بررسی جهت گیری ساختمان و جنس دیوارها در عملکرد آبگرمکن خورشیدی توسط نرم افزار RETSCREEN (مطالعه موردی شهر سمنان)

سجاد ظهیرنژاد[1]، نادر رهبر[2*]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، واحد علوم وتحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران،

2- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

* سمنان، 3519697951، nrahbar@gmail.com

چکیده

استفاده از انرژی های نو از جمله انرژی خورشیدی در کشورهای جهان مورد توجه خاص برنامه ریزان و فرهیختگان فنی، اقتصادی و سیاسی قرار گرفته است. کشور ایران نیز به دلیل برخورداری از موقعیت خاص جغرافیایی، پتانسیل فراوانی در بهره برداری از این نوع انرژی را دارد. اما فراوانی منابع انرژی های فسیلی، ارزان بودن حاملهای انرژی در کشور و همچنین قیمت بالای فن آوری های نو جهت سرمایه گذاری اولیه، سدی در برابر توسعه استفاده از این فن آوری های نوپا می باشد. در این مقاله با توجه به شرایط جغرافیایی شهر سمنان، با بررسی یک ساختمان اداری یک طبقه واقع در محوطه دانشگاه آزاد سمنان، توسط نرم افزار کریر (Carrier) بارهای حرارتی در حالتهای مختلف از جمله جهت های مختلف جغرافیایی موقعیت قرارگیری ساختمان و برای دو نوع دیوار با مصالح متفاوت محاسبه شد و یک حالت بهینه ای از آنها انتخاب گردید. سپس توسط نرم افزار رتسکرین (RETSCREEN) مورد ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده در حالت بهینه ی جهت جغرافیایی و مصالح دیوارها، میزان صرفه جویی در سوخت گاز طبیعی 2332 متر مکعب در سال و میزان کاهش گازهای آلاینده برابر2/1 تن معادل دی اکسید کربن در سال می باشد. همچنین با در نظر گرفتن دو سناریو نرخ داخلی و نرخ جهانی گاز طبیعی به ترتیب میزان سرمایه گذاری اولیه طرح 138312550ریال و 4618 دلار، قابلیت سود دهی 4/2% و 23/5%و دوره بازگشت سرمایه 19/9 سال و 6/4 سال برآورد شد.

کلیدواژگان

آبگرمکن خورشیدی ، انرژی های نو ، دوره بازگشت سرمایه، آنالیز فنی- اقتصادی و زیست محیطی

Study of the orientation of the building and the walls are made of solar water heater performance using software RETSCREEN (case study: Semnan)

Sajjad Zahirnezhad [1], Nader Rahbar [2*]

1- Graduate student of Mechanical Engineering, Science and Research Branch of Semnan University, Semnan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

* Semnan, 3519697951, nrahbar@gmail.com

Abstract

Renewable energy such as solar energy in the world of particular interest to planners and technical intellectuals, political and economic located. Iran also due to the special geographical position in the exploitation of this type of energy has great potential. But a lot of fossil energy resources, cheap energy in the country and also the high cost of new technology for the initial investment, a bulwark against the development of these technologies is emerging. In this paper, considering the geographical conditions in Semnan, with a floor of an office building located in the area check Azad University of Semnan, by software Carrier thermal loads in various positions, including for the different geographical position and for two types of wall building materials were calculated and an optimum of them were selected. Then RETSCREEN Software evaluated by technical, economic, environmental and analyzed. Based on the results of the optimal geographical and wall materials, the savings in natural gas 2332 m3 / year and the reduction of emissions 2.1 Ton / year Co_2 is. Also, consider two scenarios internal rate and rate of natural gas to the amount of the initial investment plan of 138312550 Rial and 4618 $, the profitability of 4.2% and 23.5% and payback period of 19.9 and 6.4 years, respectively.

