فصلنامه علمی تخصصی مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری
سال سوم، شماره ۳ (پیاپی: ۱۲)، پاییز ۱۳۹۹، جلد یک
ISSN: 2645-4424

# مقایسه تطبیقی کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در ساختمان‌های شهرهای بندرعباس و رشت

رضا وحیدی داریان [1*]، فاطمه خانجانی ویشکی [2]، حدیثه کامران کسمایی [3]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۸
کد مقاله: ۹۹۴۱۴

## چکـیده

پرداختن به معماری پایدار، بدون آشنایی با معماری گذشتگان کامل نیست. گسترش منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، از چالش‌های اساسی انسان در قرن بیست و یکم است. در این مقاله ضمن بررسی کلیات انرژی زمین‌گرمایی، به‌صورت عمیق‌تر، به کاربرد آن در گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها و ملزومات آن پرداخته شده است و کاربرد این انرژی را در دو شهر بندرعباس و رشت مشخص شده است. روش تحقیق بر اساس مطالعات اسنادی کتابخانه‌ای بوده است. بدین معنی که از مقالات و کتب مرتبط استفاده شده است و با توجه به آن به تحلیل و بررسی موضوع پرداخته شد. با تحقیقات انجام شده مشخص شد که انرژی زمین‌گرمایی به‌صورت مستقیم در استخرهای آب گرم، مراکز گلخانه‌ای، گرمایش منازل، ذوب برف و پیشگیری از یخبندان و پمپ حرارتی و به‌صورت غیرمستقیم در نیروگاه‌های تولید برق استفاده شده است. هم‌چنین این نتیجه حاصل شد که در شهرهای بندرعباس و رشت استفاده از انرژی زمین‌گرمایی باعث صرفه‌جویی اقتصادی شده است و میزان کاهش مصرف برق در شهر رشت بیشتر از بندرعباس است. در هر دو شهر میزان مصرف برقی پمپ حرارتی در حالت سرمایش در مقایسه با یک کولر گازی بین ۵۰–۷۰ درصد کاهش داشته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**واژگـان کلـیدی:** انرژی زمین‌گرمایی، سرمایش، گرمایش، پمپ حرارتی

۱- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی معماری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پردیس، پردیس، ایران (نویسنده مسئول)
*Vahidireza.2014@gmail.com*
۲- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی معماری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس، پردیس، ایران
۳- عضو هیت علمی تمام وقت، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پردیس، پردیس، ایران

## ۱- مقدمه

انرژی از مهمترین کار مایه ها و اصلی ترین نیروی اساسی زندگی بشری محسوب گشته و تاریخ تمدن بشری بر بنیاد ابداعات و کشفیات در جهت تبدیل انرژی‌های مختلف به یکدیگر شکل گرفته است. زمین، منبعی سرشار از انرژی حرارتی پاک و سازگار با محیط زیست است که تحت عنوان انرژی زمین‌گرمایی، مورد بهره‌وری و بهره برداری قرار می‌گیرد. انرژی ژئوترمال انرژی حرارتی ذخیره شده در پوسته جامد زمین است که از گرمای مواد مذاب و تخریب مواد رادیواکتیو موجود در اعماق زمین به دست می آید (عرب زاده و همکاران،۱۳۹۲).

انرژی زمین‌گرمایی به عنوان یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر، سهم قابل ملاحظه ای در تولید انرژی‌های جهان دارد. این انرژی به‌صورت استخراج انرژی حرارتی از لایه های زیرین سطح زمین تعریف می گردد و برخلاف سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده و بدون وقفه قابل بهره برداری می باشد (خشه چی، ۱۳۹۸).

انرژی زمین‌گرمایی از ابتدای خلقت مورد استفاده انسان بوده است. بدین ترتیب که از آن برای شست و شو، پخت و پز، استحمام، کشاورزی و درمان بیماری ها استفاده می شد. اسناد و مدارک موجود ثابت می کند که ساکنان کشورهایی نظیر: چین، ژاپن، ایسلند و نیوزیلند در گذشته های دور از این انرژی استفاده می کردند. تا سال ۱۹۵۰ بهره گیری از انرژی زمین‌گرمایی رشد چندانی نداشت، اما حد فاصل سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۳ دلیل گران شدن بی سابقه و ناگهانی نفت، همه کشورها به فکر استفاده از انرژی‌های جایگزین افتادند و به تدریج کشورهایی چون: آمریکا، ایسلند، فیلیپین، اندونزی و اغلب کشورهایی که روی کمربند زمین‌گرمایی جهانی قرار داشتند، بهره برداری از این انرژی را شروع کردند. مهم ترین نشانه های منابع زمین‌گرمایی موارد زیر است: سنگهای آتشفشانی جوان(جوان تر از یک میلیون سال) چشمه های آبگرم بخارافشان یا گازافشان یا آب افشان هستند. (هزار، ۱۳۹۲)

از محدودیت های انرژی زمین‌گرمایی می توان به عدم وجود مکان های زیادی برای ساخت ایستگاه های برق زمین‌گرمایی اشاره کرد. همچنین بعضی مواقع ممکن است همراه با خارج کردن بخار، گازهای خطرناک و مواد معدنی به یک باره از زیرزمین بالا بیایند که میتواند برای سلامتی مشکل آفرین باشد. (حبیبی،۱۳۸۶)

### از مزایای انرژی زمین‌گرمایی میتوان موارد زیر را نام برد:

تمیز بودن: در این روش همانند نیروگاه بادی و خورشیدی، نیازی به سوخت نیست، بنابراین سوختهای فسیلی حفظ می شوند و هیچ گونه آلودگی وارد هوا نمی شود.

