Archive of SID

اولین همایش ملی دانشگاه سبز
۴ و ۵ اسفندماه ۱۳۹۵
بوشهر، دانشگاه خلیج فارس

بررسی‌های هیدروژئولوژی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی قبل از اجرای سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی در سایت دانشگاه یزد

احمد زارع حجت‌آبادی[۱*]، احمد قربانی[۲]، عبدالحمید انصاری[۳]، فرهاد محمدتراب[۴]، روح‌الله عزیزی تفتی[۵]، ولی کلانتر[۶]، علی‌اکبر دهقان[۷]، علی‌محمد رسولیان[۸]، زینب عمادیان[۹]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۲]استادیار بخش اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۳]دانشیار بخش اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۴]استادیار بخش اکتشاف، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۵]استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۶]دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۷]دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۸]مربی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه
[۹]استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد، یزد، صفاییه، بلوار دانشگاه

چکیده

استفاده از سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، یکی از بهترین روش‌های کاهش مصرف انرژی در گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها به شمار می‌آید. در این سیستم که از ثبات دمای زمین پس از گذر از چند متر خاک سطحی استفاده می‌کند، مبدل حرارتی بیرونی در دل زمین قرار گرفته و با خاک زیرسطحی تبادل انرژی دارد. انجام مطالعات زمین‌شناسی قبل از اجرای این سیستم اجتناب ناپذیر است. هدف از مطالعه‌ی پیش رو انجام این مطالعات در سایت دانشگاه یزد به منظور افزایش کارایی سیستم مذکور می‌باشد. در این راستا مطالعات اکتشافی شامل برداشت ۱۵ سونداژ و یک پروفیل مقاومت ویژه الکتریکی، حفر ترانشه، چاه‌های کم عمق (تا ۲۵ متر) و یک گمانه تا زیر سطح ایستابی (۱۷۶ متر)، مطالعات ژئوتکنیکی شامل دانه بندی مصالح گمانه و یک حلقه چاه ۲۰ متر و مطالعه‌ی هیدروژئولوژیکی انجام شد. از مطالعات فوق در راستای تخمین مقدار رسانایی گرمایی استفاده شد. نتایج حاصل، رسانایی گرمایی حدود ۱ وات بر سانتیمتر درجه سانتیگراد را نشان می دهد.

کلمات کلیدی

پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، هیت پمپ ژئوترمال، هدایت حرارتی، مقاومت ویژه الکتریکی.

* ahmadzare.89@Gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

حدود ۴۰ درصد از انرژی مصرفی سالانه در سراسر دنیا به ساختمان‌ها اختصاص دارد که بیشتر آن در جهت تامین روشنایی، گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع مصرف می‌شود [۱]. از طرفی با صعود روند رشد جمعیت و فرا رفتن آن از ۲ درصد، نیاز به انرژی به شدت افزایش یافته است. مصرف بی رویه انرژی، علاوه بر هزینه فوق العاده آن، باعث تشدید مشکلات زیست محیطی می‌شود که از جمله آن می‌توان افزایش دمای کره زمین، ذوب شدن یخ‌های قطبی و افزایش سطح دریاها، انتشار گازهای گلخانه‌ای، تخریب لایه اوزون، تخریب جنگل‌ها و آلودگی هوا را نام برد [۲]. وجود چنین مشکلاتی سبب تمایل جوامع به حداکثر استفاده ممکن از انرژی‌های تجدیدپذیر شده است [۳].

استفاده از پمپ حرارتی زمین‌گرمایی (زمین منبع) بعنوان یک تکنولوژی سودمند در راستای استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، و جایگزینی آن بجای سیستم‌های مرسوم گرمایش و سرمایش ساختمان، سال‌ها است که مورد توجه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه قرار گرفته است [۴]. پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، از زمین بعنوان یک منبع انرژی غیر فعال در جهت تعیین گرمایش، سرمایش و آب گرم بهداشتی ساختمان‌ها بهره می‌برد [۵]. استفاده از زمین در این سیستم بدلیل کمتر بودن دمای زمین در تابستان و بیشتر بودن آن در زمستان، در مقایسه با هوای محیطی است [۶]، به این ترتیب که یک پمپ حرارتی معمولی، با یک مبدل حرارتی زمینی، ترکیب شده و بوسیله آن گرما را از زمین گرفته (حالت گرمایش) و یا به زمین تزریق می‌کند (حالت سرمایش) [۷].