Keywords

Solar water heater, new energy, the payback period, techno-economic and environmental analysis

1- مقدمه

رشد روز افزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت، مشکلات زیست محیطی موجب گردیده تا هر روز شاهد پیشرفتهایی در زمینه فن آوری استفاده از منابع انرژی فسیلی و افزایش راندمان آنها باشیم. اگرچه فن آوریهای مذکور تا حدودی توانسته استفاده از این سیستم ها را بهینه نماید اما هنوز راه حلی مناسب برای مشکل فزاینده آلودگی محیط زیست ارائه نکرده است. یکی از مسائل مهم زیست محیطی که امروزه توجه جهانیان را به خود معطوف داشته موضوع گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوا است. انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیت بخش های مختلف اقتصادی مانند صنعت، حمل و نقل، کشاورزی، خانگی و ... منشاء اصلی پدیده گرمایش جهانی بشمار می رود. تنها راه چاره برای رفع این مشکلات و ممانعت از روند سریع تخریب محیط زیست، استفاده از منابع تجدید پذیر از جمله انرژی های نو می باشد.

در کشور ایران بدلیل موقعیت خاص جغرافیایی و بالا بودن میزان تابش خورشیدی در واحد سطح، می توان انرژی خورشیدی را به عنوان جایگزین مناسب برای سوختهای فسیلی در نظر گرفت. با توجه به اینکه حدود40% از نیازهای انرژی کشور به بخش خانگی اختصاص داشته، همچنین برای تامین آبگرم و گرمایش ساختمان های مسکونی حدود 54% از انرژی خورشیدی استفاده می شود، کاربرد آبگرمکن های خورشیدی را می توان مورد توجه قرار داد. در سالهای اخیر تحقیقات گسترده ای در زمینه بررسی و افزایش راندمان سیستم های آبگرمکن خورشیدی انجام گرفته است. در مطالعات انجام گرفته در یک مجتمع مسکونی در کشور فرانسه [2]، مشخص گردید که حدود 40 % از انرژی مصرفی برای گرمایش آب را می توان از طریق سیستم آبگرمکن خورشیدی تامین کرد. همچنین در تحقیق انجام شده توسط عبدالرحمن ه. م[1] و السلیمان ف.آ[2] [3] در سال 2014، امکانسنجی جایگزینی آبگرمکن های الکتریکی با سیستم آبگرمکنهای خورشیدی در بخش خانگی توسط نرم افزار رتسکرین[3] بررسی شد. شبیه سازی برای پنج شهر عربستان سعودی با مختصات جغرافیایی مختلف شامل جده ، ظهران ، تبوک، ریاض و بیشه انجام شد که نشان داد، در شرایط غالب شهر بیشه مناسبترین مکان و شهر تبوک نامناسبترین مکان از میان پنج شهر انتخابی برای اجرای سیستم آبگرمکن خورشیدی در کشور عربستان سعودی است. در تحقیق دیگری که توسط خانم فریده عتابی [4] و همکاران در سال 1390 انجام گرفت، استفاده از سیستم آبگرمکن خورشیدی در شهر یزد بوسیله نرم افزار رتسکرین بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان صرفه جویی سالیانه در مصرف گاز طبیعی در ساختمان های مسکونی ویلایی و مجتمع های آپارتمانی شهر یزد به ترتیب برابر 66960000 متر مکعب و 168240000مترمکعب، میزان صرفه جویی اقتصادی سالیانه به ترتیب برابر 16560000 دلار و 41520000 دلار است. با بررسی نظریات و تحقیقات انجام گرفته در می یابیم که هریک از موارد ذکر شده به رویکردهایی برای بهره برداری هر چه بهتر و مفید تر از سیستم های خورشیدی اشاره شده است. این تحقیق با در نظر گرفتن تمامی اثرات نحوه قرار گیری ساختمان در جهتهای جغرافیایی مختلف و جنس مصالح بکار رفته در دیواره های آن و انتخاب یک حالت بهینه ای از آنها سعی در دریافت حداکثر مقدار تابش خورشیدی شده و به موجب آن سبب صرفه جویی بیشتر مصرف انرژی در ساختمان گردیده و با کاهش زمان بازگشت سرمایه گذاری اولیه، هزینه های اجرای سیستم خورشیدی را پایین می آورد. بدین منظور به کمک نرم افزار کریر[4] و محاسبات بارهای حرارتی در جهت های مختلف از موقعیت قرارگیری ساختمان و جنس جداره های آن؛ همچنین تحلیل داده های بدست آمده توسط نرم افزار رتسکرین به ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی پروژه می پردازیم.

