

بررسی حساسیت روش ژئوالکتریک در مکان یابی مناسب سدهای زیر زمینی مناطق کویری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سامون جهر استان کرمان)

نجمه حاج سیدعلی خانی^۱، حمزه سعیدیان^۲، علیجان ابکار^۳*

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۰

مقاله پژوهشی

چکیده

امروزه استفاده از سدهای زیر زمینی به دلیل ویژگی های بارزی که دارند در مناطق مختلف سراسر دنیا در حال گسترش می باشد و این مهم در مناطق کویری به دلیل تبخیر بسیار زیاد از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. برداشت های ژئوالکتریک در محل تنگه سامون جهر در استان کرمان طی دو مرحله صورت گرفت و در مجموع تعداد ۱۹ سونداژ الکتریک با فواصل متفاوت در محدوده پروژه به انجام رسید. سپس داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار (IPI2WIN) مورد پردازش قرار گرفته و در نهایت نتایج پردازش شده تفسیر گردیده است. نتایج نشان داد با توجه به نتایج سونداژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی سنگ کف در محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می باشد عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۴/۵ متر و حداکثر ۱۷ متر اندازه گیری شده است. بر روی سنگ بستر یک لایه آبرفت رودخانه ای قرار دارد که به دو افق آبدار و خشک تقسیم می شود. البته با توجه به تغییرات افقی در رسوبگذاری رسوبات بستر رودخانه، لایه آبرفت رودخانه ای خود شامل توالی لایه هایی با دانه بندی و نفوذپذیری متفاوت می باشند که دارای گسترش محدودی می باشند. با توجه به داده های ژئوالکتریک و نیز نقشه توپوگرافی سنگ بستر محل های پیشنهادی منطبق بر مقاطع L6 و L8 برای احداث سد زیرزمینی مناسب تر می باشد.

واژه های کلیدی: بیابان، سد زیر زمینی، حوزه آبخیز سامون جهر، سنگ کف

^۱ کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و

ترویج کشاورزی، Email: n.sedalikhani@areeo.ac.ir

^۲ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. (نویسنده مسول) Email: hamzah.4900@yahoo.com

^۳ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. (نویسنده مسول) Email: a.abkar@areeo.ac.ir



مقدمه

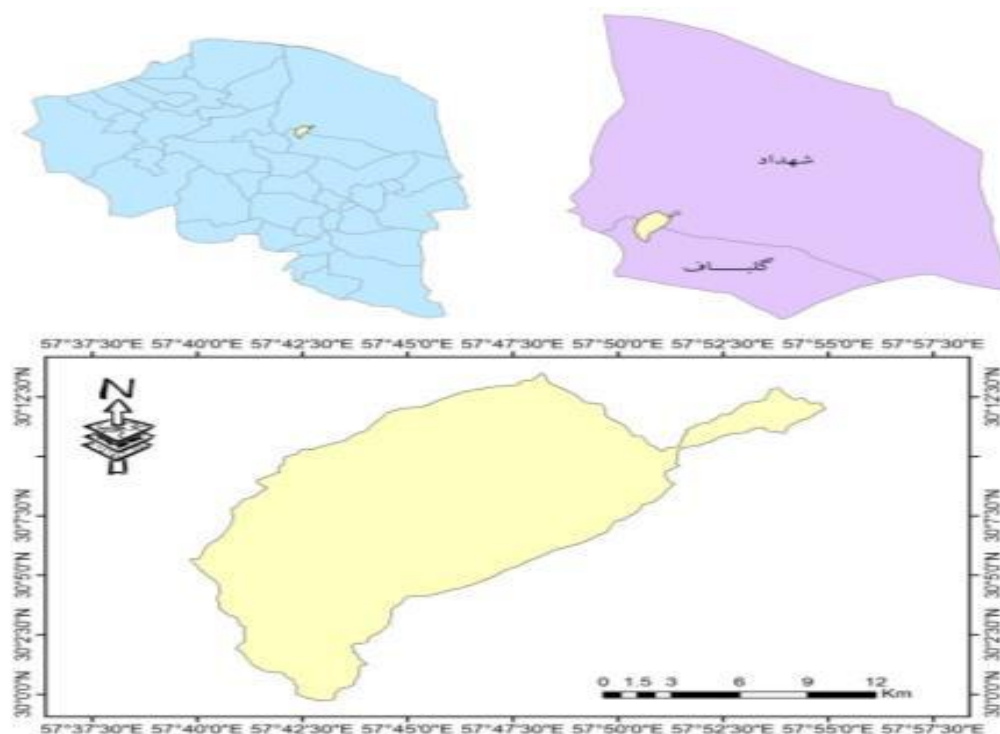
گسترده‌گی مناطق خشک در جهان، افزایش روز افزون جمعیت، توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، گرم شدن هوای کره زمین و در نتیجه تغییرات اقلیمی حاصل از آن یک سو و محدود بودن منابع قابل استفاده در جهان از سوی دیگر، تامین آب برای فعالیت‌های بشری را بیش از پیش دشوار نموده است بنابراین در دهه‌های اخیر احداث سدهای زیر زمینی جایگاه ویژه‌ای با توجه به ویژگی‌های بارز آن پیدا کرده است. امروزه احداث سدهای زیر زمینی با استفاده از فناوری‌های نوین مانند GIS و RS و مطالعات ژئوالکترونیک و مدل‌سازی‌های مختلف انجام می‌شوند که در مکان‌یابی درست سدهای زیر زمینی فوق‌العاده موثر می‌باشند. احداث سد‌های زیرزمینی علاوه بر اینکه کمک‌شایانی به جبران منابع آبی در اقلیم‌های مختلف می‌کند، برای حفظ محیط زیست نیز بسیار مفید می‌باشند و حداقل خسارت نسبت به سازه‌های آبی دیگر را برای محیط زیست به همراه دارند. یاکیرویچ و همکاران (۱۹۹۸) با مدل‌سازی و بررسی نحوه ورود آب شور دریا به سفره آب زیر زمینی به این نتیجه رسید که استفاده از سدهای زیر زمینی در این مورد مهم و ضروری است. کرداچی و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که سدهای زیر زمینی با کاهش قابل ملاحظه میزان تبخیر و حفظ محیط زیست نسبت به سدهای سطحی کارا تر می‌باشند. لاله زاری و طباطبائی (۲۰۱۵) بیان کردند که سد زیر زمینی تاثیر بسزایی در نگهداری و تامین آب در فصول خشک دارد. سان و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر احداث سد زیر زمینی وانگ در چین پرداختند و نتایج نشان داد که احداث این سد علاوه بر بهبود جریان آب زیر زمینی از نظر کیفیت و جذب مواد معدنی نیز باعث بهبود منابع آبی شده است. استان کرمان با متوسط بارندگی ۱۴۵ میلی‌متر در مقایسه با میانگین کشور و متوسط بارندگی جهان، یکی از مناطق خشک کشور و جهان محسوب می‌گردد و با توجه به کویری بودن این استان و میزان تبخیر بالای آن استفاده از سدهای زیر زمینی می‌تواند در رفع نیازی مختلف آبی استان بسیار موثر باشد که از هدف‌های اصلی این تحقیق نیز توسعه سدهای زیر زمینی در کشور به خصوص استان کرمان می‌باشد.

امروزه از روش‌های مختلفی برای حفظ و نگهداری آب به علت اهمیت بالای آن استفاده می‌شود که یکی از مهمترین این روش‌ها استفاده از سدهای زیر زمینی است که به علت کارایی مناسب استفاده از آنها روز به روز در حال گسترش می‌باشد و به کمک آنها می‌توان مدیریت منابع آبی موجود را تقویت کرده و بهره‌وری از آنها را بالا برد (Khorami et al., 2014). سدهای زیر زمینی به صورت حفر گودالی عمود بر مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی و یا بستر رودخانه ایجاد می‌شوند و جریان طبیعی آب زیر زمینی را سد کرده و باعث ایجاد ذخیره‌های آبی در زیر زمینی می‌شوند (Onder and Yilmaz, 2005). احداث سدهای زیر زمینی در همه اقلیم‌های مختلف برای تامین آب می‌تواند موثر باشد ولی در مناطق خشک که آب‌های سطحی وجود ندارد و یا خیلی کم است و آب زیر زمینی تنها منبع آب قابل دسترس می‌باشد می‌تواند اثرات موثرتر و ملموس‌تری داشته باشند و در مناطق خشک و کویری می‌توانند بهترین گزینه برای مقابله با کمبود آب شرب باشند (Tsumuro, 1998). در چنین مناطقی خشکی تبخیر در ارتباط با جریان‌های زیر سطحی به مراتب از اندازه تبخیر در آب‌های سطحی کمتر است (Jamali et al., 2014). تاریخچه استفاده از سدهای زیر زمینی در ایران و جهان قدمت‌های طولانی دارد و نسل‌های گذشته از این سازه استفاده‌های مختلفی می‌کردند و با توجه به اینکه این سازه همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان از اهمیت بالای این سازه از گذشته تا به امروز دارد و کم‌کم از حالت سازه‌های سنتی خارج شده و به صورت سازه‌های مدرن امروزی در حال ساخت در همه اقلیم‌های مختلف در دنیا می‌باشند. امروزه مطالعات مربوط به سدهای زیر زمینی مورد توجه بسیار زیاد محققان مختلف در سراسر دنیا قرار دارد و در دهه‌های اخیر توجه به منابع آب زیر زمینی یکی از گزینه‌های کلیدی بوده است (Hanson and Nilsson, 1986) و روش‌های متنوعی برای احداث سدهای زیر زمینی در تمام دنیا در حال توسعه می‌باشند. اولین سد بزرگ زیر سطحی دنیا که فن‌آوری امروزی ساخت سدهای زیر سطحی را پایه‌ریزی نمود در پاکویما کریک کالیفرنیا اجرا شد (Nilsson, 1988).

