت آب زیرزمینی در منطقه خواهد شد. از آثار آلودگی در منابع آب منطقه چهاردولی، تغییر کیفیت آب شرب منطقه است. در این پژوهش، سعی شده تا با استفاده از نتایج مطالعات هیدروژئوشیمی و ژئوالکتریک، عمق گسترش این آلودگی مشخص گردد. لذا با توجه به بررسی تغییرات فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی در توالی عمودی، تغییرات مقاومت الکتریکی لایه‌های رسوبی و مشاهدات صحرایی که در منطقه انجام شده است، عمق لایه آلاینده (گازدار) ۵۰ تا ۶۰ متر تخمین زده می‌شود.

**واژگان کلیدی:** دشت چهاردولی، گازدار شدن چاه‌ها، هیدروژئوشیمیایی، ژئوالکتریک.

#### مقدمه

چهاردولی کوچک (شهرستان اسدآباد همدان) تشکیل شده است. عمده تمرکز در این مطالعه بر روی چهاردولی بزرگ می‌باشد و قسمت کمی از چهاردولی کوچک را نیز در بر می‌گیرد. این دشت از جنوب و جنوب غرب به محدوده همدان-شهر بهار و اسدآباد، از غرب به شهر سنقر، از شمال غرب به شهر قروه و از شمال شرق به روستای گل‌تپه ختم می‌گردد.

محدوده مورد مطالعه در جنوب شرقی شهرستان قروه، ۴۰ کیلومتری شمال غرب همدان (حد فاصل طول‌های ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی) واقع شده است. مساحت حوضه آبریز در این دشت ۱۰۵۰ کیلومتر مربع است. منطقه مورد مطالعه از دو بخش چهاردولی بزرگ (شهرستان قروه کردستان) و

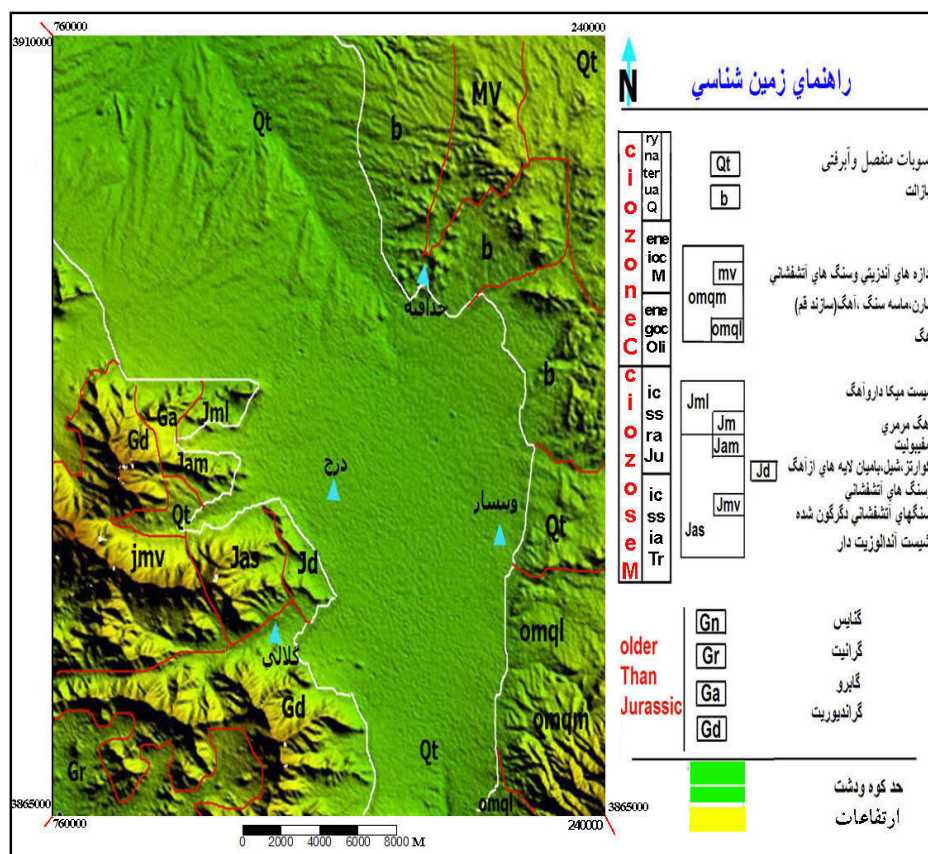
و زمین‌شناسی و اطلاعات ژئوفیزیکی عمق تقریبی لایه‌گازدار در منطقه مشخص می‌گردد [۳و ۴].