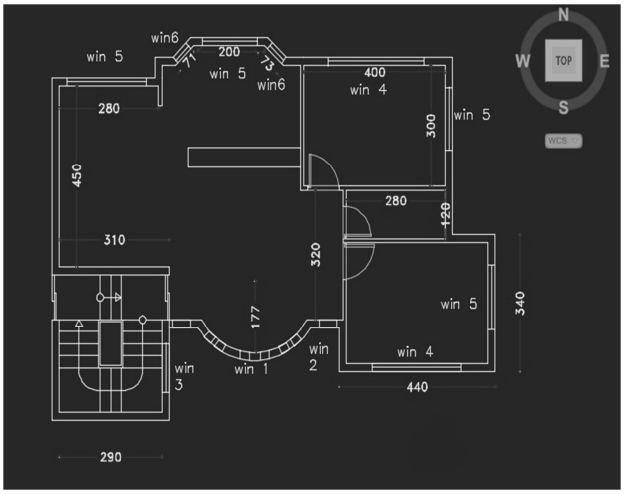
2- مزایای نرم افزار رتسکرین

نرم افزار رتسکرین یک نرم افزار تحلیل انرژی پاک می باشد که به صورت رایگان در اختیار محققان قرار می گیرد. همچنین یک نرم افزار تحت اکسل[5] است که بیش از 250000 نفر در 222 کشور جهان مورد استفاده قرار می دهند و به 35 زبان زنده دنیا قابل ترجمه است. نرم افزار رتسکرین به کاربران این امکان را می دهد که یک تحلیل جامع استاندارد پنج مرحله ای شامل تحلیل انرژی، تحلیل هزینه ، تحلیل انتشار، تحلیل مالی و تحلیل شدت یا ریسک را به عمل آورند. این نرم افزار با دارا بودن بانکهای اطلاعاتی آب و هوا به طور کامل، ابزار مفیدی جهت ارزیابی پروژه ها می باشد.

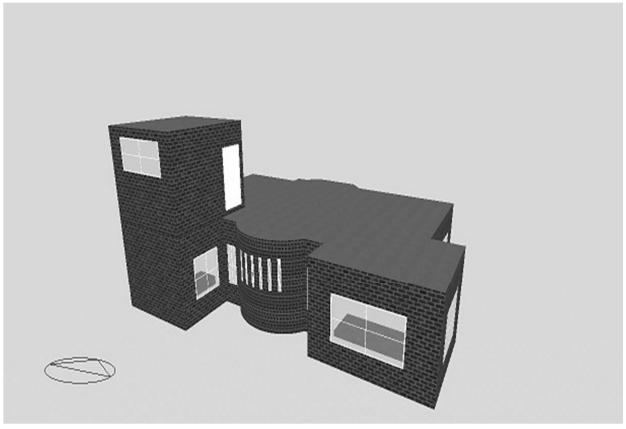
3- مواد و روش ها

در این تحقیق ساختمان مورد مطالعه، یک ساختمان اداری یک طبقه واقع در محوطه دانشگاه آزاد شهر سمنان با زیر بنای کل 92 مترمربع و تعداد افراد ساکن 5 نفر می باشد. ابتدا توسط نرم افزار کریر بار های حرارتی برای دو نوع جنس دیوار مختلف و همچنین 8 جهت جغرافیایی متفاوت محاسبه می شود.