بدون ایجاد مشکل برای منطقه: فضای کمتری برای احداث نیروگاه نیاز دارد و عوارضی چون ایجاد تونل، چاله های روباز، کپه های آشغال و یا نشت نفت و روغن را به دنبال ندارد.

قابل اطمینان بودن (پدافند غیر عامل): نیروگاه‌های زمین‌گرمایی می توانند در طول سال فعال باشند و به دلیل قرار گرفتن روی منبع سوخت، مشکلات مربوط به قطع نیروی محرکه در نتیجه ای بدی آب و هوا، بلایای طبیعی و یا تنش های سیاسی را ندارد.

تجدیدپذیری و دائمی بودن

صرفه‌جویی ارزی: هزینه ای برای واردات سوخت از کشور خارج نمی شود و نگرانی های ناشی از افزایش هزینه ای سوخت وجود نخواهد داشت.

ایجاد تنوع در سبد انرژی کشور

توسعه فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مناطق محروم – کمک به رشد کشورهای در حال توسعه: نصب آن در مکان های دور افتاده می تواند، استاندارد و کیفیت زندگی را با آوردن نیروی برق بالا ببرد.(بهبهانی،۱۳۹۵) به طور کلی انرژی زمین‌گرمایی نسبت به سایر انرژی‌های تجدیدپذیر دارای مزایای قابل توجهی مانند: عدم وابستگی به شرایط آب و هوا، پایدار و دائمی بودن، امکان استفاده در اکثر مناطق و بازده حرارتی بالا میباشد (شاهورن و همکاران، ۱۳۹۸) می توان از این انرژی برای تهویه ساختمان استفاده کرد. با توجه به کارکرد پایدار سیستم پمپ زمین‌گرمایی و پتانسیل فراوان منابع زمینی، این سیستم ها در مقایسه با سایر سیستم های سرمایشی و گرمایشی متداول، عملکرد بهتری داشته و به لحاظ زیست محیطی، با محیط سازگار هستند(میراحمدی، ۱۳۹۶).

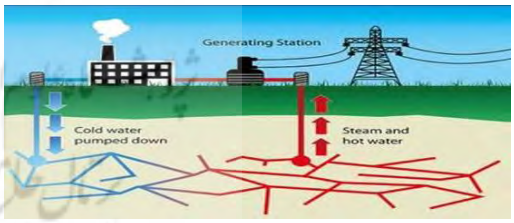
تحقیقات حاجی آقا بابایی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه انرژی زمین‌گرمایی نشان داده استفاده از انرژی زمین‌گرمایی باعث کاهش مصرف انرژی در ساختمان سازی و کاهش آلودگی های ناشی از مصرف سوخت های فسیلی می گردد.

تحقیق زمانی علویجه (۱۳۹۵) نشان داد که سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، یکی از روش های جدید و پاک برای تأمین گرمایش ساختمان ها در جهان می باشند و ترکیب آن با کلکتورهای خورشیدی به این سیستم در جهت مصرف کمتر انرژی، پاک تر بودن و انعطاف پذیر بودن آن کمک میکند.

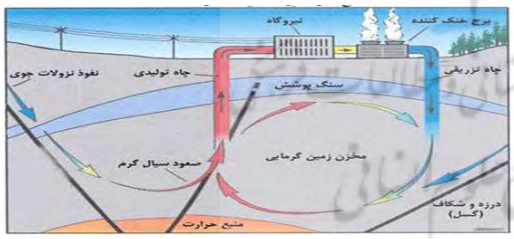
در تحقیق عبادی و همکاران (۱۳۹۵) مشخص شد که انرژی زمین‌گرمایی تحت تاثیر اقلیم نیست و با استفاده طولانی مدت از آن می توان از تغییر اقلیم جلوگیری کرد. در تحقیق ناطق پور و اشجاری (۱۳۹۲) مشخص شد که سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، یکی از روش های جدید و پاک برای تأمین گرمایش ساختمان ها در جهان می باشند و ترکیب آن با کلکتورهای خورشیدی به این سیستم در جهت مصرف کمتر انرژی، پاک تر بودن و انعطاف پذیر بودن آن کمک می کند. در این روش، پمپ حرارتی انرژی ذخیره شده در داخل زمین را به وسیله ای لوله های نصب شده در داخل زمین استخراج کرده و به ساختمان منتقل می کند. استفاده مداوم از زمین، دمای موثر آن را کاهش داده و موجب کاهش ضریب عملکرد سیستم می شود. به منظور افزایش ضریب عملکرد، از ترکیب سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی با کلکتورهای خورشیدی استفاده میشود که حرارت خورشید برای گرمایش آب مصرفی ساختمان و ذخیره انرژی خورشیدی در زمین استفاده می شود. در تحقیق میراحمدی(۱۳۹۶) مشخص شد که پمپ های حرارتی زمین‌گرمایی با استفاده از انرژی برق، گرما را از زیرزمین جمع آوری و توسط سیالی که از لوله های کار گذاشته شده می گذرد، به واحد نصب شده در داخل ساختمان منتقل می کنند. در تحقیق وانگ و همکاران(۲۰۲۰) مشخص شد که انرژی زمین‌گرمایی به عنوان یک منبع انرژی تمیز و تجدیدپذیر با محتوای کربن کم مطرح است و مزایایی از قبیل: پوشش گسترده منابع در دسترس، تأثیر کم بر محیط زیست، هزینه های پایین کارکرد و قابلیت اطمینان بالا دارد. با توجه به آنچه گفته شد در این تحقیق به بررسی انرژی زمین‌گرمایی، تاریخچه آن و کاربرد آن در ساختمان پرداخته می شود و کاربرد این انرژی در ساختمان ها در دو شهر بندرعباس و رشت مشخص می شود. بدین منظور از روش اسنادی کتابخانه‌ای استفاده شده است.