برای طراحی مبدل حرارتی زمینی با کارایی بالا و هزینه بهینه، بررسی انتقال حرارت در زیر سطح زمین اهمیت زیادی دارد [۸]. ضریب هدایت حرارتی (رسانش گرمایی) و قابلیت انتشار حرارتی، دو پارامتر مهم در تحلیل انتقال حرارت در زمین بوده و از روش‌های مختلف قابل اندازه‌گیری می‌باشد. ظرفیت گرمایی ویژه این دو پارامتر را با هم مرتبط می‌کند [۹]. ازمهمترین این عوامل تاثیرگذار بر پارامترهای ذکر شده، می‌توان به رطوبت خاک، وزن مخصوص، دانه بندی ذرات و جنس آن اشاره کرد[۱۰]. از طرفی می‌دانیم که عوامل نام برده، بر مقاومت ویژه الکتریکی خاک نیز تاثیر مستقیم می‌گذارند[۱۱]. بنابراین استفاده از رابطه بین هدایت حرارتی و مقاومت ویژه الکتریکی زمین، می‌تواند یکی از بهترین راه‌های تخمین مقادیر مربوط به خصوصیات حرارتی زمین باشد.

از طرفی، شناخت جریان و سطح آبهای زیرزمینی و خواص آبخوان حائز اهمیت بوده و علاوه بر آن، مقاومت سنگ یک فاکتور بسیار مهم در تعیین روش کنده کاری یا حفاری مورد نیاز در یک سایت و هزینه های مرتبط است [۱۲]. روش موثر برای شناخت وضعیت لایه های زیرسطحی روش مقاومت ویژه الکتریکی است. در این روش که با تکنیک های مختلف قابل انجام است با محاسبه مقاومت ویژه الکتریکی در اعماق مختلف مدل های ژئوفیزیکی حاصل می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، بررسی خصوصیات ژئوفیزیکی، هیدروژئولوژیکی و ژئوتکنیکی زمین دانشگاه یزد، جهت نصب سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی می‌باشد