در شکل 1 نمایی از پلان افقی ساختمان مورد مطالعه در حالت مرجع (حالت اصلی نشان داده شده در نقشه) و در شکل 2 نمای سه بعدی آن ساختمان نمایش داده می شود.



شکل 1 پلان افقی ساختمان مورد مطالعه در حالت مرجع



شکل 2 نمای سه بعدی ساختمان مورد مطالعه در حالت مرجع

1. Abd_ur_rehman H.M
2. Al_sulaiman F.A
3. RETSCREEN
4. CARRIER
5. EXCEL

ابعاد پنجره ها در جدول 1 آمده است.

جدول 1 ابعاد پنجره ها

پنجره	ابعاد پنجره(cm)
Win 1	25×140
Win 2	50×140
Win 3	122×140
Win 4	250×140
Win 5	200×100
Win 6	70×140

نتایج خروجی از نرم افزار کریر به شرح زیر می باشد :

حالت 1 : دیوار معمولی و ساختمان در جهت مرجع (نتایج در جدول 2 نشان داده شده است).

جدول 2 نتایج خروجی از نرم افزارکریر برای دیوار معمولی و ساختمان در حالت مرجع

مصالح بکار رفته در دیوار	3/1cm گچ +12/7cm آجر معمولی +5/08cm بتن سبک+5/08cm آجر نما
مقاومت حرارتی دیوار	1/508w/m^{2}k
نوع شیشه	دوجداره همراه با گاز آرگون
مصالح بکار رفته در سقف	2/54cm گچ +25/4cm بلوک بتن سبک + 0/16cm رول آسفالت
مقاومت حرارتی سقف	1/014w/m^{2}k
بار حرارتی کل ساختمان	8234/35Kcal/hr

حالت 2 : دیوار عایقبندی شده و ساختمان در جهت مرجع (نتایج در جدول 3 نشان داده شده است).

جدول 3 نتایج خروجی از نرم افزار کریر برای دیوار عایقبندی شده و ساختمان در حالت مرجع

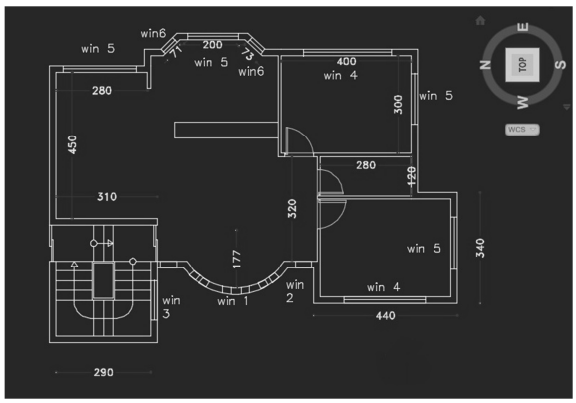
مصالح بکار رفته در دیوار	2/54cm گچ + 15/24cmعایق +2/54 cm بتن سبک+ 5/08cm آجر نما
مقاومت حرارتی دیوار	0/255 w/m^{2}k
نوع شیشه	دوجداره همراه با گاز آرگون
مصالح بکار رفته در سقف	2/54cm گچ + فاصله هوایی +20/32 cm بتن سبک + 2/54cm عایق + 2/54cm رول آسفالت
مقاومت حرارتی سقف	0/376w/m^{2}k
بار حرارتی کل ساختمان	5110/31 kcal/hr

با مقایسه نتایج دو حالت فوق ملاحظه می شود که در حالت 2 (دیوار عایقبندی شده) بار حرارتی کل ساختمان به مراتب کمتر از حالت 1 (دیوار معمولی) است. بنابراین در حالت های بعدی از دیوار عایقبندی شده استفاده می شود. برای انتخاب حالت بهینه موقعیت قرار گیری ساختمان، در هر یک از حالت ها، ساختمان 45 درجه از حالت مرجع در خلاف جهت عقربه های ساعت تغییر جهت می دهد. به عنوان نمونه جهت S در 45 درجه اول به جهت SE تبدیل شده و بقیه جهت ها به همین ترتیب مشخص می شود و بار حرارتی متناظر با هر جهت از نرم افزار کریر استخراج می شود. نتایج بدست آمده برای تمامی حالت ها در جدول 4 نمایش داده شده است.