مواد و روش‌ها

مطالعه در محدوده $۵۷^{\circ} ۴۰'$ تا $۵۷^{\circ} ۵۵'$ عرض شمالی و $۲۹^{\circ} ۵۹'$ تا $۳۰^{\circ} ۱۳'$ طول شرقی قرار دارد. بیشترین ارتفاع منطقه ۲۷۲۱ متر و کمترین ارتفاع آن معادل ۴۶۳ متر از سطح دریا و متوسط وزنی ارتفاع ۱۲۳۰ متر می‌باشد. شیب عمومی منطقه به سمت شرق و بعبارتی به سمت دشت لوت می‌باشد. براساس محاسبات انجام شده شیب متوسط وزنی منطقه مورد مطالعه برابر با ۷/۷ درصد می‌باشد. بارندگی کم و تبخیر زیاد بیانگر اقلیم منطقه و خشکی آن می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوزه ناچیز بوده و مقدار آن در ارتفاع متوسط حوزه برابر ۸۸ میلی‌متر می‌باشد. دمای منطقه دارای نوسانات زیاد بوده و مقدار متوسط سالانه آن ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

حوزه آبخیز سامون چهر به مساحت ۲۴۴/۱ کیلومترمربع در حد فاصل بخش شهداد و گلباف، در شرق روستای جوشان و همچنین در جنوب روستای اندوهجرد متعلق به بخش گلباف در جنوب شرقی شهرستان کرمان واقع شده است. دسترسی به پروژه از طریق جاده آسفالته کرمان اندوهجرد به طول حدود ۱۳۰ کیلومتر و طی کردن حدود ۱۱ کیلومتر جاده اندوهجرد به آبادی چهر امکان پذیر است که حدود ۴ کیلومتر از جاده دسترسی به این آبادی خاکی می‌باشد. آبادی چهر در جنوب شرقی اندوهجرد قرار دارد و دارای ۴۸۷ نفر جمعیت می‌باشد. منطقه مورد



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمان

میکروموس می‌باشد. این گزینه فاقد جاده دسترسی بوده و دسترسی به آن از میان رودخانه و به سختی امکان پذیر است. همچنین وجود پوشش گیاهی انبوه شامل درختان گز، کهور و نیز نی در بخشی از محل گزینه باعث محدودیت در انجام عملیات ژئوالکتریک گردیده است. عرض تنگه در محل پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی حدود یکصد و چهل متر است و بدلیل ایجاد مائندر و انحنای مسیر

ویژگی‌های مکان پیشنهادی سد زیرزمینی

تنگه سامون چهر در فاصله حدود ۷ کیلومتری شمال شرقی آبادی چهر قرار دارد و در حقیقت محل خروجی زهکش حوزه آبخیز دشت چهر به سمت کویر لوت می‌باشد که جریان زیر قشری در برخی نقاط تنگه به صورت چشمه بیرون زده‌اند براساس بررسی‌های انجام شده هدایت الکتریکی آب این چشمه‌ها حدود ۲۷۰۰ تا ۳۰۰۰



این اراضی به کشت آبی مطالعات بخش خاک بسیار ضروری و بایستی در اولویت برنامه ریزی قرار گیرد.

پوشش گیاهی منطقه

از آنجایی که منطقه مورد مطالعه جزء مناطق بیابانی می‌باشد، بنابراین در مورد تعیین ویژگی‌های مناطق بیابانی باید بر این باور باشیم که واژه بیابان از دیدگاه طبقه‌بندی رستنی‌های جهان در کنار سایر تیپ‌های پوشش گیاهی قرار می‌گیرد. در واقع بیابان یک زیستگاه است. بنابراین ملاحظه می‌شود که اکوسیستم بیابان با مفهوم پوشش گیاهی از ابتدا توسط گیاه‌شناسان و بوم‌شناسان به کار رفته است. استقرار پوشش گیاهی به صورت پراکنده، خیلی پراکنده و یا زمین‌های بدون پوشش گیاهی و همچنین محدود بودن یا فصلی بودن پوشش گیاهی و استقرار پوشش گیاهی خاص با توجه به شرایط آب و هوایی از یک طرف و وجود املاح و نمک، از مهم‌ترین شرایطی است که مخصوص این مناطق می‌باشد.

اندازه گیری مقاومت ویژه

برداشت‌های ژئوالکتریک در محل تنگه سامون جهر طی دو مرحله صورت گرفت و در مجموع تعداد ۱۹ سونداژ الکتریک با فواصل متفاوت در محدوده پروژه به انجام رسید بطوری که بتوان حداقل مقاطع عرضی و طولی مورد نیاز را ترسیم نمود با توجه به اینکه حداقل عمق مورد نیاز جهت بررسی ۱۵ متر اعلام گردیده بود بنابراین فاصله الکترودهای جریان بین ۸۰ تا ۱۰۰ متر انتخاب گردید تا بتوان حداقل به عمق نفوذ ۲۰ متر دست یافت. شایان ذکر است وجود پوشش گیاهی انبوه شامل درختان گز، کهور و نیز نی در بخشی از منطقه باعث محدودیت در انجام کار گردید. گفتنی است تعیین مقاومت ویژه به روش سونداژ زنی و با استفاده از آرایه شلومبرژه انجام گردیده به طوری که همزمان با ارسال جریان الکتریکی مستقیم به الکترودهای جریان، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین الکترودهای پتانسیل اندازه‌گیری شده است. دستگاهی که برای این مطالعات استفاده شده دستگاه Syscal R2 ساخت کشور فرانسه به همراه سایر تجهیزات مربوطه می‌باشد در این دستگاه پتانسیل خودزای زمین قبل از ارسال جریان

رودخانه در قوس داخلی یا ساحل شمالی تراس آبرفتی ایجاد گردیده که از بستر رودخانه بین ۲ تا ۴ متر ارتفاع دارد و آثار حفر یک رشته قنات بر روی این تراس آبرفتی مشاهده می‌گردد که در بالادست رودخانه را قطع کرده است. بر این اساس عرض بستر رودخانه در محل پیشنهادی حدود ۱۰۰ متر و عرض تراس آبرفتی حدود ۴۰ متر می‌باشد. ارتفاع گزینه پیشنهادی نیز حدود ۴۸۰ متر از سطح دریا است. آثار فعالیت کشاورزی و آثار کانال آب‌بر از سنوات قدیم و درختان کهنسال مشهود می‌باشد.

خاکشناسی منطقه

اراضی منتهی به محل پیشنهادی سد زیرزمینی عمدتاً متشکل از آبرفت‌های رودخانه‌ای و دشت‌های سیلابی است که این اراضی نسبتاً مسطح و در بعضی نواحی همراه با پستی و بلندی‌های کم و در بعضی نواحی همراه با افزایش و رسوب‌گذاری بادی می‌باشد. این اراضی متشکل از خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق و بافت متغییر و از سبک تا سنگین می‌باشند. قسمت اعظم این اراضی بسیار شور و بابر است و در بعضی از قسمت‌ها درختان گز و بوته‌های مقاوم به شوری چون خارشتر و علف شور و در بعضی از قطعات زراعت آبی مثل جو، گندم و یونجه و محدوده‌هایی از اراضی رها شده کشت آبی مشاهده می‌شوند. خاک‌های این اراضی بدون سنگریزه تا میزان سنگریزه در حد متوسط می‌باشند، اسیددیده این خاک‌ها از ۷/۵ تا ۸/۵ متغییر است، مقدار آهک این خاک‌ها از ۱۵ تا ۳۰ درصد و میزان شوری این خاک‌ها در حد متوسط تا خیلی زیاد و فاقد مواد آلی یا مواد آلی این خاک‌ها ناچیز می‌باشد. از محدودیت‌های اصلی این اراضی می‌توان به شوری و قلیائت خاک اشاره نمود. بنابراین برای توسعه اراضی جهت استفاده کشت آبی پس از تأمین منابع آبی توسط سد زیرزمینی پیشنهادی بایستی محدودیت اصلی شوری و قلیائت خاک را مورد توجه و بررسی قرار داد و پیشنهاد اصلی جهت بهره‌وری و توسعه کشت آبی در این خاک‌ها را می‌توان به انتخاب الگوی کشت مقاوم و سازگار به شوری و کم آبی، در دستور کار قرار داد. لازم بذکر است اطلاعات فوق الذکر در حد پیش‌شناخت خاک‌های منطقه است. لذا برای برنامه‌ریزی و تغییر کاربری

گردید و اصلاحات لازم اعمال شد. شاخص های تعیین محور مناسب برای احداث بند زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت می باشد، که ابتدا عوامل تأثیر گذار در شناسایی محدوده های مناسب احداث بند زیرزمینی بررسی گردید. به طوری که در آغاز نقشه های پایه شامل زمین شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه گردید و در محیط نرم افزاری ArcGIS از طریق منطق بولین باهم تلفیق گردید.

مشخص می شود که حاصل اندازه گیری بدست آمده مقدار خواهد بود نتیجه اینکه ضریب هندسی k با بعد متر بدست می آید. سپس داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار (IPI2WIN) مورد پردازش قرار گرفته و در نهایت نتایج پردازش شده تفسیر گردیده است. معمولاً به منظور تدقیق بررسیهای ژئوالکترونیک، نتایج حاصل با داده های منتج از دیگر روشهای مطالعه همچون ژئوتکنیک مقایسه و کنترل می گردد در مطالعات حاضر نیز نتایج سونداژها با مقاطع حفاری ژئوتکنیک (گمانه های ۳ و ۴ و ۵) مقایسه و کالیبره



شکل (۲): تصویر هوایی موقعیت سونداژها در محدوده مطالعاتی

تأیید کند دیده نمی شود و به نظر می رسد به علت کمی بارش در مناطق پایین دست رودخانه دامنه ها چندان آبدار نباشند. در بعضی قسمت های دشتی حوزه سامون جهر گونه هایی از قبیل دگ که غنچه آن ارزش اقتصادی دارد دیده می شود. در قسمت های مرتفعتر گونه های درمنه به چشم می خورد. از دیگر گونه های گیاهی موجود در منطقه میتوان به انواع گز و گونه های شورپسند اشاره نمود. اما در مجموع پوشش منطقه فقیر و کمتر از ۵ درصد می باشد. اما در بعضی نقاط از بستر آبراهه ها بخصوص مناطقی که محل تقاطع رسوبات دوران چهارم با لایه رسی پوشش گیاهی متراکمتر و حتی بیش از ۵۰ درصد که به صورت سکه هایی در تصاویر ماهواره ای قابل رویت می باشند که خود دلیلی محکم بر وجود آب زیرقشری در دل کویر لوت می باشد.