## ۲- کاربردهای انرژی زمین‌گرمایی

استفاده از انرژی زمین‌گرمایی به دو بخش عمده تولید برق و استفاده مستقیم از انرژی حرارتی طبقه بندی می گردد. استفاده از انرژی زمین‌گرمایی برای تولید برق بطور کلی در نیروگاه‌های زمین‌گرمایی از انرژی سیال خروجی از چاه های حفر شده جهت به چرخش درآوردن توربو ژنراتورها و در نتیجه تولید برق استفاده می کنند. استفاده مستقیم انرژی زمین‌گرمایی عبارتند از: ایجاد استخرهای شنا و مراکز آب درمانی، گرمایش ساختمان ها، استفاده های کشاورزی (زراعت گلخانه‌ای و دامداری‌ها)، پرورش آبزیان، فرایندهای صنعتی و ذوب برف در معابر (امجدی و همکاران، ۱۳۹۲ به نقل از مقدم). استفاده دیگر از انرژی زمین‌گرمایی در پمپ های حرارتی جهت تامین سرمایش و گرمایش ساختمان ها و کارخانجات است. (امجدی و همکاران، ۱۳۹۲ به نقل از هانوا و دولت آبادی، ۲۰۰۷). (درشکل ۱ نحوه استفاده از انرژی زمین‌گرمایی شرح داده شده است.)




**شکل۱. نحوه استفاده از انرژی زمین گرمایی**
**(ماخذ: https://www.shana.ir/)**




**شکل۲. چرخه استفاده انرژی زمین‌گرمایی**
**(ماخذ: https://www.shana.ir/)**

### ۲-۱- اثرات زیست محیطی انرژی زمین‌گرمایی

نیروگاه‌های زمین‌گرمایی نیز همانند نیروگاه‌های دیگر دارای اثرات زیست محیطی است. اثرات اولیه ساخت و تولید انرژی از این نیروگاه ها عبارتند از: انتشار گازها و مایعات زمین‌گرمایی شامل: گازهای غیر و سولفید قابل حل و بیشتر دی اکسید کربن و مقدار کمی آمونیوم، هیدروژن، متان و هیدروژن نیتروژن و رادون و مقادیر ناچیزی مواد فرار بورون، آرسنیک و مرکوری است. اثرات بر روی چشم انداز و کاربری اراضی: نیروگاه‌های زمین‌گرمایی به زمین نسبتا کمی نیاز دارند، تاسیسات زمین‌گرمایی نیازی به سد سازی برروی رودخانه ها یا برداشت جنگل ندارند (حبیبی،۱۳۸۶).

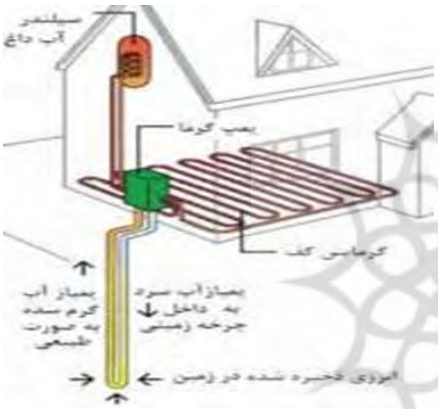
نشست زمین: در مراحل بعدی توسعه، مایعات زمین‌گرمایی از یک مخزن با سرعت بیشتر از حالت طبیعی به مخزن عقب شیده می شوند، این خروجی ها باعث فشردگی سنگ ها در منطقه بخصوص در مورد رس ها و رسوبات می شود که منجر به فرونشینی زمین در سطح می‌شود (حبیبی،۱۳۸۶ به نقل ازشیباکی،۲۰۰۳).

آلودگی حرارتی: در موارد حاد، پس آب زمین‌گرمایی دردمای ۳۵-۴۰ درجه ی سانتیگراد ممکن است ناچارا به درون نهرها، رودها یا دریاچه ها تخلیه شود. بسیاری از گونه های جانوری و گیاهی نسبت به تغییرات دما حساس اند و تغییرات دمایی پایدار به میزان ۱ درجه سانتی گراد یا کمتر از آن می تواند باعث ایجاد تغییرات شدید در اکوسیستم های موجود درآب شود (حبیبی، ۱۳۸۶ به نقل از مدیسکون،۲۰۰۴).