جدول 4 نتایج خروجی از نرم افزار کریر برای جهت های مختلف جغرافیایی موقعیت قرار گیری ساختمان

حالت ها	جهت جغرافیایی تغییر یافته			بار حرارتی کل ساختمان
1	S	►	SE	5080/32 kcal/hr
2	S	►	E	5068/22kcal/hr
3	S	►	NE	5082/84kcal/hr
4	S	►	N	5080/82kcal/hr
5	S	►	NW	5084/35kcal/hr
6	S	►	W	5079/82kcal/hr
7	S	►	SW	5110/30kcal/hr

با توجه به نتایج جدول 4 ملاحظه می شود که در حالت دوم یعنی جهت E بار حرارتی ساختمان، حداقل مقدار خود را دارد. بنابراین به عنوان حالت بهینه انتخاب می شود. در شکل 3 نمایی از پلان ساختمان در حالت بهینه نمایش داده می شود.



شکل 3 پلان افقی ساختمان مورد مطالعه در حالت موقعیت بهینه

در این قسمت با توجه به نتایج بدست آمده از نرم افزار کریر به منظور ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی پروژه از نرم افزار رتسکرین استفاده می کنیم. با توجه به مشخصات جغرافیایی و اقلیمی شهر سمنان، برای ساختمان مذکور و با توجه به تعداد افراد ساکن در آن (5نفر)، میزان آب گرم مصرفی روزانه همچنین با در نظر گرفتن بار حرارتی ساختمان در حالت بهینه، میزان مصرف سالیانه گاز طبیعی و هزینه های صرفه جویی شده ناشی از آن برای سیستم آبگرمکن خورشیدی از نرم افزار رتسکرین استخراج شد. پس از آن با در نظر گرفتن نرخ داخلی و نرخ های جهانی گاز طبیعی به مقایسه نتایج بدست آمده از آنها پرداخته شد. جدول 5 مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهر سمنان که از نرم افزار رتسکرین بدست آمده است را نشان می دهد.

جدول 5 مشخصات اقلیمی و جغرافیایی شهر سمنان

روز - درجه های سرمایشی	گرمایشی درجه – روزها	دمای زمین	سرعت باد	فشار اتمسفر	اشعه خورشیدی روزانه - افقی	رطوبت نسبی	درجه حرارت هوا
°C-d	°C-d	°C	m/s	کیلو پاسکال	Kwh/m².d	%	°C
۰	۵۲۰	۱/۹	۳/۷	۸۸/۸	۲/۷۸	۷۷/۴	۱/۲
۰	۴۳۵	۳/۷	۳/۸	۸۸/۷	۳/۶۱	۷۲/۲	۲/۵
۰	۳۵۱	۸/۷	۳/۸	۸۸/۶	۴/۴۴	۶۲/۹	۶/۷
۱۲۵	۱۱۵	۱۷/۵	۳/۶	۸۸/۵	۵/۶۱	۴۸/۹	۱۴/۲
۲۸۹	۰	۲۴/۰	۴/۰	۸۸/۵	۶/۴۰	۳۹/۸	۱۹/۳
۴۲۲	۰	۲۹/۲	۴/۶	۸۸/۲	۷/۱۵	۳۴/۶	۲۴/۱
۵۱۹	۰	۳۲/۱	۴/۹	۸۸/۲	۶/۷۴	۳۲/۶	۲۶/۸
۵۰۴	۰	۳۱/۰	۴/۷	۸۸/۳	۶/۲۶	۳۲/۵	۲۶/۳
۳۵۳	۰	۲۵/۶	۴/۲	۸۸/۶	۵/۲۲	۳۵/۲	۲۱/۸
۱۶۴	۸۴	۱۷/۸	۳/۷	۸۸/۹	۳/۸۹	۴۶/۴	۱۵/۳
۰	۲۷۲	۱۰/۱	۳/۶	۸۹/۰	۲/۹۰	۵۹/۴	۸/۹
۰	۴۵۲	۴/۰	۳/۷	۸۸/۹	۲/۳۹	۷۳/۴	۳/۴
۲,۳۷۶	۲,۲۳۰	۱۷/۲	۴/۰	۸۸/۶	۴/۷۹	۵۱/۳	۱۴/۳
		۰/۰	۱۰/۰				
اندازه‌گیری شده در							

در جدول 6 مشخصات فنی سیستم آبگرمکن خورشیدی مورد نیاز که توسط نرم افزار رتسکرین انتخاب شده و همچنین ارزیابی فنی نرم افزار برای سیستم آبگرمکن خورشیدی نمایش داده می شود.

جدول 6 مشخصات و ارزیابی فنی سیستم آبگرمکن خورشیدی

آب گرم‌کن خورشیدی			
نوع			شیشه ای،لعاب دار
تولید کننده	Solcan		
مدل	2100.00		
پهنه ی ساختمان هر صفحه ی خورشیدی	متر مربع	۲/۸۸	
سطح کانونی به ازاء هرکلکتور خورشیدی	متر مربع	۲/۷۱	
ضریب Fr (tau alpha)			۰/٦۹
ضریب UL Fr	(وات/متر مربع)/°C	٤/۸٥	
ضریب دما برای Fr UL	W/(m - °C)²	۰/۰۰۰	
تعداد کلکتورها		۳	
مساحت کلکتور خورشیدی	متر مربع	۸/٦٤	
ظرفیت	کیلو وات	٥/٦۹	
افت‌های دیگر	٪	%۱/۰	
تعادل سیستم و متفرقات			خیر
ذخیره			خیر
مبدل حرارتی	بلی/خیر		
افت‌های دیگر	٪	%٥/۰	
قدرت پمپ / مساحت کلکتورخورشیدی	وات/متر مربع	۸/۰۰	
نرخ برق (الکتریسیته)	کیلووات ساعت/$	۰/۱۱۰	

در این قسمت به بررسی انرژی مورد نیاز در ساختمان مورد مطالعه شامل انرژی مورد نیاز جهت گرمایش فضا و آبگرم مصرفی پرداخته شده است. نتایج بدست آمده در جدول7 مشاهده می شود.

جدول 7 انرژی مورد نیاز در ساختمان مورد مطالعه

مساحت کف گرم شده در ساختمان	68m²	
بار گرمایشی برای ساختمان	506/22kcal/hr یا 87w/m²	
تقاضای پایه جهت گرمایش آب گرم داخلی	%43	
گرمایش کل	19MWh	
نوع سوخت مورد استفاده	گاز طبیعی	
کارایی فصل	%80	
مصرف سوخت سالیانه	2332m³	

به منظور ارزیابی اقتصادی استفاده از آبگرمکن خورشیدی جهت تامین آبگرم مورد نیاز در ساختمان مورد مطالعه دو سناریو تعریف شد. در این سناریوها، استفاده از سیستم آبگرمکن خورشیدی با نرخ های داخلی و جهانی گاز طبیعی در نظر گرفته شد. جدول 8 اطلاعات مالی- اقتصادی طرح را نشان می دهد.