نتایج و بحث

بررسی پوشش گیاهی در بستر آبراهه و در روی دامنه ها به منظور برآوردی از وضعیت آب زیرزمینی در بستر و تکیه گاه ها

در بحث های مربوط به گیاه شناسی و اکولوژی گیاهی، هر گونه رفتار خاصی نشان می دهد که مختص آن گونه یا تعدادی گونه یا جنس خاص می باشد. گاهی مواقع محقق می تواند با توجه به این موارد برخی ویژگی های خاک شناختی، هیدرولوژیکی، زمین شناختی و غیره پی ببرد. حضور گونه های گیاهی آبدوست و رودخانه روی مانند نی (Arundo spp) و خرزهره (Nerium Oleander) نشان از وجود منابع غنی آب زیرسطحی و زیرقشری در بستر رودخانه دارد. گونه های دیگر مانند گز رودخانه ای (Tamarix Stricta) نیز شاهد دیگری بر این مدعاست. روی دامنه ها گونه های خاصی که وجود آب زیرقشری را



زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در منتهی الیه جنوب شرقی ناحیه ایران مرکزی و در مجاورت بلوک لوت قرار گرفته است حوزه آبریز سد زیرزمینی سامون جهر با جهت کشیدگی شمال شرق جنوب غرب از مجاورت گسل شهداد در کویر لوت تا ارتفاعات شرقی و جنوب شرقی روستای

خصوصیات تکتونیکی

منطقه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی بسیار فعال و پیچیده می‌باشد و عامل تکتونیک تاثیر بسزایی در ایجاد شکل کنونی حوزه مورد مطالعه داشته و دارد بررسی‌های ساختاری نشان می‌دهد که اگرچه منطقه لوت به پایداری نسبی رسیده و به همین دلیل از آن به عنوان بلوک لوت یاد می‌شود اما حواشی این بلوک بسیار فعال و پویاست و به همین دلیل همواره زمین لرزه های بزرگی در این مناطق روی می‌دهد. چنانچه گفته شد حرکت صفحه عربستان در جهت جنوب غربی به شمال شرقی باعث ایجاد رژیم فشاری به ویژه در ایران مرکزی گردیده که این امر کوتاه شدگی پوسته و ایجاد گسلهایی از نوع راندگی را در پی دارد در منطقه مورد مطالعه نیز رژیم فشاری و کوتاه شدگی بصورت ایجاد راندگی‌های موازی مشخص شده که رانده شدن بلوک لوت به زیر بخش غربی را باعث شده است. از سوی دیگر آخرین کوهزایی رخ داده در منطقه مورد مطالعه مربوط به کوهزایی پاسادینین است که در اواخر پلیوسن رخ داده و واحدهای قدیمی تر بخصوص لایه های زیرین سازند لوت را چین داده است.

گسلها

علاوه بر ویژگیهای ساختاری از مهمترین تاثیرات گسلها، خردشدن سنگ‌ها و افزایش نفوذپذیری است ضمن اینکه با خردشدن سنگ‌ها شرایط مناسب برای افزایش تاثیر عوامل هوازدگی و فرسایش نیز فراهم می‌گردد، گسل‌ها و شکستگی‌های متعددی در داخل و مجاور حوزه وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

- **گسل گلباف (گوک):** این گسل در ابتدا و در سال ۱۹۷۲ توسط زمین شناسان یوگسلاو بنام گسل سروستان

هشتادان در چاله تکتونیکی گلباف را در بر می‌گیرد. اگر چه بخش عمده سطح حوزه مورد مطالعه را واحدهای جوان دوران سنوزوئیک پوشانیده اما بخش محدودی از ارتفاعات جنوب غرب حوزه توسط واحدهای سنگی دوران‌های مزوزوئیک و پالئوزوئیک پوشیده شده است.

شناسایی و معرفی شد و پس از مطالعات تکمیلی بخشهای مختلف به نام گسلهای سیرچ، گلباف و سروستان تفکیک گردید. گسل گلباف یکی از مهمترین ساختارهای گسلی است که با راستای تقریبی شمال، شمال غربی - جنوب، جنوب شرقی و با طول بیش از یک صد کیلومتر از غرب شهداد تا غرب بم قرار گرفته و در واقع ادامه‌ای از گسل نابیند می‌باشد. این گسل در بخش زیادی از راستای خود متشکل از دو ساختار گسلی موازی و پرشیب با مؤلفه حرکت اصلی راستالغز و به همراه یک مؤلفه کوچکتر واژگون می‌باشد. این گسل رسوبات کواترن را در نزدیکی گلباف و جنوب بدخوش برش داده و سبب رانده شدن سنگ‌های گوناگون کرتاسه (از سمت خاور) بر روی کنگلومرا، مارن‌های نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترن شده است. این گسل که در ۳۰ کیلومتری غرب و جنوب غربی ساختگاه سد و در مجاورت غربی حوزه آبریز سامون جهر قرار دارد. یکی از فعال‌ترین ساختارهای ناحیه است. در ۲۳ سال گذشته دست کم ۵ زمین لرزه متوسط تا بزرگ در گستره سیستم گسلی گلباف رویداده است.

- **گسل شهداد:** راندگی شهداد یک گسل با راستای خمیده شمال غربی-جنوب شرقی می‌باشد که تحدب و جهت رانش آن به سوی شمال شرق است. شیب صفحه این گسل بسیار ملایم و به سوی جنوب غربی است. این گسل از ۲/۵ کیلومتری جنوب غربی شهداد به طول بیش از ۱۲۰ کیلومتر به سمت جنوب شرق کشیده شده و کم و بیش مرز جنوب غربی دشت لوت را تشکیل می‌دهد. گسل شهداد گسلی است جوان که در تمامی مسیر خود رسوبات کواترن را قطع کرده و در نهایت موجب راندگی کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ‌های قرمز رنگ و گچ دار میوسن و رسوبات آواری نئوژن (از سوی غرب و جنوب غرب) بر روی رسوبات آبرفتی کواترن دشت لوت (در شرق و شمال شرق) شده

کوچکتر با امتدادهای مختلف ایجاد شده به طوری که دره سامون جهر در اثر عملکرد تعدادی از این گسله ها بوجود آمده است. همچنین برخی گسله‌های کوچکتر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می‌گردند که به صورت عرضی رسوبات و واحدهای سنگی اطراف را قطع کرده‌اند بنا بر این فرار آب از طریق گسله‌های موجود در سنگ بستر محتمل بوده است. لایه بندی سنگها به صورت افقی و یا دارای شیب کم ($< 30^\circ$) به سمت غرب و جنوب غرب می‌باشند. درزه‌های موجود در واحدهای سنگی عمدتاً از نوع تکتونیک بوده که با تاثیر عوامل فیزیکی در سطح سنگها توسعه یافته‌اند اما در عمق توده گسترش چندانی ندارند بنابراین امکان فرار آب از طریق سیستمهای درزه قابل توجه نمی‌باشد. مضافاً بر اینکه با توجه به جنس سنگها و وجود ذرات رس، امکان آب بندی تقریبی و عدم ایجاد جریان زیرقشری از طریق درزه های موجود قابل انتظار می باشد. اما در مجاورت ساختگاه سد برخی گسله‌های کوچکتر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می‌گردند که به صورت عرضی رسوبات و واحدهای سنگی را قطع کرده‌اند بخصوص این امر در دامنه جنوبی رودخانه و در محل ساختگاه به خوبی دیده می‌شود بنا بر این فرار آب از طریق گسله موجود در سنگ بستر محتمل بوده و در این خصوص تنها پس از مطالعات تکمیلی می‌توان اظهار نظر نمود. به منظور بارز سازی گسل‌های موجود در محل پیشنهادی سد زیرزمینی از تصاویر ماهواره‌ای و همچنین مدل رقومی ارتفاعی سایت مورد نظر استفاده گردید و با استفاده از پردازش‌های لازم گسل‌های قطعی و احتمالی موجود در منطقه بدست آمد.

نفوذ پذیری و کیفیت آب زیر زمینی در محل ساختگاه سد

محل پیشنهادی سد زیرزمینی سامون جهر در تنگه‌ای قرار گرفته که آبرفت موجود در آن دارای عرض و عمق قابل ملاحظه‌ای می‌باشد بنا بر این به احتمال فراوان حجم مورد نیاز برای ذخیره آب تامین خواهد شد. اما در ساختگاه سد و بالادست آن، سازندهای دارای افق‌های رسوبی ریزدانه گسترش فراوانی دارند بطوری که سازند لوت و واحد OM^m و OMs که عمدتاً از سیلت و رس تشکیل شده‌اند حدود نیمی از سطح حوزه را پوشانده‌اند مسلماً این سازندها وقتی

است. براساس مطالعات انجام شده سامانه گسلی شهداد به شکل گوه‌ای است که حرکت آن مرتبط با حرکت گسل گوک بوده و حرکات ناگهانی ناشی از زلزله‌ها در زون گسل گوک به تدریج و با گذشت زمان به صورت خزش به تراست قاعده‌ای و شاخه‌های آن منتقل می‌شود. این گسل در مجاورت شرقی و در فاصله تقریبی ۷۰۰ متری ساختگاه سد زیرزمینی سامون جهر قرار دارد. شایان ذکر است که در سمت غرب و جنوب غرب گسل شهداد و تقریباً به موازات آن تعدادی گسله کوچکتر وجود دارد که جملگی از نوع راندگی بوده و با برش دادن رسوبات نئوژن آنها را بر روی رسوبات جوانتر رانده‌اند.