## ۲-۲- استفاده مستقیم از انرژی زمین‌گرمایی بعنوان منبع گرمایی

موارد بهره برداری مستقیم از انرژی زمین‌گرمایی را میتوان به ۵ دسته کلی زیر تقسیم بندی کرد: گرمایش ساختمان ها، کشاورزی، دامپروری، کاربردهای صنعتی و درمان بیماری ها. گرمایش ساختمانها متداول ترین کاربرد مستقیم انرژی زمین‌گرمایی است. حدود ۳۷ درصد کاربرد مستقیم انرژی زمین‌گرمایی در سراسر جهان را گرمایش فضاهای مختلف مسکونی، تجاری، اداری و غیره به خود اختصاص می دهد. البته در صورت نامناسب بودن کیفیت آب از نظر شیمیایی، از مبدل حرارتی برای گرمایش استفاده میشود. یکی از مزیت های مهم سیستم های گرمایشی این است که آب داغ پس از تأمین حرارت فضاهای مختلف، مجدداً به درون مخزن زمین‌گرمایی تزریق می شود و در نتیجه میزان آلودگی زیست محیطی آن بسیار پایین می باشد. امروزه انواع خاصی از مبدل های حرارتی وجود دارند که درون چاه های زمین‌گرمایی تعبیه شده و حرارت آب داغ مخزن را به آب شیرین درون مبدل منتقل می کنند. درجه حرارت آب گرم مورد نیاز برای سیستم های گرمایشی حدود ۶۰ درجه است. امروزه کشورهای ایسلند، فرانسه، مجارستان و ژاپن برای تأمین حرارت سیستم های گرمایش مرکزی خود از انرژی زمین‌گرمایی استفاده می کنند.

به عنوان مثال شهر ۱۵۰ هزار نفری ریکیاویک مرکز ایسلند تماماً به وسیله آب داغ تولیدی از مخزن های زمین‌گرمایی مجاور شهر تأمین می شود. پمپ های حرارتی زمین‌گرمایی نوعی سیستم تهویه گرمایش و سرمایش هستند. همان گونه که میدانیم، درجه حرارت در عمق زمین تا اعماق ۲ تا ۱۵ متری تقریباً در تمام طول سال ثابت است.




**شکل ۳. استفاده از انرژی زمین‌گرمایی برای گرمایش ساختمان‌ها (ماخذ: اکبری نوقابی و همکاران،۱۳۸۶).**

بنابراین با استفاده از این پدیده طبیعی می توان، گرمایش و سرمایش منازل را در زمستان و تابستان فراهم کرد. در واقع سازوکار اصلی این سیستم های تهویه، تبادل حرارت با بخش های کم عمق زمین است، بدین معنی که در فصل تابستان، حرارت را از داخل منازل به زمین منتقل می کنند و در زمستان، حرارت زیرزمین را به داخل فضاهای مسکونی هدایت می کنند (اکبری نوقابی و همکاران، ۱۳۸۶). در شکل ۳ نحوه استفاده از انرژی زمین‌گرمایی به منظور گرمایش ساختمان ها نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## ۳- بررسی اقلیم بندرعباس و رشت

### ۳-۱- اقلیم بندرعباس

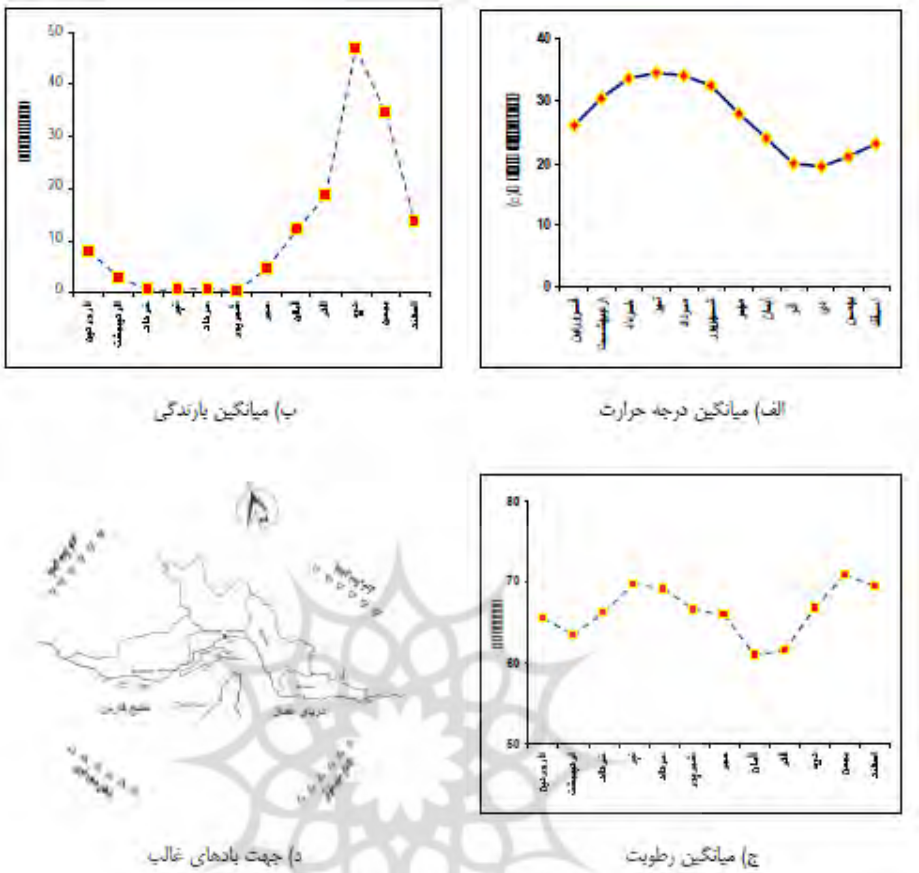
شهر بندرعباس روی عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶متر از سطح دریا در سواحل شمالی خلیج فارس و مشرف به تنگه هرمز قرار گرفته است(مشیری، ۱۳۸۸ به نقل از اداره کل هواشناسی استان هرمزگان،۱۳۸۵). اقلیم گرم و مرطوب بندرعباس، شرایط زیر را به این شهر حاکم کرده است:

- دما و رطوبت زیاد هوا در تمام طول سال
- میزان بارندگی کم و نامنظم سالانه با متوسطی در حدود ۱۸۰ میلی متر
- تغییرات نامحسوس شب و روز
- اختلاف حرارتی زیاد درجه حرارتسالانه و اختلاف اندک دمای فصلی
- باد ها با سرعت زیاد و پریود زمانی زیاد با جریان هوای ثابت و بدون حرکت

تنایج هواشناسی ۳۰ ساله این شهر( شکل ۴) نشان می دهد متوسط دمای هوای سالانه بندرعباس ۲۵/۹ درجه سانتی گراد و اختلاف دمای آن ۲۵ درجه سانتی گراد است وهمیشه در گروه رطوبتی سوم (۷۰-۵۰ درصد).

به علت کمی بارندگی و عدم ریزش آن در حدود هفت ماه از سال، سطح زمین خشک بوده و به آسانی اشعه خورشید را منعکس می کند و باعث افزایش دمای هوا و مختل نمودن منطقه آسایش خواهد شد. بنابراین مدت هفت ماه از سال بسیاری از

فعالیت های انسانی در شرایط بسیار گرم صورت گیرد که نتیجه آن تعریق فراوان بوده ؛ لذا به منظور تبخیر نمودن عرق و خنک شدن بدن وجود جریان هوای ممتد کاملا ضروری است (مشیری، ۱۳۸۸ به نقل از الگی،۱۹۸۱). درشکل ۴ اقلیم بندرعباس نشان داده شده است.




**شکل ۴. اقلیم بندرعباس (ماخذ: مشیری،۱۳۸۸به نقل از اداره هواشناسی استان هرمزگان،۱۳۸۵).**

## ۳-۲- اقلیم رشت

متوسط درجه حرارت سالانه با توجه به اطلاعات هواشناسی رشت در منطقه معادل ۱۶ درجه سانتیگراد می باشد، در نتیجه اینکه شرایط اقلیمی سردی به ترتیب در ماه های شهریور، مهر، آبان، آذر، دی در سطح منطقه حاکم است. بررسی متوسط حداکثر دمای منطقه یاد شده با این نتیجه همراه است که دامنه تغییرات دما در طول سال ۲۱ درجه سانتی گراد و هیچ گاه متوسط دما از ۳۱ درجه سانتی گراد تجاوز نمی کند و در سردترین ماه سال از ۱۱ درجه کاهش می یابد. میانگین بارندگی سالانه ثبت شده در ایستگاه رشت ۱۲۵۵ میلی متر می باشد. در این منطقه حداکثر بارش به طور متوسط ۱۹۳ میلی متر در مهر رخ می دهد، حداقل بارش به طور متوسط به میزان ۲۹ میلی متر در تیر ماه قرار دارد. بیشترین میزان بارندگی در فصل پاییز حدود ۴۹۴ میلی متر است(افشاری آزاد،۱۳۸۷).

شهر رشت به عنوان یک شهر با رطوبت میانگین سالانه بالای ۸۰ درصد است (ضابط محبوب و برنافر،۱۳۹۲). در جدول ۱ بارندگی رشت و در جدول۲ مقایسه دو اقلیم رشت و بندرعباس نشان داده شده است.

**جدول ۱. متوسط بارندگی ماهانه ایستگاه رشت در سال های ۱۳۷۶-۱۳۸۵ ( ماخذ: افشاری آزاد،۱۳۹۲).**

| ماه | فرودین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مجموع بارندگی (میلی متر) | ۶۳ | ۵۶ | ۴۶ | ۲۹ | ۶۲ | ۱۸۱ | ۱۹۳ | ۱۶۷ | ۱۳۴ | ۱۱۹ | ۹۸ | ۱۰۴ |

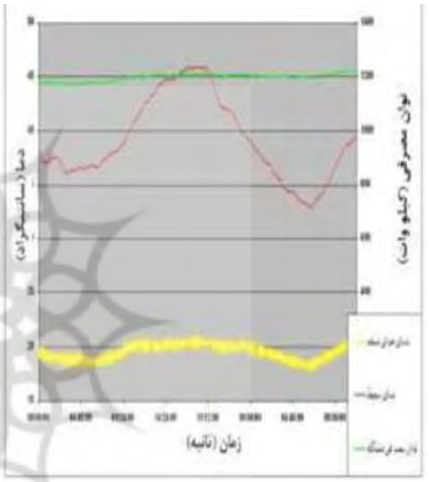
**جدول ۲- مقایسه اقلیمی رشت و بندرعباس( ماخذ: نگارنده)**

| اقلیم رشت | اقلیم بندرعباس |
|---|---|
| متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶ درجه سانتیگراد | متوسط دمای هوای سالانهٔ بندرعباس۲۵/۹ درجه سانتیگراد |
| رشت با میانگین سالانه بالای ۸۰ درصد | دما و رطوبت زیاد هوا در تمام طول سال |
| بارندگی سالانه ۱۲۵۵ میلیمتر | بارندگی کم و نامنظم سالانه با متوسطی در حدود ۱۸۰ میلیمتر |

