DOR: 20.1001.1.24234931.1398.6.2.10.2

سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸، ص ص ۷۸-۸۴

فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۷

امکانسنجی بهره‌گیری از پمپ های حرارتی زمین گرمایی در ساختمان های شهر شیراز

مریم پروین[۱]، حسین یوسفی[۲*]، یونس نوراللهی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی انرژی‌های تجدید پذیر، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

* صندوق پستی تهران، ۱۴۳۹۹۵۷۱۳۱، Hosseinyousefi@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به کاهش سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست محیطی و انتشار آلاینده‌های ناشی از آن، توجه جوامع مختلف به انرژی های تجدید پذیر جلب شد. در بین انرژی‌های تجدیدپذیر انرژی قابل استحصال از گرمای زیر زمین به دلیل پتانسیل دائمی، هزینه عملیاتی پایین و بازده بالا، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفت. امروزه یکی از منابع استفاده از این انرژی، پمپ های حرارتی زمین گرمایی هستند که به واسطه‌ی انرژی برق با زمین تبادل حرارت انجام می‌دهند و توانایی تامین نیاز بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌ها را دارا هستند. این امر باعث کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش هزینه‌های زیست محیطی و همچنین هزینه‌هایی که دولت به عنوان یارانه پرداختی به شهروندان می‌پردازد، می‌گردد. در این مقاله با درنظر گرفتن ساختمان‌های در حال ساخت در سال ۹۴ در شهر شیراز، به جایگزین کردن پمپ حرارتی زمین گرمایی با سیستم معمولی پرداخته شده است. گاز طبیعی وظیفه تامین بار سرمایش و گرمایش را در سیستم موجود بر عهده دارد. بدین ترتیب مشاهده می‌شود سالانه میزان ۲۵۹۹۷۲۳۶ متر مکعب گاز طبیعی صرفه جویی شده که با صادرات آن حدودا ۸/۷ میلیون دلار سود حاصل کشور می‌شود و همچنین از انتشار ۲۰۸/۵ هزار تن آلاینده به محیط زیست جلوگیری می‌شود. همچنین مشاهده شد در صورت حمایت ۳۰ درصدی دولت در پرداخت هزینه‌های پمپ های حرارتی به صورت سوپسید به شهروندان، بازگشت سرمایه دولت منطقی و به ۵ سال خواهد رسید.

کلیدواژگان: پمپ حرارتی، انرژی زمین گرمایی، گاز طبیعی، شهر شیراز

Feasibility Study of Geothermal Heat Pump Utilization in Shiraz Buildings

Maryam Parvin[1], Hossein Yousefi[2*], Younes Noorolahi[2]

1- M.Sc. Student, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

* P.O.B. 1439957131, Tehran, Iran, Hosseinyousefi@ut.ac.ir

Received: 16 December 2018 Accepted: 16 February 2019

Abstract

Recently, renewable energies have attracted attentions among different societies due to the reduction of fossil fuels resources and environmental problems. Geothermal energy has taken a particular consideration due to its permanent potential, as well as low operating costs and high efficiency. Nowadays, one of the most useful applications of geothermal energy is the geothermal heat pumps that use electricity to provide the cooling and heating demand of buildings. This system reduces the fossil fuel consumption, decrease external costs and government subsidies on fossil fuels. In this paper, Shiraz under construction building in 2015 is considered to evaluate the replacement of geothermal heat pumps with conventional systems. The result showed that by this method, annually 25’997’236 m^3 of natural gas is saved, and approximately 8.7 million dollars is obtained by exportation, as well as the release of 208.5 thousand tons of pollutants to the environment is prevented. It was also observed that if the government allocates citizens 30 percent of heat pump costs as a subsidy, the government capital will return in 5 years.