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

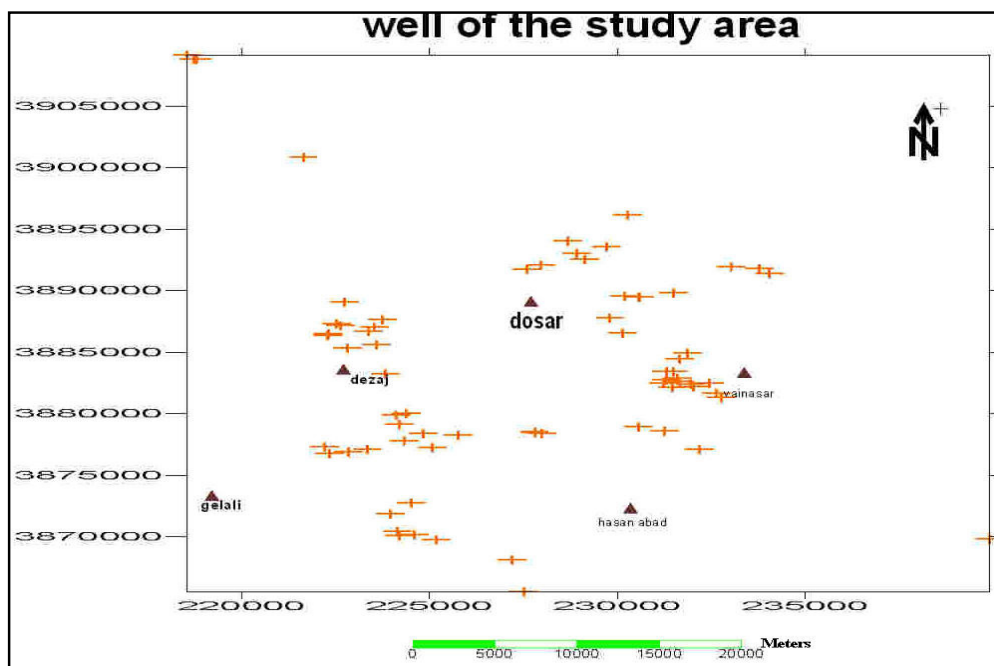
دشت چهاردولی از شمال توسط منطقه کم ارتفاعی از رسوبات کواترنری، از دشت قروه تفکیک می‌گردد. به طور کلی واحدهای سنگی محدوده اطراف دشت، شامل سنگ‌های دگرگونی تریاس، تریاس- ژوراسیک، ژوراسیک و سنگ‌های دگرگون نشده ائوسن می‌باشد. علاوه بر این بخش‌ها، توده‌های نفوذی گابرو، گابرودیوریت، دیوریت گرانودیوریت و سینیت وجود دارد. (شکل ۱)

لازم به ذکر است که جنوب‌غرب این محدوده (چهاردولی بزرگ- قروه کردستان) توسط مرز کم‌ارتفاع مورفولوژی ملایمی، از چهاردولی اسدآباد جدا می‌شود.

با توجه به اینکه اکثر چاه‌های منطقه با شدت‌های متفاوتی آلوده به گاز هستند، نمونه‌برداری از منابع و لایه‌های آبی بدون اینکه با لایه‌ها و اعماق دیگر آغشته شده باشد، امکان‌پذیر نیست و همچنین سفره‌های فوقانی و تحتانی منابع آب توسط چاه‌های حفر شده به هم مرتبط گردیده‌اند، که به نوبه خود تعیین عمق لایه اصلی منتقل‌کننده آلودگی را بسیار مشکل نموده است. بنابراین با استفاده از اطلاعات موجود همچون فاکتورهای تغییرات هیدروژئوشیمیایی



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه که واحدهای عمده سنگی بر آن تفکیک شده‌اند



شکل ۲- نقشه پراکنندگی مکانی چاه‌هایی که مورد پایش شیمیایی قرار گرفته اند

جدول ۱- گروه بندی چاه‌های نمونه برداری شده بر اساس عمق

جمع چاه‌ها	چاه‌های بدون گاز CO <sub>2</sub>		چاه‌های دارای گاز CO <sub>2</sub>		تغییرات عمق (به متر)
	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۱	۱/۵۶	۱	۰	-	کمتر از ۱۰
۵	۶/۲۵	۴	۱۳/۳۳	۱	۲۰-۱۰
۳	۴/۶۸	۳	-	-	۳۰-۲۰
۱۵	۴/۸۱	۵	۱۳/۳۳	۱۰	۴۰-۳۰
۱۹	۱۴/۰۶	۹	۱۳/۳۳	۱۰	۵۰-۴۰
۱۹	۷/۸۱	۵	۱۸/۶۶	۱۴	۶۰-۵۰
۱۲	۷/۸۱	۵	۹/۳۳	۷	۷۰-۶۰
۹	۳/۱۲	۲	۹/۳۳	۷	۸۰-۷۰
۲۰	۷/۸۱	۵	۴/۲	۱۵	۹۰-۸۰
۹	۹/۳۷	۶	۴	۳	۱۰۰-۹۰
۱	۱/۵۶	۱	۰	-	۱۱۰-۱۰۰
۲	۱/۵۶	۱	۱/۳۳	۱	۱۲۰-۱۱۰
۴	۴/۶۸	۳	۱/۳۳	۱	بالتر از ۱۲۰
۷	۵/۲۵	۴	۴	۳	چشمه
۲	۳/۱۲	۲	۰	-	قنات
۲	۰	-	۲/۶۶	۲	آب سطحی

## بحث

همچنین تعدادی چاه کم عمق گازدار نیز در جنوب دشت موجود هستند که این موضوع ضمن تأیید خاصیت محدودکنندگی لایه رسی سقف بخش گازدار، حذف این لایه را در قسمت‌های بالایی دشت نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از این مطالعات گسترش بیشتر آلودگی را از طریق لایه متخلخل موجود در عمق ۵۰ تا ۶۰ متری بیان می‌کند. این نتایج از طریق بررسی تغییرات فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی در توالی مختلف انجام گردیده است.

تغییرات مؤلفه‌های هیدروژئوشیمیایی در جهت قائم عمق برخورد با گاز و یا لایه‌هایی که بیشترین آلودگی را از نظر میزان گاز دارند، با تغییرات قائم فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی متناسب است. این تغییرات تابع میزان آلودگی با  $CO_2$  در محل گاز دار می‌باشد. جهت رسیدن به یک ایده مناسب برای تعیین عمق برخورد با گاز، از اطلاعات منابع آبی ۷۴ حلقه چاه برداشت شده استفاده شد، که از نظر عمق طبقه بندی شده و در هر طبقه میزان فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی که تابعی از میزان آلودگی هستند مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۲). به همین منظور کلیه نمونه‌های برداشت شده در گروه‌های ۱۰ و ۲۰ متری طبقه‌بندی گردید.

سپس در هر محدوده عمقی، میانگین فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی استخراج و نسبت به سایر اعماق مقایسه شده‌اند. (جدول ۱)

با توجه به اینکه لایه آزاد سطحی و لایه محصور زیرین به وسیله حفاری چاه‌های بهره‌برادری به هم مرتبط شده‌اند و این مهم تشخیص لایه هدایت کننده آلودگی را مشکل ساخته، بنابراین تلاش شده است تا از داده‌های موجود در منطقه برای تعیین عمق گسترش آلودگی استفاده شود. مطابق شواهد موجود در این مطالعه مسیر جریان آلودگی از جهت شمال، شمال غرب به سمت جنوب، جنوب شرق می‌باشد و متناسب با افت سطح آب زیرزمینی میزان گاز افزایش یافته است.

با توجه به اینکه آلودگی با گاز تاثیر مستقیم بر روی هیدروژئوشیمی منابع دارد و به طور مشخصی میزان این فاکتورها را تغییر می‌دهد، نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده در جهت عمودی مورد بررسی قرار گرفته است. این تغییرات با ویژگی‌های توالی رسوبی، یافته‌های صحرایی و گفته‌های شفاهی اهالی منطقه مورد مطالعه مقایسه شده است [۵].

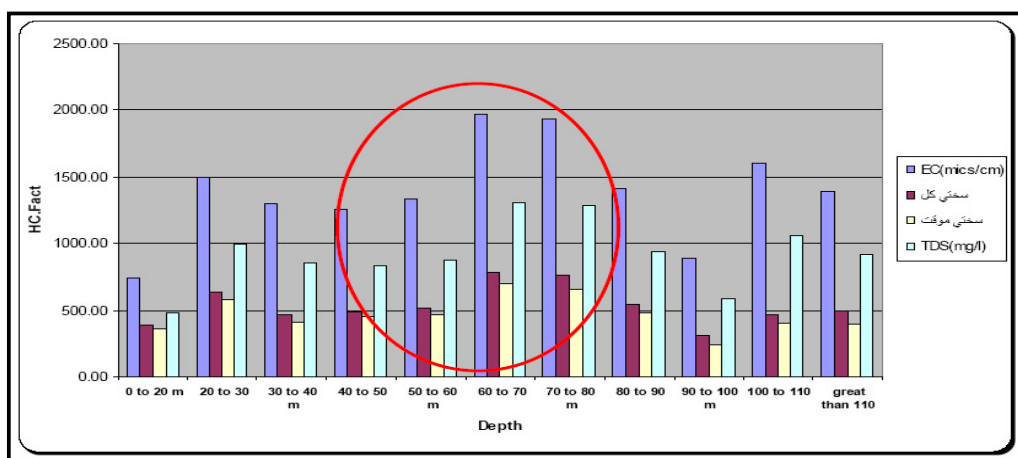
## مشاهدات صحرایی

در طی بازدیدهای متعدد صحرایی در منطقه آلوده به گاز نتایج زیر حاصل شد:

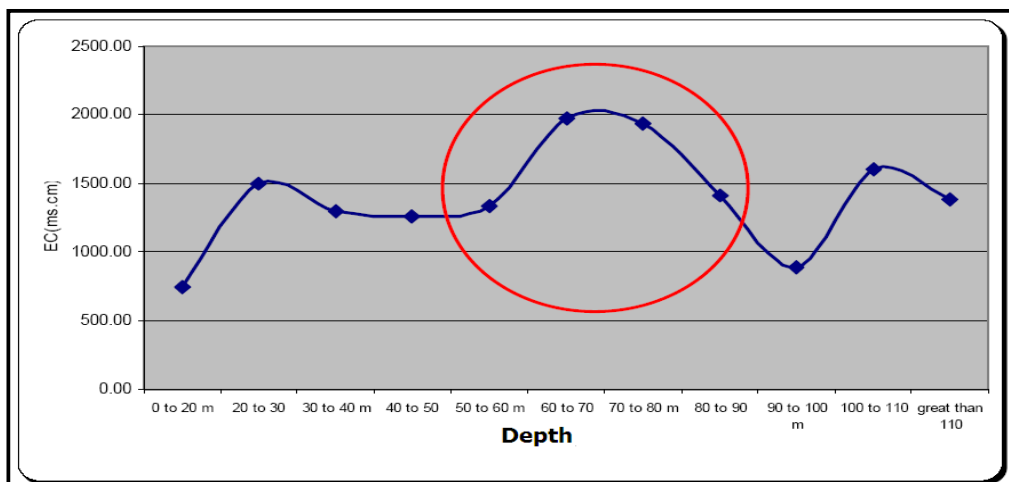
تمام چاه‌های گاز دار در منطقه که مورد بازدید قرار گرفت، پس از یک لایه دانه‌ریز سیلت و رسی گازدار شده و مزه آن تغییر کرده است. این لایه رسی که نمونه‌های آن نیز مورد بررسی قرار گرفت، رس سیلتی بوده و دارای تخلخلی است که مشخصاً در نتیجه خروج گاز شکل گرفته است. در بررسی از چاه‌های منطقه در زمان حفاری، عمق شروع آلودگی در حدود ۶۰ متر است.

مختلف می‌باشند. این دیاگرام‌ها، یک افزایش نسبی فاکتورها را در عمق بین ۵۰ تا ۸۰ متری نشان می‌دهند. با توجه به اینکه آب‌های عمقی نسبت به سطحی دارای کیفیت پائین‌تری هستند این افزایش و سپس کاهش را می‌توان نتیجه آلودگی بیشتر به گاز دانست [۲].

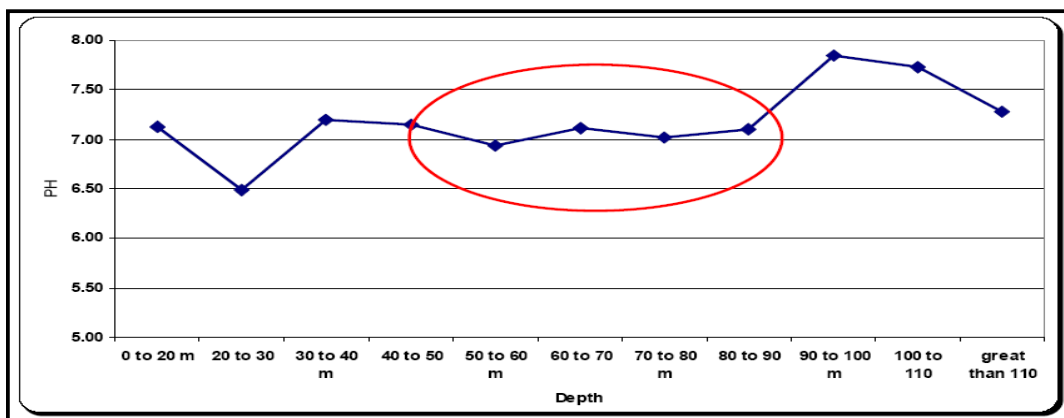
جهت سهولت مقایسه، فاکتورهایی که دارای میزان عددی نزدیک به هم هستند، در یک نمودار نمایش داده شده‌اند. این دیاگرام‌ها جهت نشان دادن سختی، هدایت و باقیمانده خشک (شکل ۳)، مقایسه میزان EC (شکل ۴)، مقایسه میزان pH (شکل ۵)، مقایسه میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها (شکل ۶ و ۷) در اعماق



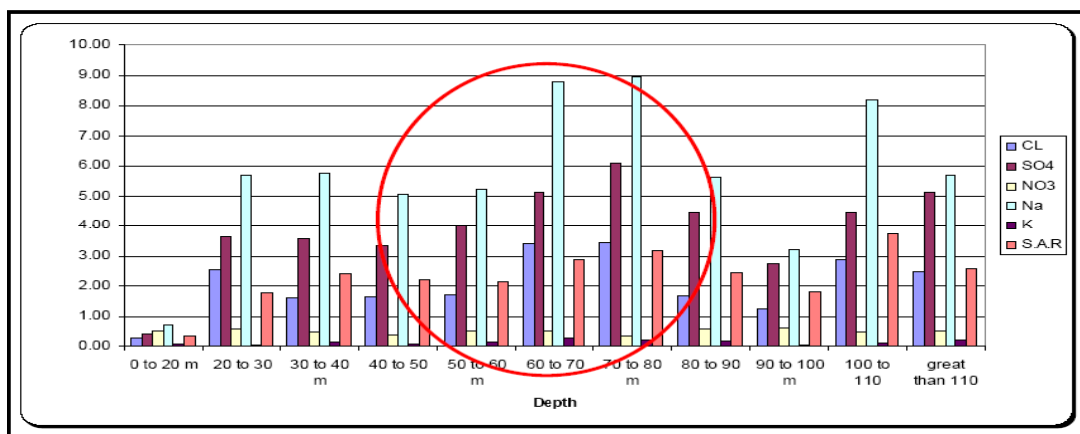
شکل ۳- سختی، هدایت و باقیمانده خشک در اعماق مختلف