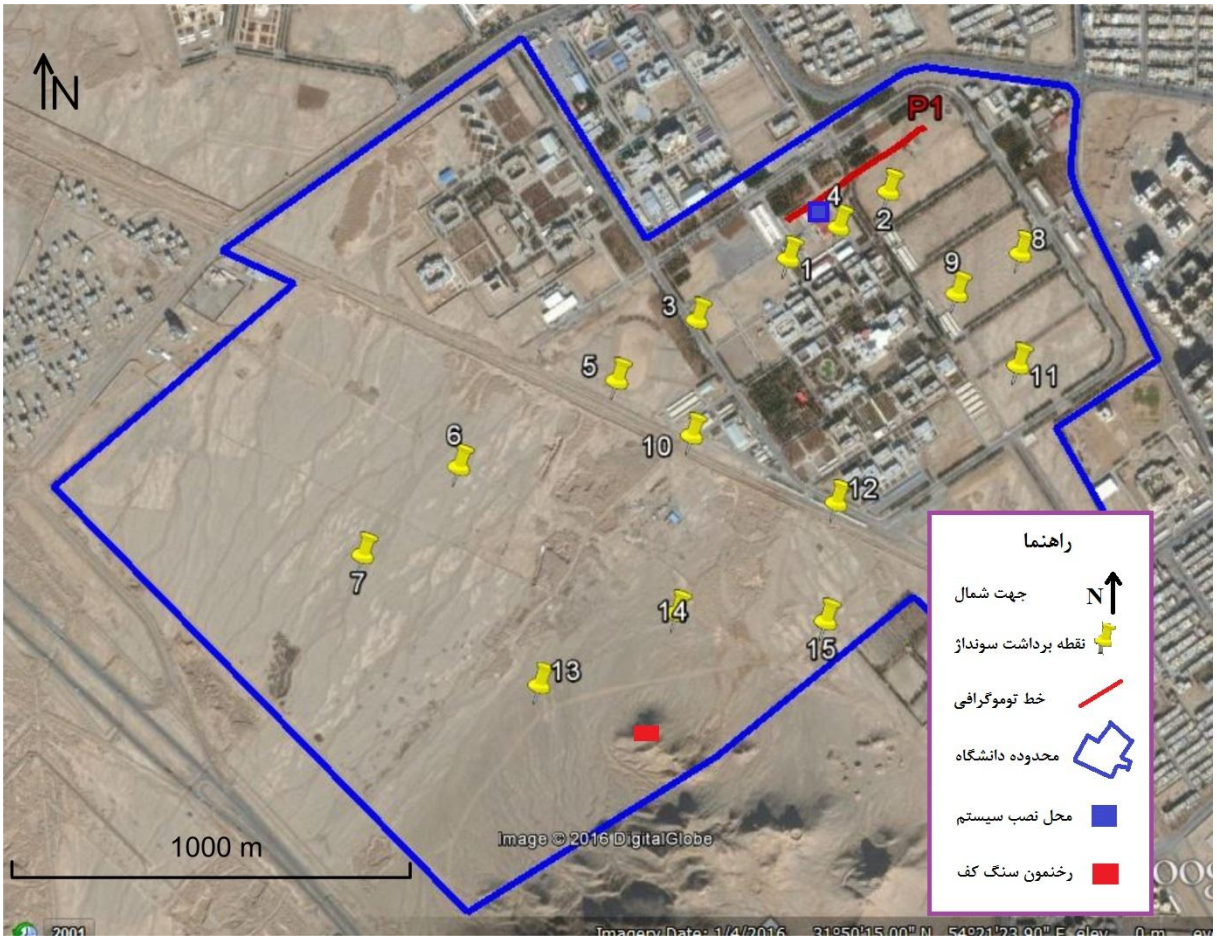
۲- ژئوفیزیک

بدیهی است که بهترین راه شناخت خصوصیات زمین‌شناسی یک محل، دسترسی مستقیم به مواد تشکیل‌دهنده زمین، از طریق چاه، ترانشه، تونل و دیگر حفریات می باشد اما بدلیل محدودیت‌های اجرایی و نیز هزینه‌های سرسام آور حفر زمین، این راه عملا غیر ممکن است، بنابراین باید به فکر روشی ارزان، قابل اجرا و در عین حال مطمئن در جهت شناخت پارامترهای زیر سطحی بود. لذا، استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی، در تعیین خصوصیات زمین قبل از اجرای پروژه‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی سودمند است. بنابراین شبکه‌ای از نقاط جهت برداشت سوندژهای الکتریکی در سطح دانشگاه طراحی شده و

www.SID.ir

Archive of SID

براساس آن ۱۵ نقطه گمانه زنی قائم (سونداژ) الکتریکی به اضافه یک خط توموگرافی، اجرا شده و نتایج آن پس از پردازش‌های لازم، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل شماره ۱ موقعیت این نقاط و خط برداشت را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت نقاط و خط برداشت ژئوالکتریک بر روی نقشه گوگل دانشگاه یزد. خط آبی: محدوده دانشگاه. خط قرمز: خط برداشت توموگرافی. نقاط زرد شماره گذاری شده: نقاط برداشت سونداژ. مربع آبی کنار نقطه ۴: محل نصب سیستم

خط برداشت توموگرافی در راستای شمال شرق-جنوب غربی، طراحی و برداشت (اجرا) شد. این خط دارای ۲۲ نقطه تزریق جریان و اندازه گیری اختلاف پتانسیل بوده که در آرایش الکترودی دوقطبی- دوقطبی و با فاصله الکترودی ۲۰ متر، ۴۲۰ متر امداد یافت و می‌توان عمق نفوذ آن را حدود ۶۵ متر درنظر گرفت.

تلاش شود در متن مقاله از جملات رسا، گویا، و کوتاه استفاده شود. برای خوانایی بهتر مقاله باید سعی شود تا حد امکان علامت‌گذاری متن مقاله (نقطه، نقطه ویرگول، دو نقطه، علامت سوال) بدرستی انجام شود. درستی نوشتار بر پایه املای زبان فارسی ضروری است، و بایستی در نگارش مقاله مدنظر قرار گیرد. بعنوان مثال، به کاربرد بجای نیم‌فاصله و همزه توجه شود.