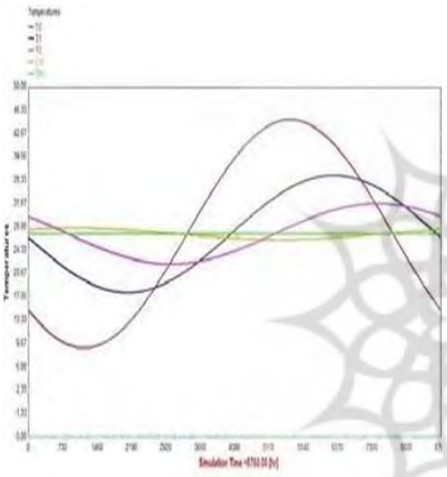
## ۴- انرژی زمین‌گرمایی در شهرهای بندرعباس و رشت

### ۴-۱- پمپ حرارتی زمین گرمائی در سایت بندرعباس

پنجمین پمپ حرارتی زمین گرمائی در ایران در شهر بندرعباس و در کتابخانه اداره جهاد کشاورزی استان هرمزگان نصب شده است. شهر بندرعباس بدلیل گرما و رطوبت بالا و نیز نزدیکی به دریا انتخاب گردید تا تاثیر این ویژگی های مهم بر عملکردپمپ حرارتی زمین گرمائی نیز بررسی و مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. کویل این سیستم بصورت افقی مارپیچ است. منحنی شماره ۲ نشان دهنده این است که در شرایطی که دمای محیط بین ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد بوده، دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمائی با مصرف ۱۳۰۰ وات توانسته هوائی با دمای ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتیگراد را تامین نماید (احمدی و معرفت،۱۳۹۲). در شکل ۵ دمای محیط در بندرعباس نشان داده شده است.




**شکل ۶. دمای سطح زمین با اعماق خاک در بازه یکساله در بندرعباس (احمدی و معرفت،۱۳۹۲).**



**شکل ۵. منحنی دمای محیط، دمای دمنده و میزان میزان توان مصرفی پمپ حرارتی زمین گرمائی در خرداد ماه بندرعباس (احمدی و معرفت،۱۳۹۲).**

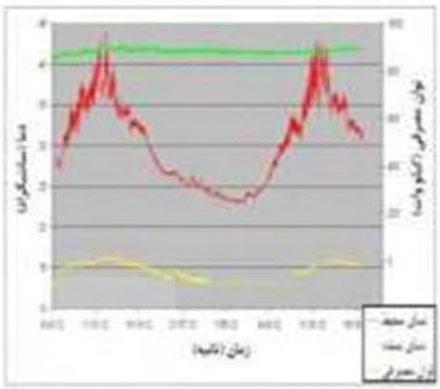
شکل ۶ نشان می دهد که با افزایش ژرفای خاک، دامنه نوسان سالانه ای دما و به ویژه دامنه ای شبانه روزی دما کاهش می‌یابد تا این که در عمق میرش، کما بیش اختلاف شبانه روزی دما از بین می رود. همچنین نوسان شبانه روزی هر عمق، در تابستان بیشتر فصول دیگر است. در طول یک سال هر چه اعماق زمین نزدیک تر می شویم، تغییرات دمایی نسبت به محیط کمترمی باشد و از یک عمق به بعد ثابت می گردد که به این عمق، عمق میرش می گویند. از طرفی با توجهبه استفاده از پمپ حرارتی و کاهش دمای خاک در طول بهره برداری، سیستم هیبریدی خورشیدی می تواند این کاهش را جبران نماید. در شهر بندرعباس در عمق میرش دما حدودا ۲۷ درجه سانتی گراد است. اختلاف دمای سطح زمین و اعماق۱۰ متری افزایش پیدا می کند ولی از آن به بعد کماییش به حالت ثابت می رسد. این امر به این معنی است زمین منبع خوبی است برای تامین گرماییش در ماه های سرد سال است و می توان از حرارت زمین برای تامین گرمایش ساختمان ها استفاده نمود و پمپ حرارتی منبع زمین گرما را به زمین مبادله می کند. این بیش تر یک انرژی کار آمد (به نفع انرژی) است زیرا دمای زیرزمین نسبت به دمای هوا در طول کل سال پایدار تر است (قاسمی و جمشیدی،۱۳۹۸).

### ۴-۲- پمپ حرارتی زمین گرمائی در سایت رشت

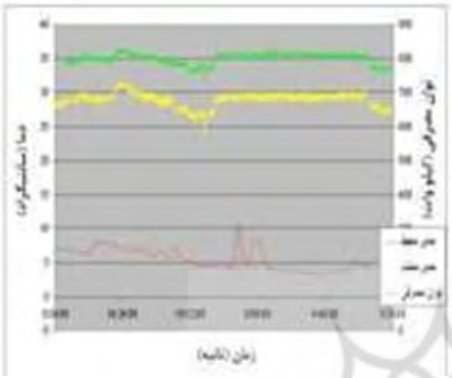
به منظور بررسی عملکرد دستگاه در شرایط شمالی کشور، ساختمان شبکه انتقال واقع در پست شهید سیادتی در شهر رشت به عنوان نمونه انتخاب و سومین پمپ حرارتی در آن نصب و راه اندازی شد. بدلیل بالا بودن سطح آب در شهر رشت و مشکلات حفر