زمین شناسی ساختگاه سد زیر زمینی

واحدهای سنگی ساختگاه سد زیرزمینی شامل توالی از لایه های یک تا چندمتری مارن، سیلتستون و مادستون می‌باشند که در برخی افق‌ها و بصورت محلی به کنگلومرای ریزدانه تبدیل می‌شوند کنگلومرای موجود عمدتاً دارای ماتریکس رسی وسیلتی بوده در نتیجه کنگلومرای گلی تشکیل شده است به نظر می‌رسد بدلیل عوامل تکتونیک و در نتیجه تغییرات ایجاد شده در کف حوضه رسوبی که از نوع دریاچه‌ای بوده شرایط محیط به وفور تغییر نموده و باعث بروز تغییرات جانبی در فواصل کوتاه شده است. آبرفت‌های رودخانه‌ای موجود در بستر رودخانه سامون جهر عموماً شامل قلوه سنگ و شن و ماسه بوده و به دلیل عملیات شستشوی آب دارای حداقل میزان رس وسیلت می‌باشند و در نتیجه تمیز و آبگذر هستند البته در برخی افق‌ها با توجه به تغییر شرایط رسوبگذاری میزان رسوبات ریزدانه بصورت محلی افزایش می‌یابد. همچنین سنگ دانه‌ها و قلوه سنگها با توجه به طی کردن مسیر طولانی معمولاً گردشده و صاف می‌باشند. از دیگر عوارض موجود در ساختگاه وجود تراس آبرفتی با ارتفاع حدود ۳ تا ۶ متر در دامنه شمالی رودخانه می‌باشد.

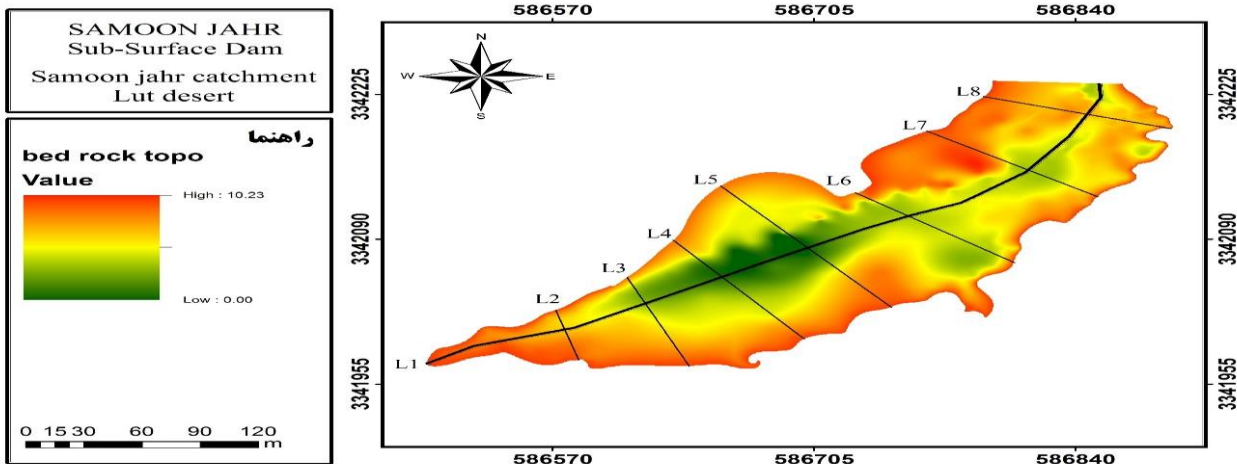
ساختار تکتونیک ساختگاه سد

ساختگاه سد زیرزمینی سامون جهر از نظر تکتونیک تحت تاثیر گسله شهداد است. تحت رژیم فشاری موجود در منطقه و در نزدیکی این راندگی اصلی، تعداد زیادی گسله



بازسازی گردیده و بر روی آنها آزمایش نفوذپذیری با بار ثابت (استاندارد) ASTM D2434 که مخصوص خاکهای درشت دانه می باشد انجام شد ضریب نفوذپذیری (K) حاصل از ۶ آزمایش انجام شده بین حداقل 2.8×10^{-4} m/s تا حداکثر 2.5×10^{-4} m/s متغیر بود که تغییر مقادیر (K) با توجه به عدم یکنواختی رسوبات آبرفتی و نیز تغییر میزان رسوبات ریزدانه (رس و سیلت) در رسوبات آبرفتی بستر رودخانه کاملاً طبیعی به نظر می رسد از سوی دیگر چنانچه نتایج آزمایش لوفران و نیز شواهد صحرایی نشان می دهد ضریب نفوذپذیری طبیعی در محل پروژه بیش از مقادیر آزمایشگاهی بوده و به میزان 2.9×10^{-4} m/s تعیین و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت.

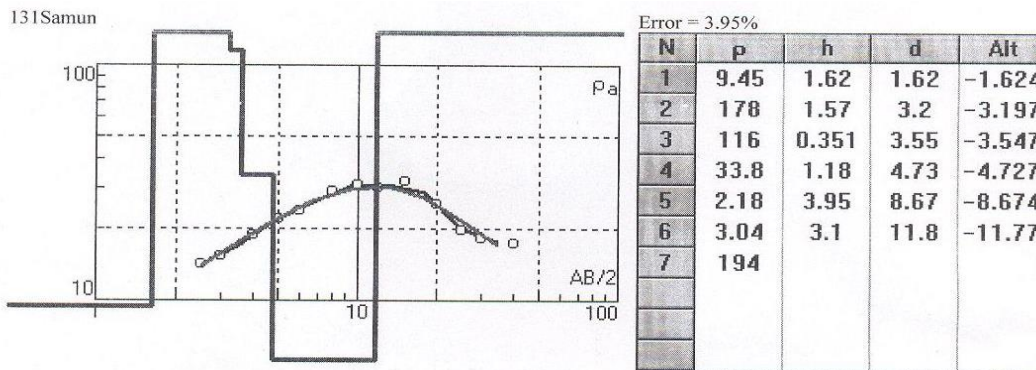
در معرض فرسایش قرار می گیرند حجم زیادی از رسوبات حمل گردیده و با توجه به شیب آبراهه و سرعت جریان آب برجای گذاشته می شوند حاصل این پدیده کاهش نفوذ پذیری می باشد. در نتیجه افت نفوذ پذیری محدوده ساختگاه و دریاچه سد قابل انتظار است. همچنین سازندهای P^1 ، OM^m و OM^s دارای سنگها و افق های گچ و رسوبات شور کننده منابع آب و خاک هستند. که با توجه به گسترش آنها یعنی در برداشتن حدود نیمی از سطح حوزه، اثر محسوسی در افت کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی خواهد داشت بنابراین ذخیره سازی آب های سطحی و زیرزمینی در مجاورت این سازندها افت کیفیت آن را دنبال خواهد داشت. پس از انجام عملیات ژئوتکنیک، نمونه های برداشت شده از اعماق مختلف گمانه ها در آزمایشگاه



شکل (۳): نقشه موقعیت مقاطع طولی و عرضی سد زیر زمینی سامون جهر بر روی نقشه توپوگرافی سنگ کف

تا ۴/۷ متر رسوبات آبرفتی درشت دانه آبدار، از ۴/۷ تا ۱۱/۸ متر لایه رس متراکم.

اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۱): از سطح زمین تا عمق ۱/۶ متر رسوبات ماسه ای حاوی رس و آبدار، از عمق ۱/۶

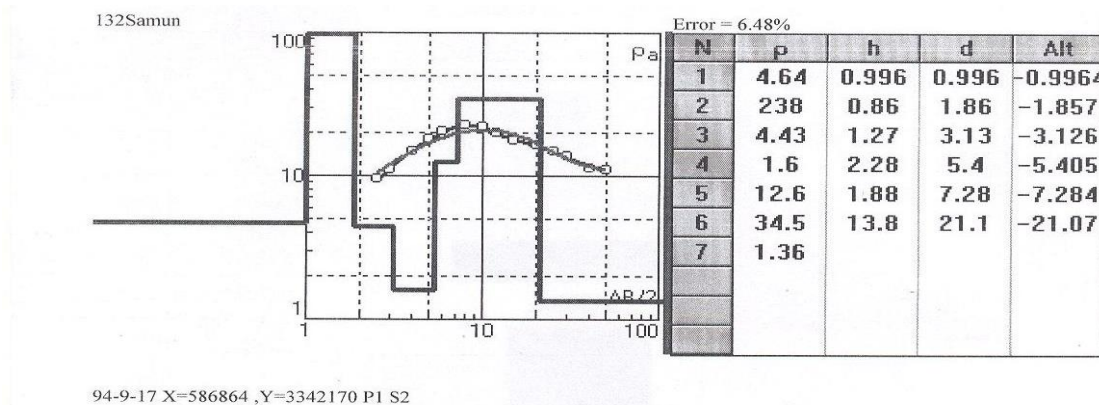


94-9-17 X=586863 , Y3342154 P1 s1

شکل (۴): داده های خروجی سونداژ شماره 131 با استفاده از نرم افزار IPI2win

متر رسوبات ریزدانه آبدار، از ۷/۲ تا ۲۱/۰ متر لایه رس ماسه دار.