با تفسیر اطلاعات بدست آمده از عملیات ژئوفیزیک، مجموعا ۵ لایه زمین‌شناسی برای محدوده مورد بررسی درنظر گرفته شد. این لایه‌ها بترتیب از سطح به عمق عبارتند از: ۱) لایه خاک سطحی دست خورده که ضخامتی کمتر یک متر

www.SID.ir

Archive of SID

داشته و مقاومت ویژه الکتریکی بالایی از خود نشان می‌دهد؛ ۲) لایه خاک مرطوب دارای چند درصد نمک که ضخامتی متغییر و عموما کمتر از ۱۰ متر دارد؛ ۳) لایه رسوبات خشک شامل تناوبی از لایه‌ها با دانه بندی‌های مختلف که دارای مقاومت ویژه متوسط است؛ ۴) زون آبدار که بدلیل وجود آب، مقاومت ویژه نسبتا پایینی از خود نشان می‌دهد؛ ۵) سنگ کف که از آهک تشکیل شده و بیشترین مقدار مقاومت ویژه را به خود اختصاص می‌دهد. البته باید در نظر داشت که در تمام نقاط مورد بررسی، الزاما هر پنج لایه قابل وجود ندارد (از جمله نواحی بدون زون آبدار).

۳- ژئوتکنیک

همان طور که قبلا اشاره شد، در مطالعات زیرسطحی، بمنظور کاهش هزینه و زمان، و نیز سهولت در انجام عملیات، استفاده از ژئوفیزیک بهترین گزینه است؛ اما بهره‌گیری از روش‌های کمکی مستقیم مانند: حفر ترانشه، چاه، چاهک و گمانه و استفاده از رخنمون لایه‌های زیر سطحی (درصورت وجود)، می‌تواند در راستای شناخت دقیق ساختارهای درونی زمین، موثر باشد. در این راستا، اقدام به حفر یک گمانه به عمق حدود ۱۸۰ متر، چند حلقه چاه کم عمق (حدود۲۵ متر)، دو ترانشه به طول حدود ۵۰ متر و نمونه گیری از این حفریات شد. نمونه‌های مذکور مورد آزمایش تعیین دانه‌بندی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده از این بخش و بخش ژئوفیزیک، اطلاعات زیر استخراج شد:

الف) عمق سنگ کف در محدوده مورد بررسی متغییر بوده و در محل نصب سیستم (مربع آبی رنگ مشخص شده در شکل شماره ۱)، ۱۸۰ متر اندازه‌گیری شد.

ب) رخنمون سنگ کف در قسمت جنوبی محدوده قابل مشاهده است (مربع قرمز مشخص شده در شکل شماره ۱).

ج) عمق سنگ کف در نقاط شماره ۱۱، ۱۳ و ۱۴ (شکل شماره ۱) بترتیب برابر ۱۰۰، ۶۵ و ۳۰ متر تخمین زده شد.

د) مواد زمین‌شناسی قرار گرفته روی سنگ کف، از تناوب رسوبات دانه ریز تا متوسط تشکیل شده و از نظر حفاری نسبتا نرم می‌باشد. البته در عمق حدود ۲۰ متر و ۱۳۰ متر دو لایه بسیار نازک و سخت (موسوم به سنگ جوش) مشخص شد.

۴- هیدروژئولوژی

انجام مطالعات هیدروژئولوژی قبل از اجرای پروژه پمپ حرارتی زمین‌گرمایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا وجود آب و حتی چند درصد رطوبت باعث ایجاد تغییرات قابل توجهی در خصوصیات حرارتی خاک می‌شود. با افزایش مقدار نمک‌های محلول در آب، این تغییرات شدیدتر خواهد بود. از این رو، با توجه به اطلاعات بدست آمده از عملیات اکتشافی صورت گرفته، اقدام به تعیین وضعیت هیدروژئولوژی محدوده مورد مطالعه شد که نتایج حاصل، به اختصار ارائه خواهد شد.

از نظر وجود آب زیرزمینی می‌توان نقاط ۱ تا ۶ و ۱۰ (شکل شماره ۱) را با ضریب اطمینان بالایی مشخص کرده و احتمال وجود آب در نقاط ۷ و ۱۲ را مطرح کرد. عمق سطح ایستابی در محل حفر گمانه، ۱۰۷/۳۵ متر اندازه گیری شد. در نقاط ۸، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۴و ۱۵ نیز احتمال وجود زون آبدار بسیار اندک است. دلیل این امر، شیب نسبتا زیاد سنگ کف و عمق کم آن در قسمت شرق و جنوب شرقی محدوده می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده، دو نظریه پیرامون ساختارهای زیر سطحی در این محدوده ارائه شد: طبق نظریه اول احتمال وجود دو شکستگی و یا دره مدفون تقریبا عمود بر هم، یکی در راستای نقاط ۲-۷ و دیگری در راستای نقاط ۵-۱۲ وجود دارد و ادعا می‌شود زون آبدار محدوده مورد مطالعه به این دو راستا محدود شده است. براساس نظریه دوم، ساختار محدود کننده (قشر نفوذناپذیر) که زون آبدار را احاطه کرده، از شرق محدوده یعنی محل برداشت سوندژ ۱۱ شروع شده، به سمت نقاط ۱۵، ۱۴ و ۱۳ کشیده شده و بصورت یک هلال، از سمت غرب ادامه پیدا می‌کند. بر این اساس می‌توان ادعا کرد که