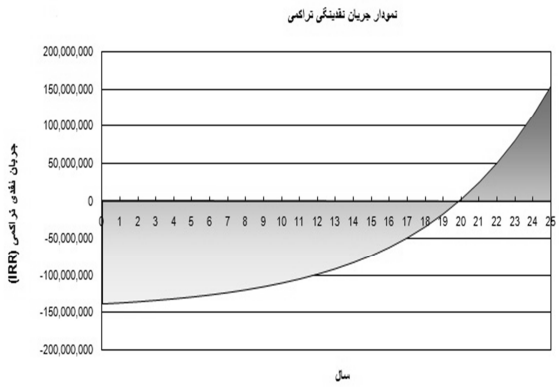
جدول 8 اطلاعات مالی- اقتصادی طرح

	نرخ داخلی گاز طبیعی	نرخ جهانی گاز طبیعی
قیمت سوخت	1000IRR/m³	0/364$/m³
هزینه سوخت (سالیانه)	2332032IRR	849$
کل هزینه اولیه طرح	138312550IRR	4618$
درآمد کاهش GHG (سالیانه)	9145478 IRR	9145478$
درآمد و پس انداز سالیانه	11477510IRR	9146326$
قابلیت سود دهی مالی	%۴/۲	%۲۳/۵
زمان برگشت سرمایه (سال)	۱۹/۹	۶/۴

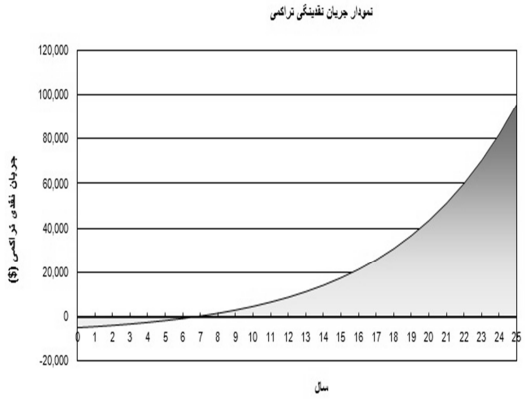
نرخ تورم 15 % و عمر پروژه 25 سال در نظر گرفته شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده از نرم افزار رتسکرین برای سناریو های تعریف شده با در نظر گرفتن نرخ داخلی و جهانی گاز طبیعی، میزان صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی 2332 مترمکعب در سال برآورد گردیده است. که این مقدار منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای 2/1 تن معادل دی اکسید کربن در سال که معادل با 906 لیتر بنزین مصرف نشده است. شکل های 4و 5 به ترتیب نمودارهای جریان نقدینگی تراکمی را برحسب سال با

نرخ داخلی گاز طبیعی (سناریو اول) و با نرخ جهانی گاز طبیعی (سناریو دوم) نشان می دهند.



شکل 4 نمودار جریان نقدینگی تراکمی بر حسب سال با نرخ داخلی گاز طبیعی



شکل 5 نمودار جریان نقدینگی تراکمی برحسب سال با نرخ جهانی گاز طبیعی

با توجه به این نتایج، مشاهده می شود که با در نظر گرفتن سناریو دوم (نرخ جهانی گاز طبیعی) قابلیت سود دهی مالی پروژه برابر 23/5 % و زمان بازگشت سرمایه6/4 سال است. بنابراین این طرح در حالت سناریو دوم (نرخ جهانی گاز طبیعی) مقرون به صرفه است.

4- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد که با عایقبندی و استفاده از مصالح مناسب در دیوارهای ساختمان و همچنین با در نظر گرفتن موقعیت قرارگیری ساختمان در جهت جغرافیایی مناسب از نظر بهره گیری حداکثری از انرژی خورشیدی می توان تا حد قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی ساختمان اقدام نمود. همچنین با آزاد سازی قیمت حامل های انرژی و رسیدن آن به قیمت جهانی، درآمد و پس انداز سالیانه بیشتر و دوره بازگشت سرمایه کوتاهتر خواهد بود و در نتیجه مقرون به صرفه بودن هرچه بیشتر پروژه های انرژی های نو، توجیه اقتصادی قابل قبولی را پیدا خواهد نمود.