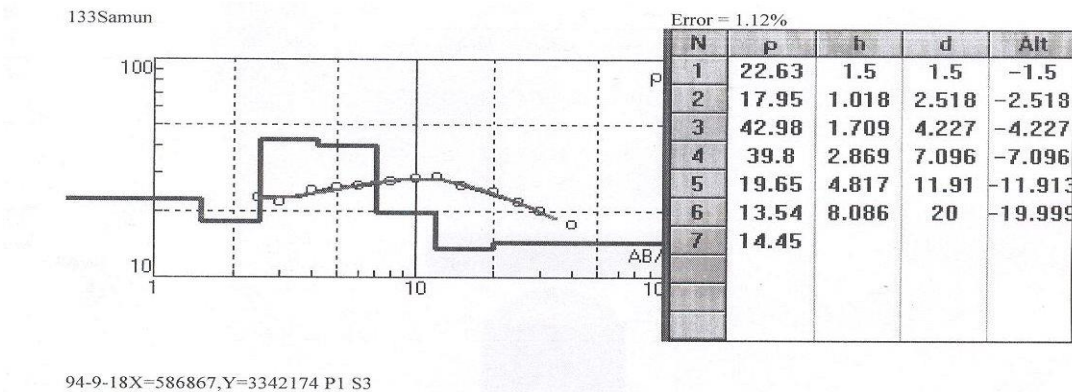
اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۲): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات ریز دانه حاوی رس و مرطوب، از عمق ۱/۰ تا ۱/۸ متر رسوبات آبرفتی درشت دانه، از عمق ۱/۸ تا ۷/۲



شکل (۵): داده های خروجی سونداژ شماره 132 با استفاده از نرم افزار IPI2win

متر رسوبات رسی دارای ماسه آبدار، از عمق ۷/۰ تا ۲۰/۰ متر رسوبات ریز دانه رسی.

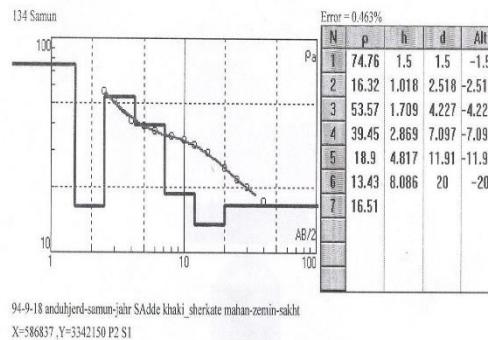
اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۳): از سطح زمین تا عمق ۲/۵ متر رسوبات ریز دانه رسی مرطوب، از عمق ۲/۵ تا ۷/۰



شکل (۶): داده های خروجی سونداژ شماره 133 با استفاده از نرم افزار IPI2win

رسوبات شنی حاوی رس و آبدار، از عمق ۷/۰ تا ۲۰/۰ متر رس.

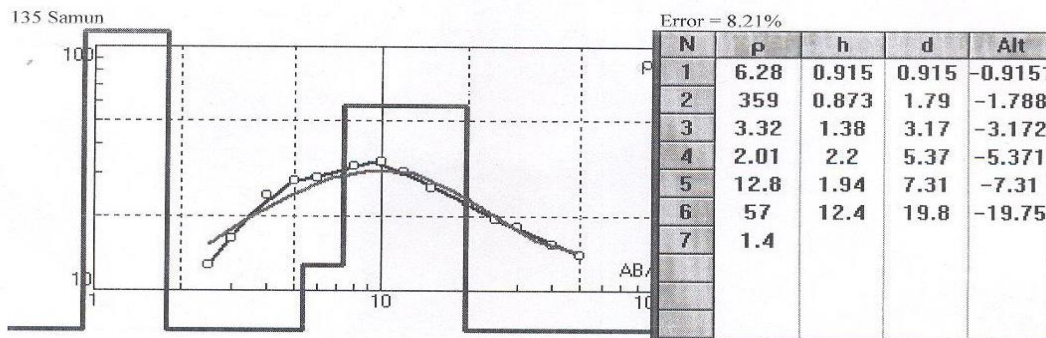
اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۴): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات شنی دارای ریزدانه و مرطوب، از عمق ۱/۵ تا ۲/۵ متر رسوبات رسی و آبدار، از عمق ۲/۵ تا ۷/۰ متر



شکل (۷): داده های خروجی سونداژ شماره 134 با استفاده از نرم افزار IPI2win

آبرفتی درشت دانه، از عمق ۱/۸ تا ۷/۳ متر رسوبات ریزدانه رسی و مرطوب، از ۷/۳ تا ۱۹/۸ متر لایه رسوبات شنی دارای رس.

اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۵): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات رسی، از عمق ۱/۸ تا ۱۰ متر رسوبات

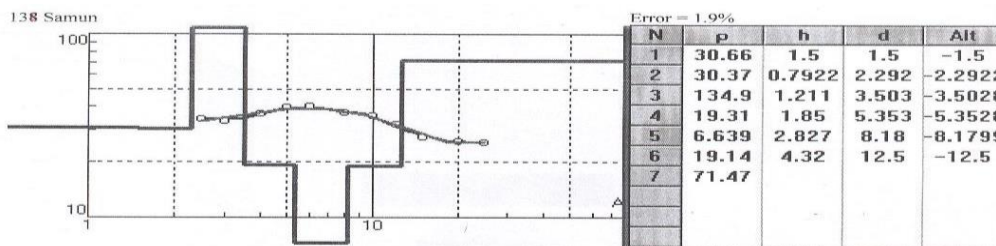


94-9-18 X=586838,Y=3342171 P2 S2

شکل (۸): داده های خروجی سونداژ شماره 135 با استفاده از نرم افزار IPI2win

رسوبات رسی مرطوب، از عمق ۵/۳ تا ۸/۱ متر رس متراکم، از ۸/۱ تا ۱۲/۵ متر رسوبات رسی

اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۶): از سطح زمین تا عمق ۲/۳ متر رسوبات ماسه ای، از عمق ۲/۳ تا ۵/۳ متر

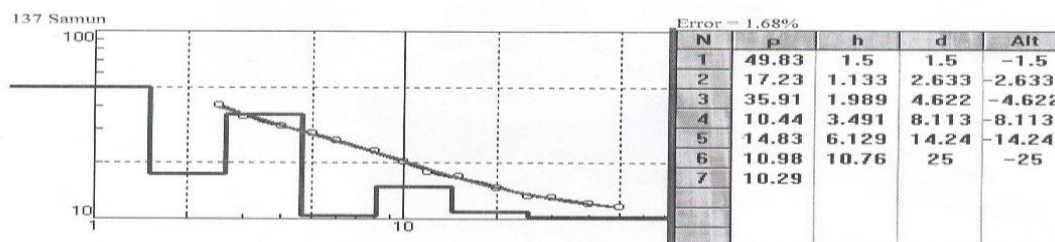


94-9-18 X=586842,Y=3342190 P2 S3

شکل (۹): داده های خروجی سونداژ شماره 136 با استفاده از نرم افزار IPI2win

۴/۶ متر رسوبات ماسه‌ای مرطوب، از ۴/۶ تا ۲۵/۰ متر رسوبات رسی

اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۷): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات ماسه‌ای و مرطوب، از عمق ۱/۵ تا ۲/۶ متر رسوبات ریزدانه رسی و مرطوب، از عمق ۲/۶ تا

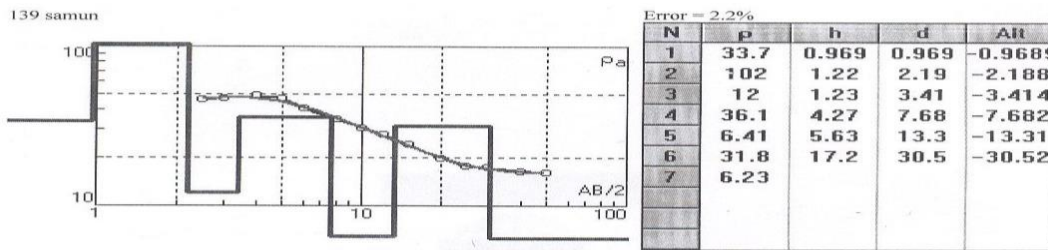


94-9-18 X=586823 ,y3342110 P2 S4

شکل (۱۰): داده های خروجی سونداژ شماره 137 با استفاده از نرم افزار IPI2win

متر رسوبات رسی، از ۳/۴ تا ۷/۶ متر رسوبات آبرفتی ماسه-ای، از ۷/۶ تا ۳۰/۰ متر رس.

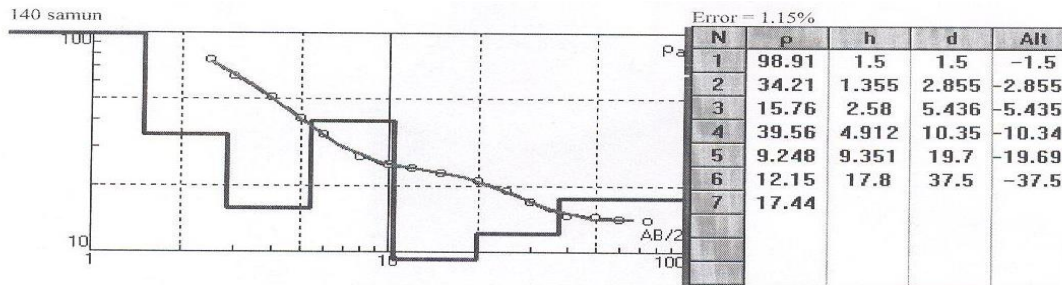
اطلاعات سونداژ (کد ۱۳۹): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات ماسه‌ای دارای ریزدانه، از عمق ۱/۰ تا ۲/۱ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۲/۱ تا ۳/۴