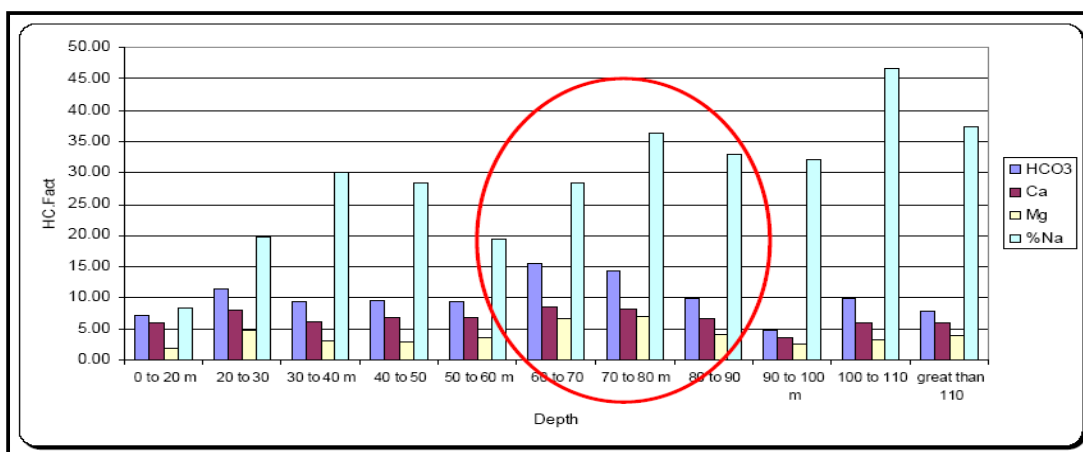
شکل ۴- مقایسه میزان EC در اعماق مختلف



شکل ۵- مقایسه میزان pH در اعماق مختلف



شکل ۶- مقایسه میزان کاتیون آنیون در اعماق مختلف

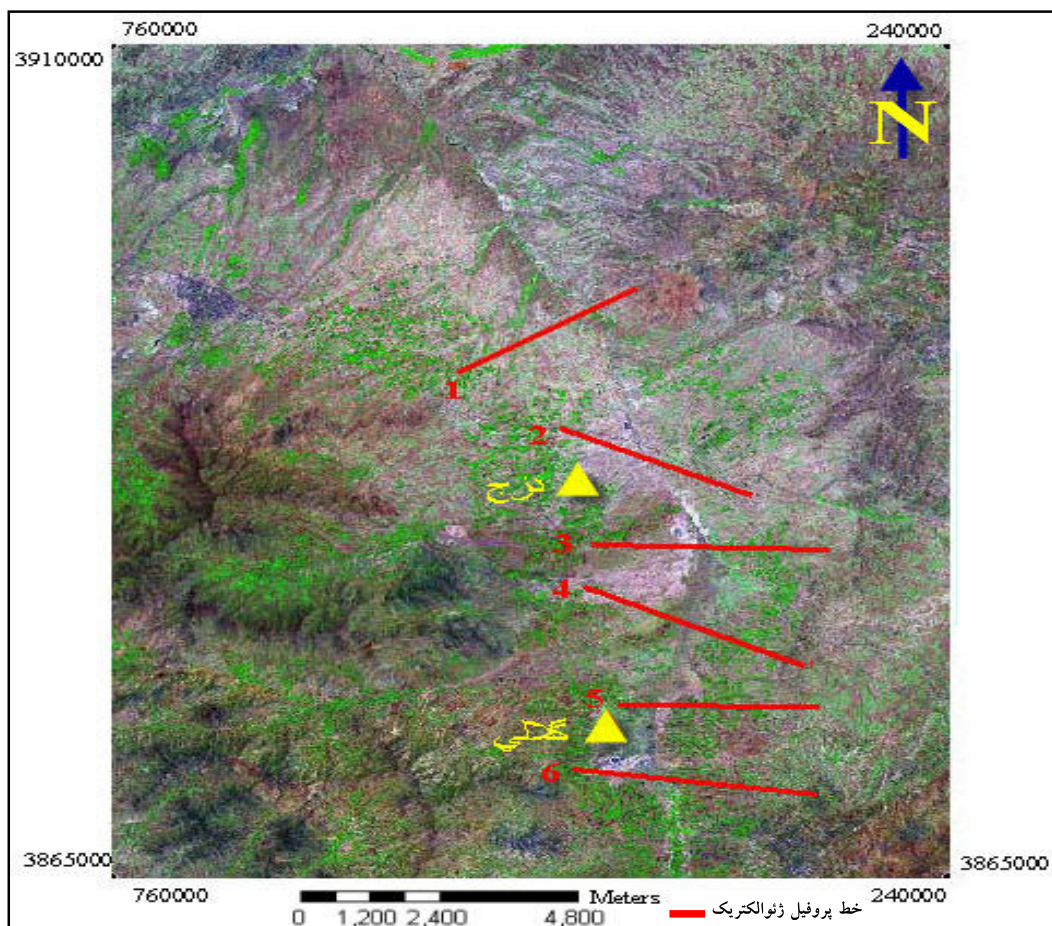


شکل ۷- مقایسه میزان کاتیون آنیون در اعماق مختلف

### بررسی وضعیت کلی رسوبات با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی

جهت بررسی وضعیت رسوبات محدوده مورد مطالعه، از داده‌های حاصل از سونداژهای ژئوالکتریک استفاده شد. در این بخش از ویژگی‌هایی مانند مقاومت الکتریکی به دست آمده از

لایه‌های مختلف رسوبات در جهت عمودی و گسترش شمالی-جنوبی و شرقی-غربی، عمق و ضخامت تقریبی آنها مشخص می‌شود (شکل ۷). برای این منظور شش پروفیل ژئوالکتریک در منطقه برداشت شد که نتایج این برداشت‌ها در ادامه آمده است.



شکل ۸- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه که پروفیل‌های ژئوالکتریک بر روی آن تفکیک شده‌اند

### پروفیل شماره ۱

این روند عمود بر جهت کلی شیب دشت و در اطراف روستاهای پلوسرکان، کمره و زنگ‌آباد ترسیم گردیده است. این مقطع تغییرات خصوصیات آبرفت‌ها را در جهت شمال شرق-جنوب غرب منطقه نشان می‌دهد.

در این پروفیل که با استفاده از مقاومت بخش‌های مختلف تفسیر شده است، می‌توان به نتایج زیر اشاره کرد:  
بخش فوقانی دارای مقاومت‌های ویژه متغیر بین ۱۰ تا ۲۵۰ اهم است، که نشان از تغییرات زیاد در

قشر سوم شامل رسوبات آبرفتی ضخیم با دانه بندی درشت و دارای حداکثر ۸۰ متر ضخامت است. این قشر از جنوب غرب به آبرفت های مخروط افکنه شرق میمنت آباد و از شرق به تشکیلات زمین شناسی اطراف گنداب سفلی منتهی می شود.

قشر چهارم و زیرین آبرفت های مذکور که بین سنگ کف و رسوبات فوقانی ضخیم و نفوذناپذیر قرار دارند، احتمالاً از جنس آبرفت های کم سیمان شده زمان پلیستوسن می باشند.

### پروفیل شماره ۳

این برش در جنوب محدوده مطالعاتی و با روند W-E در امتداد روستاهای صندوق آباد و وینسار و ارتفاعات حاشیه این روستاها تهیه شده است.

در این برش نیز لایه ها و توالی های عمودی نهشته های کواترنر به شرح زیر قابل تفسیر است:

لایه یا قشر روشن: این قشر مخلوطی از رسوبات درشت و ریز بوده و عدسی ها و لایه های متفاوت از نظر ضخامت و دانه بندی در آن دیده می شود.

لایه ی دوم بعد از قشر روشن شامل رسوبات آبرفتی نفوذناپذیر با عرضی در حدود ۱۲ کیلومتر و ضخامت بین ۴۰ تا ۵۰ متر می باشد. آبرفت های مذکور به صورت تدریجی در بخش غربی به رسوبات درشت دانه مخروط افکنه ای اطراف روستای گرم خانی متصل می شوند. این آبرفت های درشت دارای ضخامتی در حدود ۸ کیلومتر در بخش غربی منطقه هستند. روند گسترش آبرفت های مخروطی یاد شده، عمود بر گسترش آبرفت هایی است که احتمالاً در دره قدیمی با روند شمال- جنوب نهشته شده اند.

ویژگی های رسوبات دارد. بیشترین ضخامت آبرفت در ۲۰ کیلومتر میانی پروفیل شمال شرقی- جنوب غربی قرار داشته و عمقی بین ۸۰ تا ۹۵ متر دارد. بیشترین ضخامت آبرفت ها نیز به بخش مرکزی پروفیل ختم می گردد.

تغییرات مقاومت ویژه آبرفت های منطقه نشان از وجود آبرفت های مخروط افکنه ریز شونده در بخش غربی پروفیل و در امتداد دره پلوسرکان دارد. تغییرات هدایت الکتریکی و متعاقب آن ویژگی های مقاومت الکتریکی نشان از رسوبات ریز شونده به سمت پایین دست و افزایش سریع ذرات دانه [۱] ریز سلیت و رسی دارد.

### پروفیل شماره ۲

این مقطع نیز با روند NE\_SW و در بخش های میانی دشت، عمود بر روند جریان سطحی، زیرزمینی و شیب توپوگرافی تنظیم شده است. مانند مقطع اول، این مقطع نیز با استفاده از داده های مقاومت الکتریکی تفسیر شده است. نتایج حاصل از سونداژهای مقاومت وجود چهار توالی عمودی را در امتداد پروفیل ۲ نشان می دهد.

قشر روئین که دارای ضخامتی در حدود ۱۰ تا ۱۵ متر بوده و دارای مقاومت الکتریکی متغیری است.

قشر دوم شامل نهشته های تراورتن به ضخامت حداکثر ۱۵ متر است. این قشر در بخش هایی از برش های آبرفتی در آبراهه های عمیق را نشان می دهد. قشر سطحی فوق در بخش های مرتفع و کوهپایه به رسوبات مخروط افکنه ای درشت دانه تبدیل شده، که کاهش محتوای رسوبات و ذرات سلیت و رس با افزایش میانگین مقاومت آنها ظاهر شده است.



سوتبه و حسن آباد امام در اطراف این پروفیل قرار دارند. در این برش نیز مقطعی از سکناس‌های نام برده شده در برش‌های بالایی دیده می‌شود که شامل قشر روئین، قشر ضخیم میانی و لایه‌های قدیمی تر پلیستوسن می‌باشد.

#### پروفیل شماره ۶

این برش در جنوبی‌ترین بخش محدوده‌ی مطالعاتی و در مرز بین دشت چهار دولی کردستان و چهاردولی اسد آباد و به صورت شرقی- غربی در امتداد روستاهای سیاه‌گله، آهو تپه و گرگدره قرار گرفته است.

در این برش نیز علاوه بر قشر روئین متغییر، قشر ضخیمی از لایه‌های رسوبی حاصل از یک دره مدفون با امتداد S-N و با گسترش عرضی حدود ۱۰ کیلومتر و ضخامتی کمتر از پروفیل‌های قبلی مشخص و واضح است. این آبرفت از نظر موقعیت نزدیک به ارتفاعات غربی بوده و در میانه ارتفاعات قرار ندارد. تغییر مقاومت الکتریکی در غرب منطقه و حوالی دره ملادلی وجود رسوبات مخروط افکنه‌ای درشت دانه را آشکار می‌سازد که با کاهش ارتفاع و افزایش فاصله از ارتفاعات تغییرات مقاومت الکتریکی ثبت شده نشان از کاهش میانگین اندازه ذرات و افزایش محتوای دانه ریز سیلت و رس دارد. در زیر این لایه نیز لایه آبرفتی ضخیمی که امتداد گسترش لایه زیرین و مدفون دره قدیمی است، تا حدودی مشخص می‌گردد.

لایه‌ی زیرین این افق نیز ویژگی‌های آبرفت‌های درشت دانه سیمانی شده با سن احتمالی پلیستوسن و قدیم‌تر را نشان داده است.

#### پروفیل شماره ۴

این پروفیل نیز با روند کلی شرقی غربی و در حاشیه روستاهای برمه تپه، صندوق آباد و آب باریک تهیه و ترسیم شده است. در این بخش، تغییرات شرق به مرکز و غرب به مرکز پروفیل نشان از تغییرات دانه بندی به ویژه در بخش غربی دارد. در این برش نیز سه بخش مجزا قابل تفکیک است که مطابق پروفیل‌های قبلی مهمترین بخش شامل آبرفت‌های نفوذپذیر میانی است.

لایه‌ی فوقانی دارای مقاومت الکتریکی متغیر و در نتیجه ضخامت و دانه بندی متغییری از آبرفت هاست که از نظر ضخامت دارای اهمیت کمتری هستند [۱]. لایه‌ی دوم بعد از این بخش نیز که شامل آبرفت‌های ضخیم و اصلی دشت با گسترش و روند شمال- جنوب است که دارای گسترشی نزدیک به ۱۰ کیلومتر است. آبرفت‌های دره‌های غربی که غالباً از رخساره‌های مخروط افکنه‌ای هستند، این آبرفت‌ها را قطع کرده و به آن ملحق می‌شوند. همانگونه که گفته شد تغییرات مقاومت الکتریکی نشان از تغییرات میانگین اندازه ذرات از جهت غرب به شرق دارد که متعاقب آن ویژگی‌های بافتی مانند سورتینگ نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. لایه زیرین نیز شامل رسوبات نیمه سخت شده و سخت شده پلیستوسن می‌باشد.

#### پروفیل شماره ۵

این پروفیل نیز با روند شرقی غربی و عمود بر امتداد دشت تهیه شده است، که روستاهای گلالی، قادر آباد،

## نتیجه گیری

- با توجه به نتایج مشاهدات صحرایی و بررسی چاه‌های منطقه در زمان حفاری، عمق شروع آلودگی در حدود ۶۰ متر است.

- سقف لایه گازدار به وسیله لایه نازکی از رس سیلتی پوشیده شده است.

- نتایج آنالیز شیمیایی وجود آب‌های با کیفیت پایین در اعماق پایین‌تر از ۵۰ تا ۶۰ متری را نشان می‌دهد.

- بررسی‌های توالی رسوبی نیز که از لوگ‌های حفاری چاه‌های بهره‌برداری و نتایج ژئوفیزیکی حاصل شده است، وجود لایه‌های رسوبی ضخیم درشت‌دانه و نفوذناپذیر را در اعماق تقریباً بیش از ۵۰ متر در بخش مرکزی و با تغییرات جزئی در قسمت‌های دیگر دشت را تأیید می‌کند.

- در نهایت با توجه به در نظر گرفتن تمام شواهد و مطالعات، عمق لایه آلاینده (گاز CO<sub>2</sub>) طبق تغییرات فاکتورهای هیدروژئوشیمیایی در جهت قائم و اطلاعاتی ژئوفیزیکی ۵۰ تا ۶۰ متر تخمین زده می‌شود.

## منابع

- ۱- فاضل توسل، س (۱۳۸۸) بررسی علل گازدار شدن آبخوان چهاردولی و اثرات زیست‌محیطی آن، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه آزاد تهران، واحد علوم و تحقیقات، ۲۰۶ ص.
- ۲- منشوری، م، فاضل توسل، س (۱۳۸۷) بررسی عوامل و مشکلات برداشت از آبخوانها، مطالعه موردی دشت اسدآباد همدان، چهارمین همایش ملی زمین شناسی و محیط زیست اسلامشهر.
- ۳- وفایی، ه (۱۳۸۷) تشخیص لایه آلاینده با استفاده از نشانه‌های هیدروشیمیایی و ژئوالکتریک، سومین همایش مدیریت منابع آب دانشگاه تبریز. ص ۱۸۶ تا ۱۹۸
- 4-Fetter, S.W. (2001) Applied Hydrogeology, 4th ed., Prentice Hall, New jersey. 384 pp.
- 5- Todd, David Keith & Mays, Larry W. (2005) Groundwater hydrology (third edition). John Wiley and Son's INC. California, 636 pp.