چاه، از کویل عمودی- افقی استفاده شد. به همین منظور در پست شهید سیادتی دو آن کانال به عمق ۵ متری حفاری و در آن لوله های پلی اتیلنی با قطر ۲ اینچ به طول ۱۰۰متربه‌صورت عمودی و افقی با فاصله ۳ متری و ۱/۵متری نصب گردیده است. علاوه بر کویل عمودی افقی به منظور مطالعه کویل های مختلف از دو آرایش افقی دیگر نیز استفاده شده است که قابل انتخاب است. در این سایت برای اولین بار از یک آبگرمکن ۳۰۰ لیتری به‌صورت سری با کویل زمینی استفاده و مورد تست قرار گرفت. نتیجه تست عملکرد مناسبی را برای سیستم ارائه داد به گونه ای که به کمک سیستم نصب شده ضمن خنک کاری فضای اداری به وسعت ۴۵ مترمربع با ارتفاع ۴/۵ متر با مصرف برقی در حدود۸۵۰ وات قادر به تامین آب گرم مورد نیاز مجموعه با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و با حجم۳۰۰ لیتر گردید.

در سایت رشت در حالت گرمایش و در شرایطی دمای محیط ۳ تا ۹ درجه سانتی گراد بوده است دستگاه پمپ حرارتی زمین گرمائی با مصرف۸۰۰ وات برق توانسته دمای دمنده را تا ۳۰ درجه سانتیگراد برساند (شکل ۸). این در حالی است که در حالت سرمایش نیز درمحیطی با دمای بین ۲۳ تا ۴۵ درجه سانتیگرادرسیده است شکل۷ (احمدی و معرفت،۱۳۹۲).



**شکل ۷- منحنی دمای محیط، دمای دمنده و میزان توان مصرفی پمپ حرارتی زمین گرمائی در مردادماه رشت**



**شکل ۸- منحنی دمای محیط، دمای دمنده و میزان توان مصرفی پمپ حرارتی زمین گرمائی در بهمن ماه رشت (ماخذ: احمدی و معرفت،۱۳۹۲)**

جدول زیر برخی از مشخصات پمپ های حرارتی نصب شده در ایران را نشان می دهد. این جداول نشان می دهند مصرف برق سرمایشی بندرعباس نسبت به رشت زیاد است در حالی که مصرف برق گرمایشی رشت از بندرعباس بیشتر است.

**جدول ۳. مشخصات پمپ های حرارتی در رشت و بندرعباس(ماخذ: سازمان انرژی زمین‌گرمایی).**

| مکان | نوع کویل | مصرف برق گرمایشی (W) | مصرف برق سرمایشی (W) | مساحت (m) |
|---|---|---|---|---|
| رشت | عمودی- افقی | ۸۰۰ | ۹۰۰ | ۴۵ |
| بندرعباس | افقی | - | ۱۳۰۰ | ۴۵ |

جدول زیر نشان میدهد میزان کاهش مصرف برق در شهر رشت بیشتر از بندرعباس است. در هر دو شهر میزان مصرف برقی پمپ حرارتی در حالت سرمایش در مقایسه با یک کولر گازی بین ۵۰-۷۰ درصد کاهش داشته و نیز این دستگاه در حالت گرمایش در مقایسه با بخاری برقی بین ۷۰-۸۰ درصد کاهش مصرف برق داشته است.(سازمان انرژی زمین‌گرمایی)

**جدول ۹. مشخصات پمپ های حرارتی در رشت و بندرعباس و کاهش میزان مصرف برق(ماخذ: سازمان انرژی زمین‌گرمایی).**

| نام سایت | ابعاد اطاق | توان مصرفی کولر گازی معمولی | توان مصرفی پمپ حرارتی زمین‌گرمایی برای سرمایش | دمای اتاق | دمای محیط | میزان کاهش مصرف برق |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رشت | ۵*۹*۴ | ۲۵۰۰ | ۱۰۰۰ | ۲۲ | ۳۴ | ۱۵۰۰ |
| بندرعباس | ۵*۳*۹ | ۲۵۰۰ | ۱۲۰۰ | ۲۵ | ۳۵ | ۱۳۰۰ |

## ۵- نتیجه گیری

با تحقیقات انجام شده پیرامون انرژی زمین‌گرمایی و با بررسی های انجام شده در اقلیم های گرم و مرطوب و معتدل و مرطوب نتایج زیر بدست آمد:

۱- انرژی زمین‌گرمایی به‌صورت مستقیم در استخرهای آب گرم، مراکز گلخانه‌ای، گرمایش منازل، ذوب برف و پیشگیری از یخبندان و پمپ حرارتی و به‌صورت غیرمستقیم در نیروگاه‌های تولید برق استفاده می شود.

۲- در بندرعباس متوسط دمای سالانه و رطوبت بیشتر از رشت است ولی در رشت متوسط بارندگی سالانه از بندرعباس بیشتر است.

۳- در شهرهای جنوبی کشور به علت گرم و شرجی بودن هوا بهتر است که پمپ حرارتی در مدت زمانی نزدیک به ۶ ماه از سال بطور مداوم در مود سرمایش کار کند، یعنی استفاده از پمپ حرارتی زمین‌گرمایی باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه ای در مصرف برق خواهد شد. در این شهرها همچنین احتیاجی به استفاده از سیال ضدیخ نیست. بنابراین بخشی از هزینه سرمایه گذاری اولیه حذف شده و بالطبع مدت زمان بازگشت سرمایه کاهش می یابد.