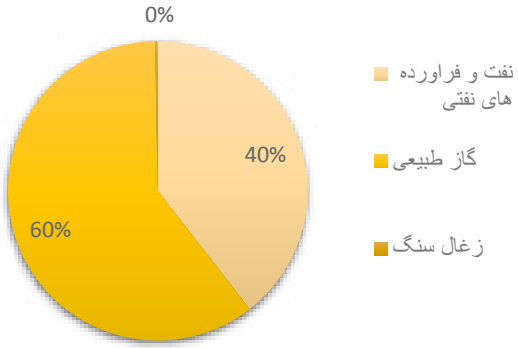
Keywords: Heat pump, Geothermal energy, Natural gas, Shiraz city

۱- مقدمه

به دلیل کاهش سوخت‌های فسیلی و مشکلات زیست محیطی ناشی از آن، امروزه انرژی‌های تجدیدپذیر مورد توجه سیاست گذاران انرژی قرار گرفته است. انرژی‌های تجدید پذیر می‌تواند برای مصارف مختلف مانند شیرین کردن آب، گرمایش و تولید برق مورد استفاده قرار گیرند. یکی از در دسترس‌ترین انرژی-های تجدید پذیر، انرژی زمین گرمایی می‌باشد چرا که ۴۶٪ از انرژی خورشیدی توسط زمین جذب می‌شود که زمین را به یک منبع فراوان انرژی تبدیل کرده است(۱). این انرژی می‌تواند به عنوان منبع گرما در پمپ های حرارتی استفاده شود که این امر باعث کاهش هزینه و همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد.

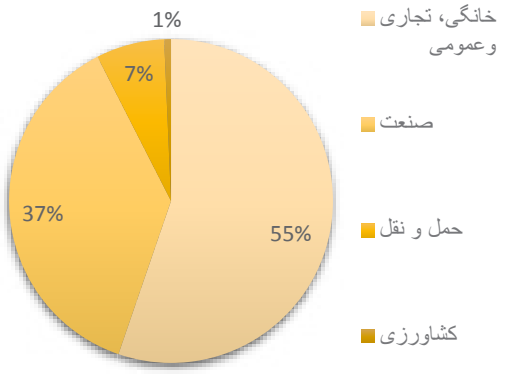
تکنولوژی پمپ حرارتی از سال ۱۸۵۲ میلادی زمانی که لرد کلوین اولین بار این مفهوم را توسعه داد، معرفی شد و در دهه ۱۹۴۰، رابرت وبر این مفهوم را با استفاده از زمین به عنوان منبع گرما تغییر داد.(۲) پمپ های حرارتی با منبع زمین یا سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به محبوبیت رسیدند. در دهه ۱۹۷۰ به دلیل کمبود نفت، بسیاری از انرژی‌های تجدید پذیر ، از جمله پمپ حرارتی زمین گرمایی، مورد توجه قرار گرفتند.(۳) امروزه ۵۰۰۰۰۰ سیستم پمپ حرارتی زمین گرمایی برای گرمایش و سرمایش در ایالات متحده و کانادا و ۴۰۰۰۰۰ از این سیستم در اروپا مورد استفاده قرار می‌گیرند.(۴)

ایران به دلیل دارا بودن منابع انرژی همچون نفت و گاز طبیعی و همچنین پایین بودن قیمت آن‌ها میزان مصرف سوخت فسیلی بالایی دارد. به گونه ای که در سال ۹۴ سهم سوخت‌های فسیلی در تامین برق کشور ۹۵ درصد بوده است. شکل ۱ میزان کل مصرف نهایی سوخت های فسیلی در ایران در سال ۹۴ را بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام را نشان می‌دهد.(۵)



شکل۱ میزان کلی مصرف نهایی سوخت های فسیلی

با توجه به شکل ۱ بیشترین سوخت مصرفی مربوط به گاز طبیعی است که میزان آن ۷۰۷ میلیون بشکه معادل نفت خام می‌باشد. این میزان گاز طبیعی به صورت شکل ۲ در بخش های مختلف تفکیک می‌شود. که نشان می‌دهد ۵۶ درصد از گاز طبیعی مصرفی سال ۹۴ کشور در بخش خانگی، تجاری و عمومی مصرف می‌شود که سهم قابل توجهی از کل مصرف گاز طبیعی را به خود اختصاص داده است.(۵)



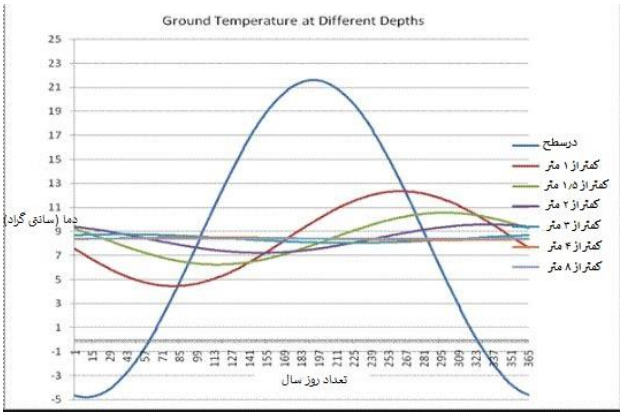
شکل ۲ مصرف گاز طبیعی به تفکیک بخش های مختلف