مهم ترین نتایج به دست آمده عبارت اند از :

1- حالت بهینه ی جهت جغرافیایی، جهت E است که بار حرارتی ساختمان، حداقل مقدار خود را دارد.

2- حالت بهینه ی مصالح دیوارها، حالت 2 است که بار حرارتی ساختمان، به مراتب کمتر از حالت 1 است.

3- میزان صرفه جویی در سوخت گاز طبیعی برابر 2332 متر مکعب در سال خواهد بود.

4- میزان کاهش گازهای آلاینده برابر 2/1 تن معادل دی اکسید کربن در سال خواهد بود.

5- با در نظر گرفتن نرخ داخلی گاز طبیعی میزان سرمایه گذاری اولیه طرح 138312550ریال ، قابلیت سود دهی 4/2% و دوره بازگشت سرمایه 19/9 سال برآورد شد.

6- با در نظر گرفتن نرخ جهانی گاز طبیعی میزان سرمایه گذاری اولیه طرح 4618 دلار ، قابلیت سود دهی 23/5% و دوره بازگشت سرمایه 6/4 سال برآورد شد.

5- مراجع

[1] Tabatabai, SM, *computing building installations*, Tehran: Ruzbehan, 2009. (In persian)

[2] Clean Energy Decision Support Centre. Solar Water Heating Project RESIDENTIAL BUILDING / RHONEALPES,FRANCE,2003.

[3] Abd-ur-Rehman, H. M., & Al-Sulaiman, F. A. ,Techno-economic evaluation of different types of solar collectors for water heating application in domestic sector of Saudi Arabia, *In Renewable Energy Congress (IREC)*, 2014 5th International, IEEE, H.M, 2014.

[4] Etabi, F, Solhizadeh, M, Moosazadeh Namin, E, *The feasibility of using solar water heater systems in Yazd*, the first national conference on wind and solar energy, Tehran hamandishan energy Kimia, 2011. (In persian)

[5] Etabi, F, Kabi Nzhadyan, A, Musazadeh Namin, E, *Analysis of the technical, economic and ecological use of solar water heating systems in residential buildings, the Iranian energy issue*, Volume 14, Number 4, the Committee National Energy of the Islamic Republic., 2011. (In persian)

[6] On line courses and references of *retscreen* website. www.retscreen.net

[7] Kalogirou S. A., *Solar Thermal Collectors and Applications*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 30, pp. 164–223,2004.

[8] Harvey LDD. *A handbook on low-energy buildings and district-energy systems*. Earthscan; 2006.

[9] Iran new energies organization. What do you know about energy? *Solar energy*. (In Persian)

[10] Clean Energy Decision Support Centre. Solar Water Heating Project Single Family Home British Columbia Canada. 2002.

[11] Zhang Q., *Residential energy consumption in China an itscomparison with Japan, Canada, and USA, Energy and Buildings* , N.36(12), pp. 1217-1225,2004.

[12] Dong B., Cao C., Eang Lee S., *Applying support vectormachines to predict building energy consumption in tropical, Energy andBuildings*, N.37 (5), pp. 545-553,2005.

[13] Haj sagati, A, *The principles and application of solar energy*, second edition, Tehran University of Science and Technolog, 2000. (In persian)

[14] Taheri T. *Review the feasibility of solar energy in urban areas*,Tehran: Islamic Azad University Science and Research Branch,Tehran, 2003. (In Persian)

[15] Biswas w k, Barton L, Carter D. *Global warming potential of wheat production inWestern Australia*, a life cycle assessment. Water and Environment Journal, 2008.

[16] Eyvazi Z. *Sun water heater usage in the residential/commercial areas of TEHRAN 22nd area of municipality and its effects in the environment improvement*. 2003. (In Persian)