94-9-18 X=586801 ,Y=3342092-P2 S5

شکل (۱۱): داده های خروجی سونداژ شماره 139 با استفاده از نرم افزار IPI2win

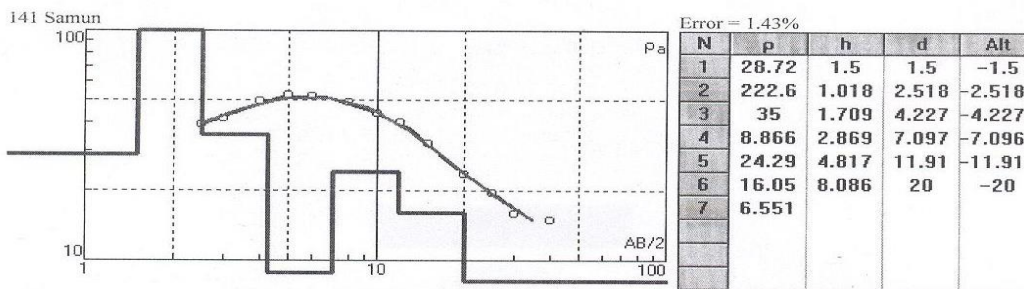
اطلاعات سونداژ (کد ۱۴۰): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۵ تا ۲/۸ متر رسوبات آبرفتی ماسه ای، از عمق ۲/۸ تا ۵/۴ متر رسوبات آبرفتی ماسه ای، از ۱۰/۳ تا ۱۹/۷ متر رس. رسوبات رسی، از ۵/۴ تا ۱۰/۳ تا ۱۰/۳ متر رسوبات آبرفتی ماسه



94-9-18 X=586779 ,Y=3342069 P2 S6

شکل (۱۲): داده های خروجی سونداژ شماره 140 با استفاده از نرم افزار IPI2win

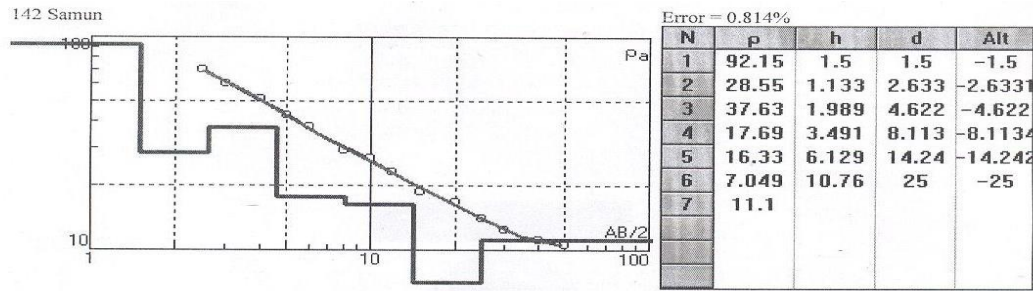
اطلاعات سونداژ (کد ۱۴۱): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات ماسه ای رسی، از عمق ۱/۵ تا ۲/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۲/۵ تا ۴/۲ متر رسوبات ماسه ای رسی، از ۴/۲ تا ۷/۰ تا ۷/۰ متر رس متراکم، از ۷/۰ تا ۲۰/۰ متر رسوبات رسی.



94-9-18 X=586828 ,Y=3342204 P3 S1

شکل (۱۳): داده های خروجی سونداژ شماره 141 با استفاده از نرم افزار IPI2win

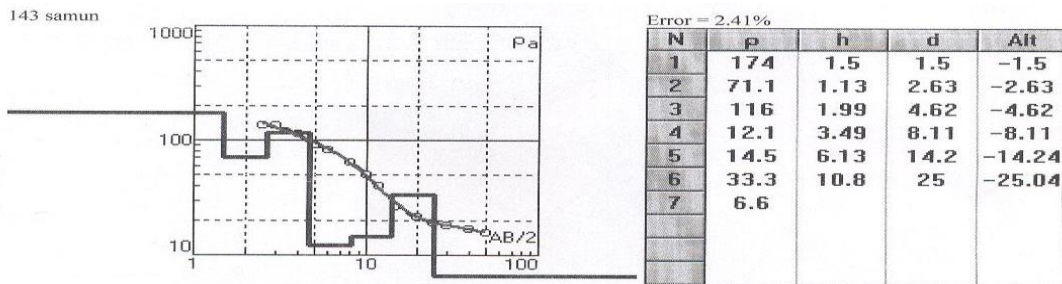
اطلاعات سونداژ (کد ۱۴۲): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات آبرفتی شنی، از عمق ۱/۵ تا ۴/۶ متر رسوبات آبرفتی ماسه ای، از عمق ۴/۶ تا ۱۴/۲ متر رسوبات رسی، از ۱۴/۲ تا ۲۵/۰ متر رس متراکم.



94-9-18 X=586819 ,Y=3342177 P3 S2

شکل (۱۴): داده های خروجی سونداژ شماره ۱۴۲ با استفاده از نرم افزار IPI2win

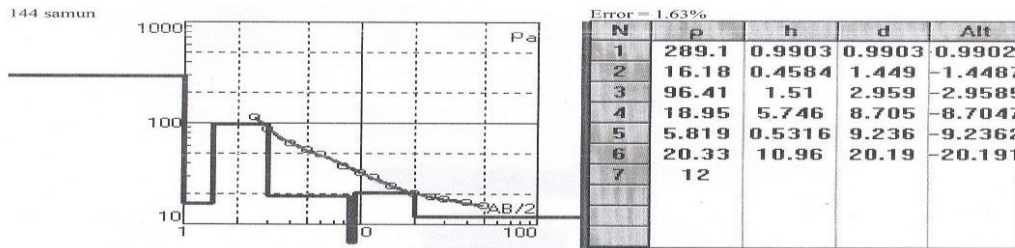
اطلاعات سونداژ (کد ۱۴۳): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۵ تا ۲/۶ متر رسوبات آبرفتی آبدار، از عمق ۲/۶ تا ۱۴/۲ متر رسوبات ماسه‌ای رس دار.



94-9-18 X= 586827 ,Y=3342283 P3 S3

شکل (۱۵): داده های خروجی سونداژ شماره ۱۴۳ با استفاده از نرم افزار IPI2win

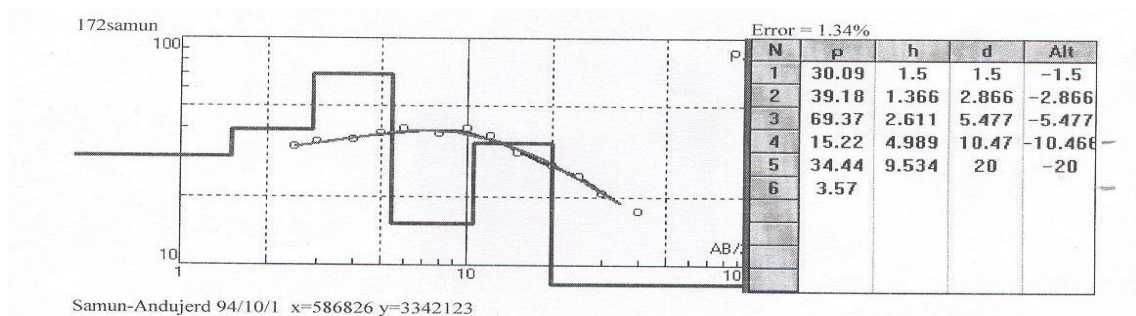
اطلاعات سونداژ (کد ۱۴۴): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۰ تا ۱/۴ متر رسوبات رسی، از عمق ۱/۴ تا ۲/۹ متر رسوبات آبرفتی مرطوب، از ۲/۹ تا ۸/۷ متر رسوبات رسی، از ۸/۷ تا ۹/۲ متر رسی متراکم، از ۹/۲ تا ۲۰/۲ متر رسوبات رسی.



94-9-18 X= ,Y= P3 S4

شکل (۱۶): داده های خروجی سونداژ شماره ۱۴۴ با استفاده از نرم افزار IPI2win

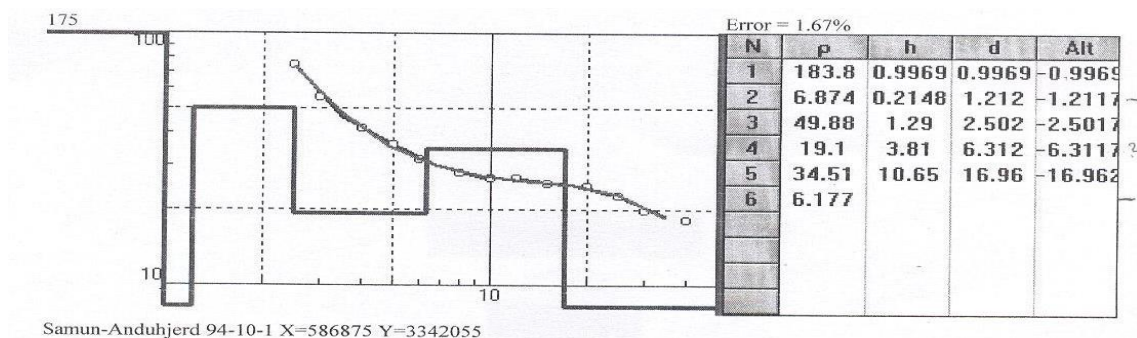
اطلاعات سونداژ (کد ۱۷۲): از سطح زمین تا عمق ۲/۸ متر رسوبات ماسه‌ای مرطوب، از عمق ۲/۸ تا ۵/۴ عمق ۱۰/۴ تا ۲۰/۰ متر رسوبات آبرفتی رس دار



شکل (۱۷): داده های خروجی سونداژ شماره 172 با استفاده از نرم افزار IPI2win

رسوبات ماسه‌ای، از عمق ۲/۵ تا ۶/۳ متر رسوبات رسی، از ۶/۳ تا ۱۷/۰ متر رسوبات رسی ماسه دار

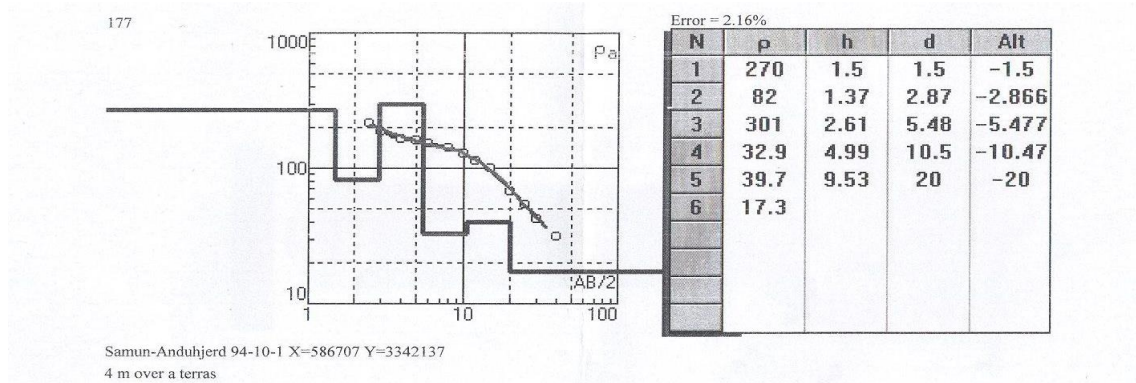
اطلاعات سونداژ (کد ۱۷۵): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۰ تا ۱/۲ متر رسوبات مریطوب، از عمق ۱/۲ تا ۲/۵ متر



شکل (۱۸): داده های خروجی سونداژ شماره 175 با استفاده از نرم افزار IPI2win

شنی ماسه‌ای، از عمق ۲/۸ تا ۵/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از ۵/۵ تا ۲۰/۰ متر رسوبات رسی

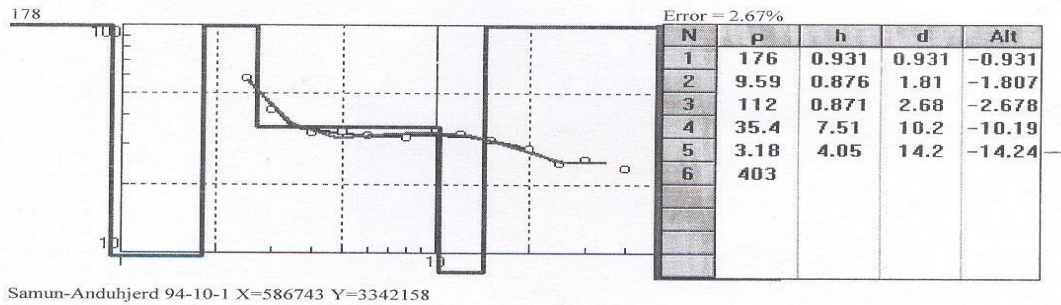
سونداژ (کد ۱۷۷): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۵ تا ۲/۸ متر رسوبات



شکل (۱۹): داده های خروجی سونداژ شماره 177 با استفاده از نرم افزار IPI2win

آبرفتی دانه درشت، از ۲/۶ تا ۱۰/۲ متر رسوبات ماسه‌ای، از ۱۰/۲ تا ۱۴/۰ متر رسوبات مریطوب

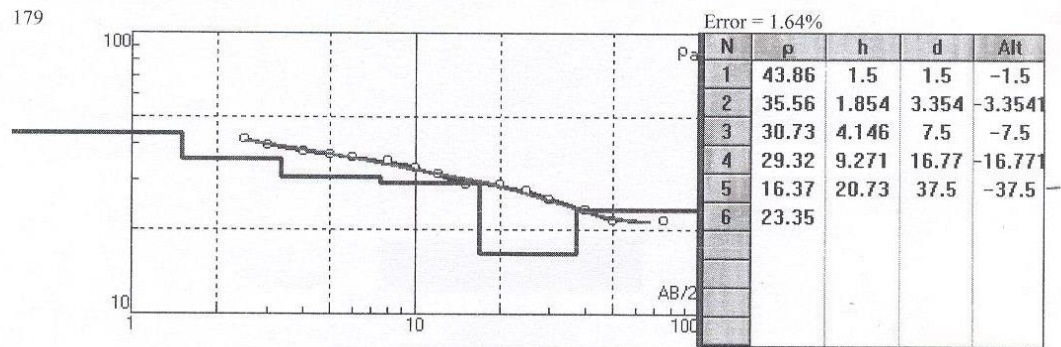
اطلاعات سونداژ (کد ۱۷۸): از سطح زمین تا عمق ۱/۰ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۰ تا ۱/۸ متر رسوبات رسی، از عمق ۱/۸ تا ۲/۶ متر رسوبات



Samun-Anduhjerd 94-10-1 X=586743 Y=3342158

شکل (۲۰): داده های خروجی سونداژ شماره 178 با استفاده از نرم افزار IPI2win

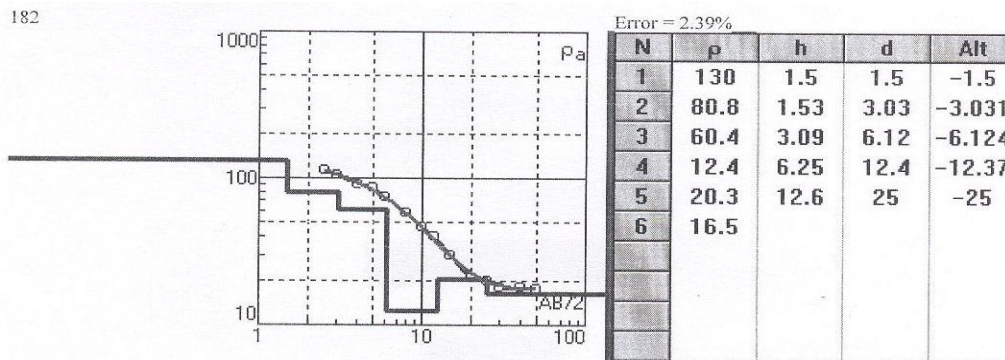
اطلاعات سونداژ (کد ۱۷۹): از سطح زمین تا عمق ۱۶/۷ متر رسوبات ماسه‌ای رس دار، از عمق ۱۶/۷ متر به بعد رسوبات رسی.



Samun-Anduhjerd 94-10-1 X=586777 Y=3342173

شکل (۲۱): داده های خروجی سونداژ شماره 179 با استفاده از نرم افزار IPI2win

اطلاعات سونداژ (کد ۱۸۲): از سطح زمین تا عمق ۱/۵ متر رسوبات آبرفتی دانه درشت، از عمق ۱/۵ تا ۱۲/۴ متر رس، از عمق ۱۲/۴ تا ۲۵/۰ متر رسوبات رسی.



Samun-Anduhjerd 94-10-1 X=586704 Y=3342058

شکل (۲۲): داده های خروجی سونداژ شماره 182 با استفاده از نرم افزار IPI2win

رسی دارای مقاومت مخصوص کمتر از ۲۰ اهم متر می- باشد. البته بدلیل وجود املاح نمکی و گچی در رسوبات مقادیر ارائه شده کمتر از میزان معمول می‌باشد و این امر کاملاً طبیعی است. همچنین به دلیل تغییرات جانبی زیاد حالات حد واسط نیز دیده می‌شود. با توجه به نتایج سونداژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی سنگ کف در

با مقایسه مقادیر مقاومت الکتریکی در سونداژهای مختلف لایه‌های نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر قابل تفکیک می- باشد به نظر می‌رسد لایه‌های نفوذ پذیر از جنس آبرفت ماسه‌ای و شنی و دارای مقاومت مخصوص الکتریکی بیش از ۳۰ اهم متر و لایه‌های نفوذ ناپذیر از جنس ریزدانه و

نتیجه گیری

احداث سدهای زیر زمینی می تواند در اقلیم های مختلف سراسر دنیا مورد استفاده قرار گیرد. امروزه با توجه به اینکه محققان به معایب سدهای بزرگ در طبیعت پی برده اند و توصیه می کنند که سدهای بزرگ با توجه به خسارت هایی که به طبیعت وارد می کنند، ساخته نشوند. بنابراین سدهای زیر زمینی می تواند جایگزین بسیار مناسبی باشند. سدهای زیر زمینی می تواند در همه نقاط ایران به خصوص نقاط کویری نقش بسیار مهمی در تامین و ذخیره آب ایجاد کنند. نتایج تحقیق نشان داد با توجه به داده های سونداژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی سنگ کف در محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می باشد و عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۴/۵ متر و حداکثر ۱۷ متر اندازه گیری شده است. بر روی سنگ بستر یک لایه آبرفت رودخانه ای قرار دارد که به دو افق آبدار و خشک تقسیم می شود. البته با توجه به تغییرات افقی در رسوبگذاری رسوبات بستر رودخانه، لایه آبرفت رودخانه ای خود شامل توالی لایه هایی با دانه بندی و نفوذپذیری متفاوت می باشد که دارای گسترش محدودی می باشند. با توجه به داده های ژئوالکتریک و نیز نقشه توپوگرافی سنگ بستر محل های پیشنهادی منطبق بر مقاطع L6 و L8 برای احداث سد زیرزمینی مناسب تر می باشد. بنابراین توصیه می شود انواع روش های ساخت سدهای زیر زمینی مورد توجه ویژه قرار گیرد و به سرعت توسعه پیدا کنند که در آینده قطعا دنیا با حذف سدهای بزرگ و جایگزین شدن روش های مقرون به صرفه تر برای تولید برق، به صورت گسترده به سمت ساخت سدهای زیر زمینی پیش می رود و ضروری است با توجه به شرایط کم آبی ایران به این مهم توجه دو چندان شود.

محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می باشد عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۴/۵ متر و حداکثر ۱۷ متر اندازه گیری شده است. بر روی سنگ بستر یک لایه آبرفت رودخانه ای قرار دارد که به دو افق آبدار و خشک تقسیم می شود. البته با توجه به تغییرات افقی در رسوبگذاری رسوبات بستر رودخانه، لایه آبرفت رودخانه ای خود شامل توالی لایه هایی با دانه بندی و نفوذپذیری متفاوت می باشد که دارای گسترش محدودی می باشد. بیشترین عمق آبرفت مربوط به سونداژهای واقع بر مقطع عرضی L2 می باشد همچنین با وجود تراس آبرفتی (که دارای بافت درشت دانه و نفوذپذیر می باشد) واقع در کرانه شمالی رودخانه عمق اندازه گیری ها در این بخش افزایش یافته است. سونداژهای واقع بر مقاطع L7 و L8 نشان دهنده وجود لایه آبرفتی آبدار در نزدیکی سطح زمین می باشد. احتمال وجود گسستگی به خصوص در تکیه گاه جنوبی محل پیشنهادی سد با وجود آنومالی ایجاد شده در نتایج ژئوالکتریک به خوبی مشخص است. شیب سنگ کف از شیب بستر رودخانه تبعیت نمی کند اما به طور کلی از طرفین به سمت مرکز رودخانه می باشد. با توجه به داده های ژئوالکتریک و نیز نقشه توپوگرافی سنگ بستر محل های پیشنهادی منطبق بر مقاطع L6 و L8 برای احداث سد زیرزمینی مناسب تر می باشد زیرا با وجود محدود بودن عرض تنگه، ضخامت آبرفت نیز کمتر می باشد. نتایج تحقیق نشان داد که به کار بردن روش ژئوالکتریک برای کشف لایه های آبدار روشی مناسب است که با نتایج تحقیقات اس کای و همکاران (۲۰۱۸) و یوگو و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد و همچنین نتایج تحقیق نشان داد که روش ژئوتکنیکی جزء ضروری ترین بخش مطالعاتی سدهای زیر زمینی است که با نتایج تحقیق داوود (۲۰۰۴) مطابقت دارد و با نتایج تحقیق نیلسون (۱۹۸۸) که معتقد است روش ژئوالکتریک با توجه به پرهزینه بودن آزمایش های آن، باید محدود شود مغایرت دارد.

منابع

Davoodi, M, H. 2004. Underground dams, economic strategies and effective in the management and development of water resources, *Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*. (In Persian)

- Hanson, G., Nilsson, A. 1986. Ground-water dams for rural-water supplies in developing countries, *Ground Water*, 24 (4), 497-506.
- Jamali, I.A., Mortberg, U., Olofsson, B., and Shafique, M. 2014. A spatial multi-criteria analysis approach for locating suitable sites for construction of subsurface dams in Northern Pakistan. *Water Resources Management*. 28(14): 5157-5174.
- Khorami, K., Gh. Vahabzadeh, K. Solimani and R. Talai. 2014. Determine Potential Areas of Underground Dams in the Watershed Gharehsou. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 2: 139-154. (In Persian)
- Lalehzari R and Tabatabaei SH, 2015. Simulating the impact of subsurface dam construction on the change of nitrate distribution. *Environmental Earth Sciences*, 74(4): 3241-3249.
- Nilsson, A. 1988. Groud water Dams for small-scale water supply. IT Publication, 69 p.
- Onder, H. and M. Yilmaz. 2005. Underground Dams, a Tool of Sustainable Development and Management of Groundwater Resources. *European Water*, 12: 35-45.
- Ouerdachi, L., H. Boutaghane, R. Hafsi, T. Boulmaiz Tayeb and F. Bouzahar. 2012. Modeling of Underground Dams Application to Planning in the Semi-Arid Areas (Biskra, Algeria), *Energy Procedia*, 18: 426-437.
- SK, M., Ramanujam, N., Champoil, V., Biswas, S.K., Rasool, Q.A. Ojha, C. 2018. Identification of Groundwater in Hard Rock Terrain Using 2D Electrical Resistivity Tomography Imaging Technique: Securing Water Scarcity at the Time of Seasonal Rainfall Failure, South Andaman. *International Journal of Geosciences*. 9: 59-70.
- Sun, Y., Xu, S.G., Kang, P.P., Fu, Y.Z., and Wang, T.X. 2019. Impacts of Artificial Underground Reservoir on Groundwater Environment in the Reservoir and Downstream Area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1-21.
- Tsumuro, T. 1998. Applying Environment Related Technology: Environmental Measures in the Construction Industry, Business Leaders' Inter-Form for Environment 21, Japan.
- Ugwu, N.U., Ranganai, R.T., Simon, R.E. and Ogubazghi, G. 2016. Geoelectric Evaluation of Groundwater Potential and Vulnerability of Overburden Aquifers at Onibu Eja Active Open Dump site, Osogbo, Southwestern Nigeria. *Journal of Water Resource and Protection*. 8: 311-329.
- Yakirevich A, Melloul A, Sorek S, Shaath S and Borisov V. 1998. Simulation of seawater intrusion into the Khan Yunis area of the Gaza Strip coastal aquifer. *Hydrogeology Journal*, 6(4): 549-559.

Research Paper

Investigating the Sensitivity of Geoelectric Method in Suitable Locating of Underground Dams in Desert Areas (Case study: Samoon Jahr Watershed in Kerman province)

Najmeh Hajseyed Alikhani¹, Hamzeh Saeediyani^{2*}, Alijan Abkar³

¹ Researcher, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. n.sedalikhani@areeo.ac.ir.

² Resistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. Hamzah.4900@yahoo.com

³ Corresponding Author Resistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. Abkar804@yahoo.com



0000000000000000.

Received:
December 31, 2022
Accepted:
March 30, 2023
Available online:
December 30, 2023

Keywords:
Desert, Underground dam, Samoon Jahr watershed, bed stone

Abstract

Nowadays, the use of underground dams is expanding in different regions of the world due to their outstanding characteristics. And this is very important in desert areas due to high evaporation. Geoelectric harvesting was carried out in The Samoon Jahr Strait in Kerman province in two stages and a total of 19 electric sondages with different distances were carried out in the area of the project. Then, the obtained data were processed using IPI2WIN software and finally the processed results were interpreted. The results showed that according to the results of geoelectric sondages and field evidences, the bed stone at the proposed option area has dense clay with many salts. And the depth of impact to the bed stone is measured at least 4.5 meters and a maximum of 17 meters. On the bed stone is a river alluvial layer which is divided into wet and dry horizons. Of course, due to horizontal changes in sedimentation of river bed sediments, river alluvial layers include sequences of layers with different aggregation and permeability that have limited expansion. According to the geoelectric data and topographic map of bed stone, the proposed sites are more suitable for the

* Corresponding Author: Hamzeh Saeediyani

Address: Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.,

Email: Hamzah.4900@yahoo.com
Tel: 09163900827

construction of underground dam in accordance with L6 and L8 sections.

1. Introduction

Nowadays, the use of underground dams is expanding in different regions of the world due to their outstanding characteristics. Construction of underground dams in all different climates can be effective for water supply, but in arid areas where surface water is not there or very low and groundwater is the only available water source, they can have more effective and tangible effects and in arid and desert areas can be the best option to deal with drinking water shortages.

2. Materials and Methods

Goelectric harvesting was carried out in The Samoon Jagr Strait in Kerman province in two stages and a total of 19 electric sondages with different distances were carried out in the area of the project. Then, the obtained data were processed using IPI2WIN software and finally the processed results were interpreted.

3. Results

The results showed that the comparison of electrical resistance values in different soundages of permeable and impermeable layers can be distinguished. Sandy and sandy alluvial layers have special electrical resistance more than 30-ohm meters and impermeable layers of fine and clay material with special resistance of less than 20-ohm meters. According to the results of goelectric sondages and field evidences, the bet stone at the proposed option area has dense clay with many salts. And the depth of impact to the bet stone is measured at least 4.5 meters and a maximum of 17 meters. On the bed stone is a river alluvial layer which is divided into wet and dry horizons. Of course, due to horizontal changes in sedimentation of river bed sediments, river alluvial layers include sequences of layers with different aggregation and permeability that have limited expansion.

4. Discussion and Conclusion

According to the goelectric data and topographic map of bed stone, the proposed sites are more suitable for the construction of underground dam in accordance with L6 and L8 sections, because despite the limited width of the strait, the thickness of alluvial is also less.

5. Six important references

- 1) Ouerdachi, L., H. Boutaghane, R. Hafsi, T. Boulmaiz Tayeb and F. Bouzahar. 2012. Modeling of Underground Dams Application to Planning in the Semi-Arid Areas (Biskra, Algeria), *Energy Procedia*, 18: 426-437.
- 2) SK, M., Ramanujam, N., Champoil, V., Biswas, S.K., Rasool, Q.A. Ojha, C. 2018. Identification of Groundwater in Hard Rock Terrain Using 2D Electrical Resistivity Tomography Imaging Technique: Securing Water Scarcity at the Time of Seasonal Rainfall Failure, South Andaman. *International Journal of Geosciences*. 9: 59-70.
- 3) Sun, Y., Xu, S.G., Kang, P.P., Fu, Y.Z., and Wang, T.X. 2019. Impacts of Artificial Underground Reservoir on Groundwater Environment in the Reservoir and Downstream Area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1-21.
- 4) Tsumuro, T. 1998. Applying Environment Related Technology: Environmental Measures in the Construction Industry, *Business Leaders' Inter-Form for Environment* 21, Japan.
- 5) Ugwu, N.U., Ranganai, R.T., Simon, R.E. and Ogubazghi, G. 2016. Goelectric Evaluation of Groundwater Potential and Vulnerability of Overburden Aquifers at Onibu Eja Active Open Dump site, Osogbo, Southwestern Nigeria. *Journal of Water Resource and Protection*. 8: 311-329.
- 6) Yakirevich A, Melloul A, Sorek S, Shaath S and Borisov V. 1998. Simulation of seawater intrusion into the Khan Yunis area of the Gaza Strip coastal aquifer. *Hydrogeology Journal*, 6(4): 549-559