شهر شیراز با ۱۷۸۱۷۰۷ نفر جمعیت یکی از پرجمعیت ترین شهرهای ایران محسوب می‌شود و تامین انرژی مصرفی این شهر یکی از وظایف دولت می‌باشد. سرانه مصرف گاز طبیعی در این شهر در بخش خانگی، تجاری و عمومی ۶۱۳ متر مکعب گاز طبیعی در سال است. این میزان گاز طبیعی به دلیل یارانه‌های پرداختی توسط دولت، هزینه‌ی بالایی برای دولت دارد و از سوی دیگر مشکلات زیست محیطی را برای کشور ایجاد می‌کند. (۶)

در این مقاله بارهای سرمایشی و گرمایشی ساختمان‌های ساخته شده در شهر شیراز در سال ۹۴ را توسط پمپ های حرارتی زمین گرمایی تامین می‌شود. انتظار می‌رود میزان قابل توجهی گاز طبیعی و همچنین انتشار ناشی از آن، طی این جایگزینی کاهش یابد.

۲- مواد و روش ها

با توجه به منحنی تغییرات دمایی هوا و زمین (شکل ۳) مشاهده می‌شود هر چه عمق زمین بیشتر شود میزان تغییرات دما کمتر خواهد شد. به طوری که در عمق ۳ تا ۴ متری از سطح زمین تغییرات دما بسیار ناچیز است. از این رو می‌توان زمین را به عنوان منبع خوبی برای تامین گرمایش و سرمایش ساختمان ها در نظر گرفت.(۷)



شکل ۳ منحنی تغییرات دمایی هوا و زمین

تکنولوژی پمپ های زمین گرمایی به این صورت است که این پمپ به واسطه‌ی انرژی برق با زمین تبادل حرارت انجام داده تا بتواند بار سرمایشی و گرمایشی و آب گرم خانگی را تامین کند به گونه ای که گرما از عمق زمین استخراج می‌شود و توسط سیال درون لوله به ساختمان منتقل شده و به عنوان منبع تامین گرما در زمستان استفاده می‌شودو یا در تابستان هوای گرم داخل ساختمان از طریق این پمپ به زمین منتقل شده و زمین به عنوان منبع گرمازدا به کار می‌رود.(۸و۹)

در پمپ های حرارتی زمین گرمایی منبع گرما می‌تواند آب‌های زیرزمینی، زمین و آب‌های سطحی باشد.

به طور کلی این سیستم توسط ASHRAE به ۳ دسته تقسیم بندی می-شود:(۱۰)

۱. پمپ های حرارتی آب زیرزمینی (GWHP)
۲. پمپ های حرارتی آب سطحی (SWHP)
۳. پمپ های حرارتی متصل به زمین (GCHP)

به طور کلی پمپ های حرارتی زمین گرمایی دارای ۲ قسمت اصلی می‌باشد که شامل پمپ حرارتی که در داخل ساختمان است و مدار لوله کشی که در خارج ساختمان قرار دارد. این مدار لوله کشی می‌تواند یک سیکل باز یا یک سیکل بسته باشد. بدین صورت که در سیکل باز تبادل حرارت با یک منبع بزرگ آب و دما ثابت مانند آب های زیرزمینی صورت می‌گیرد اما در پمپ های حرارتی با سیکل بسته تبادل حرارتی با زمین و یک حلقه ی لوله کشی شده در زمین به نام کویل زمینی انجام می‌گیرد. کویل زمینی می‌تواند به صورت عمودی(شکل۴) یا افقی(شکل۵) قرار گیرد.(۱۱)

شکل ۴ کویل عمودی

شکل ۵ کویل افقی

شهر شیراز یکی از شهر های بزرگ ایران است که وسعت این شهر ۱۲۶۸ کیلومتر مربع می‌باشد. طبق گزارشات مرکز آمار ایران مساحت زیر بنای ساختمان‌هایی که در سال ۹۴ مجوز ساخت گرفتند برابر با ۲۵۸۸۲۸۹ متر مربع می‌باشد. با توجه به گزارشات مرکز آمار شیراز تعداد ساختمان های ساخته شده در این سال ۲۷۲۵ عدد است که معادل با ۱۹۹۰۶ تعداد واحد آپارتمانی می‌باشد. در این پژوهش ساکنین هر واحد ساختمانی ۳ نفر در نظر گرفته می‌شود(۶).

طبق ترازنامه انرژی سال ۹۴ سرانه مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، تجاری و عمومی در ایران برابر با ۶۱۳ متر مکعب گاز طبیعی می‌باشد.

از آنجا که ۷۱ درصد انرژی ساختمان صرف تامین نیازهای سرمایشی و گرمایشی می‌شود(۱۲)، بنابراین میزان صرفه جویی سالانه در یک واحد ساختمان برابر است با:

$$۳ \times ۶۱۳ \times ۰.۷۱ = ۱۳۰۶ \text{ (متر مکعب)}$$

در صورتی که برای تمامی ساختمان‌های در حال گرفتن مجوز در شهر شیراز به سیستم پمپ حرارتی مجهز گردد سالانه میزان

$$۱۳۰۶ \times ۱۹۹۰۶ = ۲۵۹۹۷۲۳۶ \text{ (متر مکعب)}$$

گاز طبیعی صرفه جویی می‌گردد.

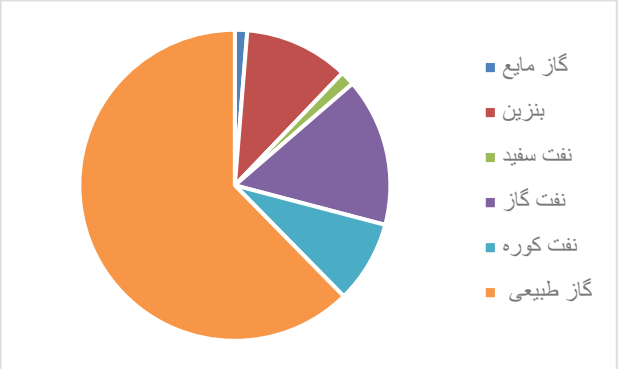
با توجه به این که ارزش حرارتی هر مترمکعب گاز طبیعی ایران برابر با ۸۹۰۵ کیلو کالری می‌باشد، در این صورت سالانه ۲۶۹ میلیون کیلووات‌ساعت انرژی توسط پمپ‌های حرارتی تامین می‌گردد.

در صورتی که این میزان گاز طبیعی به جای مصرف خانگی که برای دولت هزینه ای برابر با ۰,۰۱۲۵ سنت به ازای هر متر مکعب دارد به کشور ترکیه صادر شود و به ازای هر متر مکعب ۰,۳۵ سنت به فروش برسد میزان ۸۷۷۴۰۶۷ دلار سود به همراه دارد.

$$(۰.۳۵ - ۰.۰۱۲۵) \times ۲۵۹۹۷۲۳۶ = ۸۷۷۴۰۶۷ \$$$

۳- تجزیه و تحلیل زیست محیطی

یکی از مشکلات اساسی سوخت‌های فسیلی، تولید گازهای آلاینده به خصوص کربن دی اکسید است. شکل۶ سهم سوخت های فسیلی در انتشار گاز کربن دی اکسید در سال ۹۴ را نشان می‌دهد.



شکل ۶ سهم سوخت های فسیلی در انتشار co2

با وجود این که گاز طبیعی در مقابل سایر سوخت های فسیلی آلودگی کمتری را ایجاد می‌کندو سوخت پاکی به شمار می‌رود، اما در ایران ۶۱ درصد از آلودگی ناشی از تولید کربن دی اکسید مربوط به گاز طبیعی است.(۵)

بنابراین مشاهده می‌شود با جایگزینی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی علاوه بر صرفه جویی میزان قابل توجهی گاز طبیعی، میزان به‌سزایی از کربن دی اکسید نیز کاهش می‌یابد.

جدول ۱ میزان کاهش انتشار گازهای الاینده به واسطه استفاده از GSHP (۱۳)

گاز الاینده	شاخص انتشار گازهای آلاینده (گرم به ازای کیلو وات ساعت)	مقدار کاهش گاز های الاینده به واسطه استفاده از پمپ های حرارتی(تن)
CO_2	۷۶۷,۴۸	۲۰۶۴۵۲,۱۲
SPM	۰,۱۵۴	۴۱,۴۳
CO	۰,۶۹۴	۱۸۶,۶۹
SO_2	۳,۸۸۷	۱۰۴۵,۶
CH_4	۰,۰۲	۵,۳۸
NO_X	۷۹۳,۱۲۹	۷۷۸,۴۹

جدول ۲ میزان کاهش هزینه های زیست محیطی به واسطه استفاده GSHP (۱۳)

گاز الاینده	هزینه خارجی الاینده معادل تخریب زیست محیطی (تن/$)	میزان کاهش هزینه های زیست محیطی($)
CO_2	۲,۸۶	۵۹۰۴۵۳
SPM	۱۲۲۸,۵۷	۵۰۸۹۵
CO	۵۳,۵۷	۱۰۰۰۱
SO_2	۵۲۱,۴۳	۵۴۵۲۰۹
CH_4	۶۰	۳۲۳
NO_X	۱۷۱,۴۳	۱۳۳۴۵۶

هزینه اضافی ناشی از جلوگیری از انتشار گازهای آلاینده (CO_2، SPM، CO، SO_2، CH_4 و NO_X) در جدول ۲ نمایش داده شده است. شکل۶ میزان کاهش لگاریتمی آلاینده‌ها بر حسب تن به واسطه ی استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی نشان داده شده است.

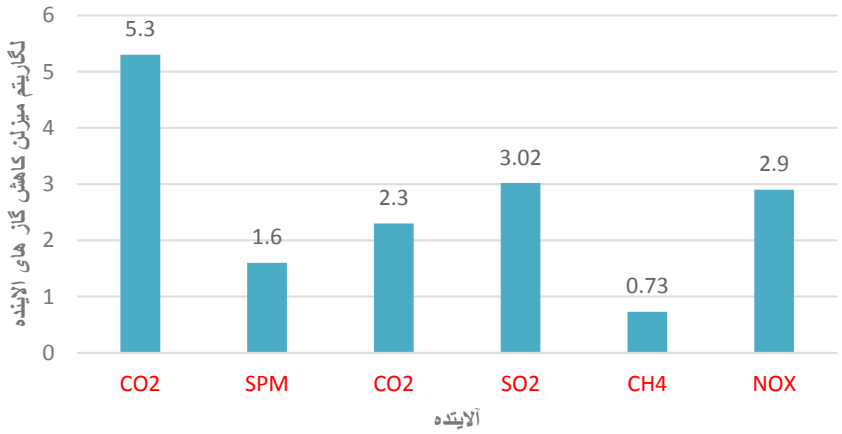
با در نظر گرفتن میزان سود سالانه دولت، ناشی از فروش گاز طبیعی و عدم تولید آلاینده‌ها، بر اساس دلار برابر است با:

$$۱۳۳۰۳۳۶ + ۸۷۷۴۰۶۷ = ۱۰۱۰۴۴۰۳$$

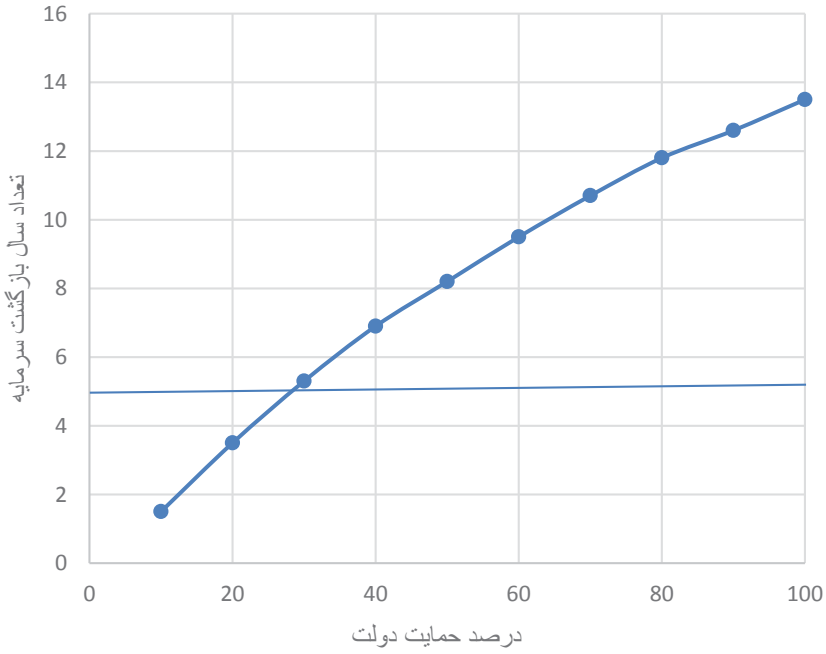
در ادامه به بررسی نحوه ی حمایت دولت از مردم برای اجرای جایگزین کردن پمپ حرارتی پرداخته می‌شود.

در ابتدا با بررسی سناریویی مطابق بر عدم حمایت دولت از شهروندان در اجرای این طرح و بررسی مدت زمان بازگشت سرمایه پرداخته می‌شود و پس از آن به اجرای این طرح با حمایت دولت به گونه ای که درصدهای مختلفی از این حمایت ، به صورت سوبسید در اختیار شهروندان قرار بگیرد و روند بازگشت سرمایه بررسی شود.

با توجه به این که حداکثر بار سرمایشی مورد نیاز یک واحد ساختمانی به مساحت ۱۰۰ متر در شهر شیراز برابر با (۴۰۰۰۰btu/h) که معادل با ۳.۴ تن تبرید می‌باشد و حداکثر بار گرمایشی مورد نیاز این واحد (۳۰۰۰۰btu/h) معادل ۲,۵ تن تبرید می‌باشد. بنابراین در هر سال حداکثر بار مورد نیاز یک ساختمان ۳,۴ تن تبرید می‌باشد.



شکل ۷ میزان کاهش لگاریتمی آلاینده‌ها ناشی از جایگزینی پمپ حرارتی در شیراز



شکل ۸ تاثیر حمایت دولت بر بازگشت سرمایه

از انجا که هزینه نصب پمپ حرارتی زمین گرمایی به ازای هر تن تبرید به طور متوسط برابر با ۳۹۰۰ دلار می‌باشد. بنابراین هزینه نصب پمپ حرارتی برای یک ساختمان دارای ۸ واحد برابر است با

$$۸ \times ۳.۴ \times ۳۹۰۰ = ۱۰۶۰۸۰$$

می‌باشد. طبق گزارشات بانک مرکزی در ایران در سال ۹۴ نرخ تورم برابر با۱۱,۹ درصد و همچنین ارزش نقدینگی در محاسبات ۲۱ درصد (برابر با سود سپرده بلند مدت بانکی در سال ۹۴) فرض می‌گردد.

در اینجا با انجام محاسبات اقتصادی برای جایگزینی پمپ حرارتی زمین گرمایی با سیستم معمولی با در نظر گرفتن درصدهای مختلفی از حمایت دولت نسبت به این طرح بازگشت سرمایه محاسبه شده است.

شکل ۸ تعداد سال های بازگشت سرمایه با درصدهای مختلفی از حمایت دولت را نشان می‌دهد.

با در نظر گرفتن زمان بازگشت سرمایه منطقی و برابر ۵ سال، دولت می‌بایست ۳۰ درصد از هزینه ی پمپ های حرارتی را به سورت سوپسید دراختیار مردم قرار دهد. حال در صورت حمایت ۳۰ درصدی دولت از این طرح با توجه به

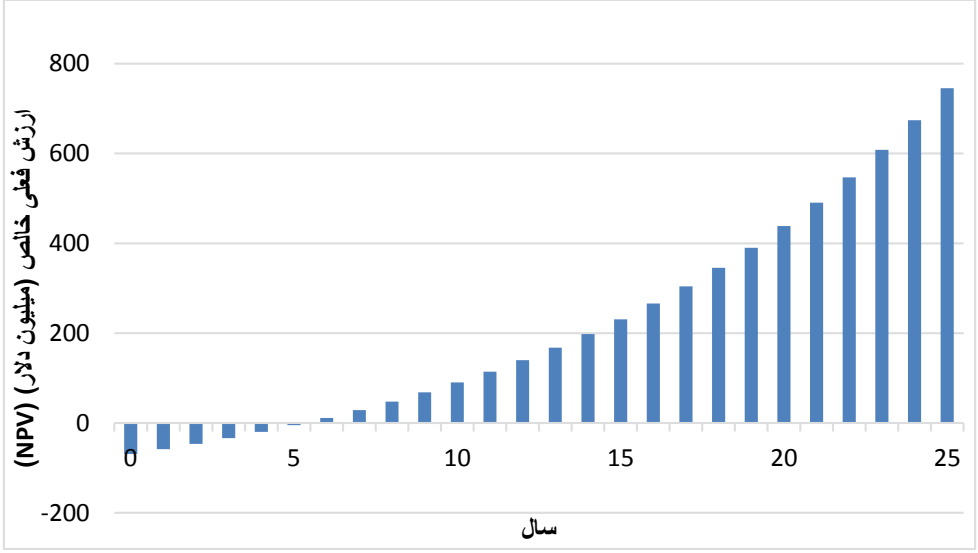
شکل ۹ میزان ارزش فعلی خالص سرمایه پس از ۲۵ سال برابر با ۷۴۵ میلیون دلار می‌شود.

۴- نتایج

هدف این مقاله آشنایی با پمپ های حرارتی زمین گرمایی و امکان سنجی آن برای کاهش مصرف گاز طبیعی و همچنین کاهش گازهای آلاینده می‌باشد.

کشور ایران پتانسیل‌های مناسبی برای استفاده از انرژی های نو دارد و می‌تواند مقدار قابل توجهی از انرژی مورد نیاز خود را از این طریق تامین کند. از طرف دیگر ایران قادر به صادرات گاز طبیعی به کشور های نظیر ترکیه و عراق است.

در این مقاله به بررسی تاثیر جایگزینی پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی با سیستم معمولی و گاز طبیعی پرداخته شد. با توجه به این مقاله چنانچه تمامی ساختمان‌های ساخته شده در سال ۹۴ مجهز به سیستم پمپ های حرارتی زمین گرمایی شوند سالانه میزان ۲۵۹۹۷۲۳۶ متر مکعب گاز طبیعی صرفه-جویی می‌شود و صادرات این میزان گاز طبیعی ۸۷۷۴۰۶۷ دلار سود برای کشور به همراه دارد. از طرفی از ورود ۲۰۸٫۵ هزار تن آلاینده به محیط زیست جلوگیری می‌شود. با حمایت ۳۰ درصدی دولت مدت زمان بازگشت سرمایه این پروژه به ۵ سال خواهد رسید.



شکل ۹ میزان ارزش فعلی سرمایه در هر سال

مراجع

۱. Natural Resources Canada Residential Earth Energy Systems: A Buyer's Guide, NRCan's Renewable and Electrical Energy Division (REED), ISBN 0-662-30980-4, Cat. No, Ottawa, ON, Canada, 2002, 48 pp

۲. Lund J, Sanner B, Rybach L, Curtis R, Hellström G (2004) Geothermal (ground-source) heat pumps, a world overview. GHC Bull 25 (3): 1-10

۳. Bloomquist RG (1999) Geothermal heat pumps: four plus decades of experience. GHC Bulletin 20 (4): 13-18

٤. Manitoba Budget Papers (2004) Geothermal heat pumps and energy efficiency. www.gov.mb.ca/ iedm/invest/busfacts/economy/ec_thermal.html

٥. http://isn.moe.gov.ir ترازنامه انرژی

٦. salnameh.sci.org.ir

۷. Kavanaugh Steve, Kevin Rafferty, 2014, Geothermal Heating and Cooling Design of Ground – Source Heat Pump System, ASHRAE, Atlanta.)

۸. Using Ground-Source Heat Pump Systems for Heating/Cooling of Buildings

۹. Underground Mine Water for Heating and Cooling using Geothermal Heat Pump Systems

۱۰. ASHRAE Handbook, HVAC Applications. Atlanta, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers; 2015.

۱۱. Experimental Performance Comparison between Different Shallow Ground Heat Exchangers, World Geothermal Congress, 2015

۱۲. Monitoring of building heating and cooling systems based on geothermal heat pump in Galicia (Spain). M. Iglesias1,

۱۳. Yousefi1, H., Noorollahi, Y., Abedi, S., Panahian, K., MirAbadi, A. H., Abedi, S.: Economic and Environmental Feasibility Study ofGreenhouse Heating and Cooling using Geothermal Heat Pump in Northwest Iran, Proceedings,

World Geothermal Congress,Melbourne, Australia, April, (2015).

۱٤. Ground Source Heat Pump Carbon Emissions and Ground-Source Heat Pump Systems for Heating and Cooling of Buildings: A Review