www.SID.ir

Archive of SID

با حرکت به سمت شمال و شمال غربی، عمق سنگ کف و به تبع آن، ضخامت لایه آبدار افزایش خواهد یافت.

۵- تعیین هدایت حرارتی

تعیین هدایت حرارتی خاک از روش‌های مختلفی(از قبیل: اندازه گیری مستقیم با استفاده از پروب تعیین هدایت‌حرارتی، آزمون پاسخ حرارتی، استفاده از درصد رطوبت و دانه‌بندی ذرات و استفاده از رابطه بین مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت حرارتی) قابل انجام است. با توجه به وسعت محدوده مورد مطالعه (حدود ۴ کیلومتر مربع) و عمق موررد بررسی (حدود ۱۸۰ متر)، اندازه‌گیری مستقیم این پارامتر امکان پذیر نیست. بنابراین در این پژوهش استفاده از رابطه بین مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت حرارتی(عکس هدایت حرارتی) و همچنین آزمون پاسخ حرارتی برای تعیین ضریب هدایت حرارتی، درنظر گرفته شد که عملیات میدانی و تحلیل داده های روش اول انجام شده و تجهیزات مورد نیاز روش دوم در حال آماده سازی می‌باشد.

۶- تعریف رابطه بین مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت حرارتی

عده‌ای از دانشمندان، [۱۱] و [۱۳] به بررسی ارتباط بین مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت حرارتی پرداخته‌اند. برای روشن‌تر شدن روند کار، مراحل ارتباط دادن این دو پارامتر به یکدیگر توسط سینگ و همکارانش بصورت خلاصه بیان می‌گردد:

مطالب این بخش، برگرفته از پژوهش «سینگ و همکارانش» [۱۳] می‌باشد. آنها مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت حرارتی را برای دو نوع خاک(رس و ماسه سیلتی) بدست آورده و برای یافتن رابطه‌ای بین این دوپارامتر، تغییرات آن‌ها را با درجه اشباع بررسی کردنده و به رابطه ۱ دست یافتند:

$$\mathrm{Log}(\mathrm{R_T}) = \mathrm{C_R}\mathrm{Log}(\mathrm{R_E}) \quad (۱)$$

که در آن، $\mathbf{R_T}$ مقاومت ویژه الکتریکی برحسب اهم-سانتی‌متر (Ω.cm) و $\mathbf{R_T}$ مقاومت حرارتی برحسب سانتی‌متر درجه سانتی‌گراد بر وات ($cm°C\boldsymbol{Wat^{-1}}$) بوده و $\mathbf{C_R}$ یک چند متغییره است که از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$(\mathrm{C_R}) = 1.34 + 0.0085\mathrm{F} \quad (۲)$$

که در آن، پارامتر «F»، مجموع مقادیر ذرات ماسه و گراول (از ۰/۰۷۵ تا ۷۵ میلی‌متر) برحسب درصد بوده و از آزمایش تعیین دانه بندی بدست می‌آید.

۷- محاسبه هدایت حرارتی

با توجه به اینکه مقاومت حرارتی، عکس هدایت حرارتی (K) می‌باشد؛ رابطه ۱ به صورت رابطه ۳ قابل بازنویسی است:

$$\mathrm{K} = {R_E}^{-1/C_R} \quad (۳)$$

که در آن، K هدایت حرارتی بوده و واحد آن عکس واحد مقاومت حرارتی می‌باشد. در فرمول بدست آمده (رابطه ۳)، با داشتن مقدار مقاومت ویژه الکتریکی و ثابت «$\mathbf{C_R}$»، می‌توان مقدار هدایت حرارتی خاک را تخمین زد. این ثابت، با داشتن پارامتر «F» بدست آمده از آزمایشات دانه بندی، قابل محاسبه است. اما در بخش‌های قبل، تعداد لایه‌های زیر سطحی تا سنگ کف در محدوده دانشگاه، ۵ لایه در نظر گرفته شده که مقدار متوسط مقاومت ویژه الکتریکی هر کدام از طریق برداشت‌های ژئوفیزیکی اندازه گیری شده است. جدول شماره ۱ مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی، میانگین پارامتر F ، مقدار $\mathbf{C_R}$ ، متوسط مقاومت حرارتی و متوسط هدایت حرارتی هر لایه را نشان می‌دهد:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقدار متوسط پارامترهای مقاومت ویژه الکتریکی، C_R،F، مقاومت و هدایت حرارتی برای لایه‌های مختلف زمین‌شناسی در محدوده مورد بررسی

لایه	خاک سطحی	مرطوب و شور	رسوبات خشک	لایه آبدار	سنگ کف
مقاومت ویژه (Ωm)	۵۰۰	۴۰	۸۰	۱۵	۱۰۰۰
متوسط F (درصد)	۸۴/۶۲	۷۷/۶۱	۸۱/۰۸	۷۴/۶۵	-
C_R	۲/۰۶	۲	۲/۰۳	۱/۹۷	-
مقاومت حرارتی (سانتی‌متر درجه سانتی‌گراد بر وات)	۱۹۲/۳۱	۶۳/۲۹	۸۴/۰۳	۴۰/۶۵	-
هدایت حرارتی (وات بر متر درجه سانتی گراد)	۰/۵۲	۱/۵۸	۱/۱۹	۲/۴۶	-

با توجه به جدول شماره ۱، لایه آبدار و خاک سطحی بترتیب دارای بیشترین و کمترین رسانش گرمایی هستند.

۸- نتیجه گیری

۱- برای صرفه جویی در قیمت تمام شده انرژی، با استفاده از پمپ حرارتی زمین منبع می‌توان از زمین بهره گرفت.
۲- کارایی پروژه پمپ حرارتی زمین منبع، بعنوان یک سیستم مرتبط با زمین، شدیدا به خصوصیات حرارتی زمین (مانند: هدایت گرمایی)، بستگی دارد.
۳- با توجه به تاثیرپذیری هدایت‌های گرمایی و الکتریکی خاک، از عوامل یکسان (دانه‌بندی، رطوبت، جنس ذرات و ...)، یکی از مناسب ترین راه‌های تعیین هدایت حرارتی زمین، استفاده از مقاومت الکتریکی آن است.
۴- ازبین روش های ژئوفیزیکی موجود، روش مقاومت ویژه الکتریکی، مناسب ترین روش برای مطالعات اولیه اجرای پروژه های پمپ حرارتی زمین گرمایی است. زیرا، علاوه بر تعیین مقاومت الکتریکی زمین تا اعماق مورد نیاز برای تعیین هدایت حرارتی، می توان از آن برای تعیین خصوصیات ساختاری زمین، تعیین سطح ایستابی و تخمین عمق سنگ کف نیز استفاده کرد.
۵- با توجه به مطالعات ژئوفیزیک انجام شده، در سایت دانشگاه یزد، ۵ لایه زمین شناسی: خاک سطحی، خاک مرطوب دارای چند درصد نمک، رسوبات خشک، لایه آبدار و سنگ کف قابل تعریف است.
۶- بیشترین رسانش گرمایی مربوط به لایه آبدار بوده و خاک سطحی، کمترین هدایت حرارتی را دارد.
۷- با توجه به لزوم بالا بودن رسانش گرمایی زمین دربرگیرنده مبدل حرارتی زمینی، لایه آبدار محل مناسبی بنظر می‌رسد، اما بدلیل زیاد بودن عمق سطح ایستابی (حدود ۱۰۷ متر) در محل نصب سیستم، هزینه نصب مبدل حرارتی در این قسمت بالا می‌باشد.
۸- لایه خاک دارای املاح، با توجه به عمق کم و رسانش حرارتی نسبتا بالایی که دارد، درصورتیکه دارای ضخامت و رطوبت لازم باشد می‌تواند محل مناسبی برای نصب مبدل باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Omer A M. Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008;12: 2265-2300.
[2] Dincer I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2000; 4: 157-175.
[3] Casteleiro-Roca J L, Quintian H, Calvo-Rolle J L, Corchado E, Meizoso-Lopez M, pinon-Pazo A. An Intelligent Fault Detection System for a Heat Pump Installation Based on a Geothermal Heat Exchanger. *journal of Applied Logic*. 2005;00: 1-12.
[4] Zhu N, Hu P, Xu L, Jiang Z, Lei F. Recent research and applications of ground source heat pump integrated with thermal energy storage systems: A review. *Applied Thermal Engineering*. 2014;71: 142-151.
[5] Ozturk M. Energy and exergy analysis of a combined ground source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*. 2014;73: 362-370.
[6] Yang H, Cui P, Fang Z. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. *Applied Energy*. 2010;87(1): 16-27.
[7] Zhang CH, Guo Zh, Liu Y, Cong X, Peng D. A review on thermal response test of ground-coupled heat pump systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014;40: 851-867.
[8] Yu X, Zhang Y, Deng N, Ma H, Dong Sh. Thermal response test for ground source heat pump based on constant temperature and heat-flux methods. *Applied Thermal Engineering*. 2016;93: 678-682.
[9] Arias-Penas D, Castro-García M P, Rey-Ronco M A, Alonso-Sánchez T. *Geothermics*. 2015;54: 35-42.
[10] Usowicz B, Lipiec J, Usowicz J B, Marczewski W. Effects of aggregate size on soil thermal conductivity: Comparison of measured and model-predicted data. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2013;57: 536-541.
[11] Fragkogiannis G, Apostolopoulos G, Stamataki S. correlation of thermal conductivity and electrical resistivity of soil, for near surface geothermal applications. *National Technical University of Athens.*
[12] Busby J, Lewis M, Reeves H, Lawley R. *Initial geological considerations before installing ground source heat pump systems*. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG & British Geological Survey, Crowmarsh Gifford, Wallingford, OX10 8BB.
[13] Singh D N, Kuriyan S J, Manthena K C. A Generalized relationship between soil electrical and thermal resistivity. *Experimental Thermal Fluid science*. 2001;25: 157-181.

www.SID.ir

Archive of SID

Hydrogeological, geophysical and geotechnical studies, before implementation of the geothermal heat pump system in Yazd University site

Ahmad Zare Hojatabadi, Ahmad Ghorbani, Abdolhamid Ansari, Farhad Mohammadtorab, Ruhollah Azizi Tafti, Vali Kalantar, Aliakbar Dehghan, Alimmohamad Rassoulian, Zaynab Emadian

Department of exploration, Faculty of mining and metalorgy, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: ahmadzare.89@gmail.com
Department of exploration, Faculty of mining and metalorgy, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: aghorbani@yazd.ac.ir
Department of exploration, Faculty of mining and metalorgy, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: h.ansari@yazd.ac.ir
Department of exploration, Faculty of mining and metalorgy, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: fmtorab@yazd.ac.ir
Department of mechanic, Faculty of mechanic, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: azizitafti@yazd.ac.ir
Department of mechanic, Faculty of mechanic, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: vkalantar@yazd.ac.ir
Department of mechanic, Faculty of mechanic, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: adehghan@yazd.ac.ir
Department of mechanic, Faculty of mechanic, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: rassoulian@yazd.ac.ir
Department of Architecture, Faculty of art and Architecture, University of Yazd university, Address, Iran, Yazd, Yazd university E-mail: z_emadian@yazd.ac.ir

Abstract.
The use of geothermal heat pump system, is considered as one of the best ways to reduce energy consumption in heating and cooling buildings. In this system that uses from stability of the ground's temperature after passing through several meters of topsoil, the external heat exchanger that located in the ground, transfers energy with subsurface soil. Geological studies before implementing this system is inevitable. The aim of the present paper is to do these studies in the Yazd University to enhance the system performance. In this regard exploratory studies, including impression of 15 sounding and an electrical resistivity profile, digging a trench, shallow wells (up to 25 m) and a borehole down to lower the water table level (176 m), Geotechnical studies including grading the material of borehole and one of the wells and hydrogeological study was carried out. These studies were used to estimate the value of thermal conductivity. The results, shows the thermal conductivity about 1 W per cm ° C.

Keywords:
Ground source heat pump, Geothemal heat pump, thermal conductivity, electrical rasistivity.

www.SID.ir