۴- در شهرهای شمالی نیز استفاده از آب گرمکن دارای عملکردی مناسب است. همچنین از انرژی زمین‌گرمایی برای خنک کاری و گرم کردن به خوبی استفاده شده است.

۵- میزان کاهش مصرف برق در شهر رشت بیشتر از بندرعباس است. در هر دو شهر میزان مصرف برقی پمپ حرارتی در حالت سرمایش در مقایسه با یک کولر گازی بین ۵۰-۷۰ درصد کاهش داشته و نیز این دستگاه در حالت گرمایش در مقایسه با بخاری برقی بین ۷۰-۸۰ درصد کاهش مصرف برق داشته است.

## منابع


۱. احمدی، صادق و معرفت، مهدی،۱۳۹۲، کاربرد انرژی زمین‌گرمایی جهت تهویه مطبوع در اقلیم های مختلف کشور، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. اکبری نوقابی، مهدی، حسینی، نیما، اکبری، مهدی، ۱۳۸۶، استفاده از انرژی گرمایی زمین به عنوان منبع انرژی تجدید پذیر، کنفرانس سراسری بهینه سازی مصرف انرژی، مشهد، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران(شاخه خراسان)

۳. افشاری آزاد، محمدرضا،۱۳۸۷، بررسی عناصر اقلیمی بر روی تصادفات جاده ای محور رشت – بندر انزلی، مطالعات برنامه ریزی سکونت گاه های انسانی (چشم انداز جغرافیایی)، دوره ۳، شماره ۷، صص ۹-۲۶

۴. امجدی، علی، قدمی، میثم، احمدی مسعود، نسترن، ناجی، جلیل، ۱۳۹۲، انرژی زمین‌گرمایی و چشم انداز آینده آن در ایران، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا

۵. بهبهانی، سیدمحمد،۱۳۹۵، مجموعه گردشگری در روستای آبگرم با رویکرد استفاده از انرژی زمین‌گرمایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده معماری و شهرسازی

۶. حاجی آقا بابایی، ندا، بیات، زبیده، خاتمی، منا، خداکرمی، جمال،۱۳۹۰، توسعه انرژی زمین‌گرمایی در معماری، اولین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۷. حبیبی، لیلا، ۱۳۸۶، انرژی زمین‌گرمایی: یک منبع قابل تجدید، کنفرانس سراسری بهینه سازی مصرف انرژی، مشهد، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران (شاخه خراسان)

۸. خشه چی، مرتضی، ۱۳۹۸، انرژی زمین‌گرمایی بهبودیافته و جایگاه آن در جهان، دوفصلنامه انرژی‌های تجدید پذیر و نو (۲)۶

۹. زمانی علویجه، مسعود،۱۳۹۵، تحلیل انرژی و اگزرژی یک سیستم هیبریدی پمپ حرارتی زمین‌گرمایی- خورشیدی در گرمایش یک ساختمان اداری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی مکانیک

۱۰. سازمان انرژی زمین‌گرمایی، برگرفته از سایت http://www.satba.gov.ir/

۱۱. شاهورن، اسرافیل، یوسفی، حسین، شهسواری، اردوان، ۱۳۹۸، پیش بینی سهم انرژی زمین‌گرمایی در سبد انرژی جهانی در سال ۲۰۳۰، دوفصلنامه انرژی‌های تجدید پذیر و نو ۶(۱)

۱۲. ضابط محبوب، حمیدرضا، برنافر، مهدی، ۱۳۹۲، بررسی و ارزیابی ساختار شهر متناسب با شرایط اقلیمی باد و رطوبت نمونه موردی شهر رشت، همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان، شرکت سازه کویر

۱۳. عبادی، هادی، فخاری، ژیلا، رمضان قمبری، غزاله،۱۳۹۵، مدیریت راهکاری جهت توسعه انرژی زمین‌گرمایی، کنفرانس بین المللی مهندسی معماری و شهرسازی، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس

۱۴. عرب زاده، سمیرا، شمس الدینی، نرگس، راه چمنی، مرضیه، گلمکانی، فائزه،۱۳۹۲، انرژی زمین‌گرمایی، دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فرد
۱۵. قاسمی، عبدالحسین، جمشیدی، نغمه،۱۳۹۸، بررسی پتانسیل انرژی زمین‌گرمایی و شرایط آسایش حرارتی در پنج شهر نمونه ایران، بیست و هفتمین کنفرانس سالانه بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران، تهران، انجمن مهندسان مکانیک ایران
۱۶. مشیری، شهریار،۱۳۸۸، طراحی پایدار بر مبنای اقلیم گرم و مرطوب، نشریه هویت شهر، سال سوم، شماره ۴، صص ۳۹-۴۶.
۱۷ میراحمدی، سعادت،۱۳۹۶، تهویه مطبوع با استفاده از انرژی زمین‌گرمایی و بهینه سازی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی گلپایگان، دانشکده مهندسی مکانیک
۱۸. ناطق پور، رسول، اشجاری، محمدعلی،۱۳۹۲، انرژی زمین‌گرمایی جهت تولید برق، گرمایش و سرمایش، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا،
۱۹. هزار، محمدعلی، ۱۳۹۲، بررسی روشهای استفاده از انرژی زمین‌گرمایی، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا
20. China: Status, challenges, and policy recommendations, U tilities Policy

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی