

به نام خدا

## گرمایش ساختمان‌ها با سیستم گرمایش کفی و استفاده از انرژی‌های نو

مهندس علی ساروخانی

شرکت سوپرایپ اینترناشنال

Email: a.saroukhani@superpipe.com

امروزه موضوع انرژی یکی از موضوعات مهم و بحث‌برانگیز محافل اقتصادی است. افزایش جمعیت، اتمام منابع انرژی و اتلاف آن و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی، عواملی هستند که هر روز محدودیت‌های آینده بشر و مخاطرات آن را گوشزد می‌کنند. با توجه به محدودیت‌های موجود، تنها استفاده از روش‌های درست مصرف، بهینه‌سازی وسایل مصرف انرژی و به کارگیری انرژی و به کارگیری انرژی‌های نو است که می‌تواند بحران انرژی را مهار کند.

سیستم گرمایش کفی سوپرایپ علاوه بر اجرای پروژه‌های متعدد گرمایش کفی، پروژه‌های تحقیقاتی متعددی را برای ارائه روش‌های نو و بهبود کیفیت تولید و خدمات انجام داده‌است. یکی از پروژه‌های تحقیقاتی که به صورت مشترک توسط سازمان انرژی‌های نو و شرکت سوپرایپ در جهت بهینه‌سازی مصرف سوخت، انجام شده، اجرای سیستم گرمایش کفی با استفاده از انرژی خورشیدی است.

این پروژه که در ساختمان نیروگاه انرژی خورشیدی شیراز اجرا شده، نخستین تجربه استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش ساختمان در ایران است. در این پروژه، آب گرم لازم برای سیستم گرمایش کفی، به جای استفاده از منابع فسیلی، توسط انرژی خورشیدی و پانل‌های خورشیدی تامین می‌شود. به این ترتیب با بکارگیری یک منبع انرژی تجدیدپذیر، در مصرف انرژی صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد.

در این مقاله ضمن معرفی سیستم گرمایش کفی و مزایای آن، به کاربرد این سیستم با استفاده از انرژی خورشیدی می‌پردازیم.

## ۱- گرمایش کفی چیست؟

سیستم گرمایش کفی با چرخش آب گرم از میان شبکه‌ای از لوله‌های تلفیقی پنج لایه که در کف نصب گردیده‌اند، به آرامی حرارت را در تمامی سطح توزیع می‌کند.



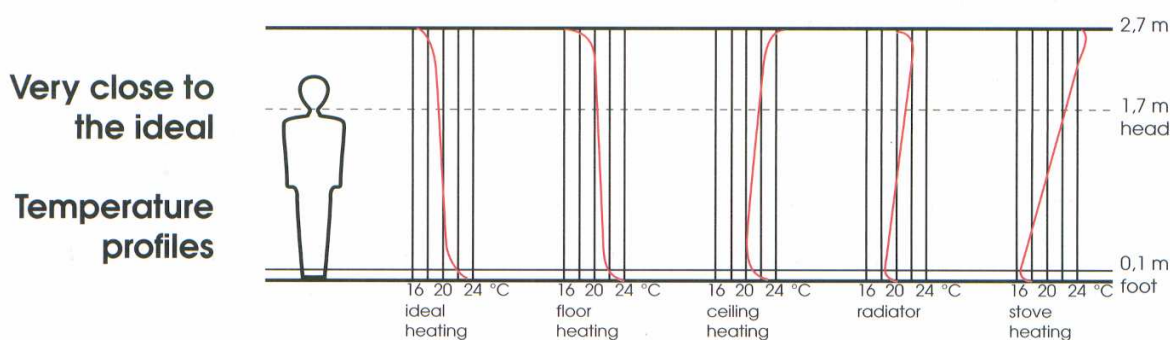
تغییرات دما در سیستم‌های گرمایشی با رادیاتور بخاطر توزیع نامناسب حرارت بسیار زیاد است. ولی در سیستم گرمایش کفی شبکه‌ی لوله تمام کف را پوشش می‌دهد و بدین ترتیب توزیع حرارت بصورت یکنواخت می‌باشد. در سیستم گرمایش کفی آب با دمای متوسط ۴۰ الی ۴۵

درجه‌ی سانتیگراد در سیستم گردش می‌کند و حداکثر دمای کف ۲۹ درجه‌ی سانتیگراد است. در این سیستم بیش از ۶۰ درصد انرژی به صورت تابشی به محیط انتقال پیدا می‌کند. سیستم گرمایش کفی برای کف‌های مختلف با پوشش‌های متفاوت از جمله، سنگ، سرامیک، پارکت و موکت مناسب می‌باشد.

## ۲- مزایای سیستم گرمایش کفی

### ۱-۲ آسایش

سیستم گرمایش کفی همانطور که به آرامی و بطور یکنواخت محیط خانه را گرم می‌کند، برای انسان احساس مطبوعی فراهم می‌کند. این سیستم، برخلاف طرق معمول، سطح بالایی از گرمایش تابشی را بدون آنکه باعث خشک شدن هوا شود ایجاد می‌نماید. پروفیل دما در این سیستم در مقایسه با سایر سیستم‌های گرمایشی منطبق‌ترین و نزدیک‌ترین حالت با پروفیل ایده‌آل شرایط راحتی انسان است. نتایج تحقیقات مختلف که از جمله در ASHRAE نیز اشاره شده است حاکی از آن است که آسایش افراد با دمای پایین‌تر محیط (Ambient Temperature) و دمای متوسط تشعشعی بالاتر (Mean Radiant Temperature) حاصل می‌شود.



### ۲-۲ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و اقتصادی بودن

شاید به جرأت بتوان گفت که یکی از مهمترین دلایل گسترش باورنکردنی سیستم‌های حرارتی گرمایش کفی در کشورهای صنعتی، کاهش قابل ملاحظه‌ی سوخت و انرژی در مقایسه با سایر سیستم‌های حرارتی می‌باشد.

عایق حرارتی، انتخاب دمای محیط و همچنین سیستم گرمایشی نصب شده در یک ساختمان، پارامترهای مهمی در میزان مصرف انرژی می‌باشند. بدلیل سطح وسیع حرارتی تابشی، گرمایش کفی در مقایسه با گرمایش سنتی، با ۳ تا ۵ درجه سانتیگراد کاهش در دما می‌تواند همان شرایط مطلوب هوا در اتاق را فراهم کند. همانطور که می‌دانیم، به ازای هر یک درجه سانتیگراد کاهش دما با ۶٪ کاهش مصرف انرژی نیز مواجه خواهیم بود.

از طرف دیگر به علت اینکه دمای متوسط آب گرم در این سیستم بین ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد، و نسبت به سیستم‌های گرمایشی متداول حدود ۳۰ درجه سانتیگراد کاهش دارد، لذا از این نظر باعث تلفات حرارتی کمتر در مدار و صرفه‌جویی مضاعف در مصرف سوخت می‌باشد. بعد دیگر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، تلفات حرارتی نزدیک به صفر از کف و گوشه‌ها، بدلیل وجود عایق در تمام کف و کنج‌ها و همچنین عدم تجمع حرارت نزدیک سقف، جاییکه ما هیچ استفاده‌ای از آن نمی‌کنیم، است. بطور کلی در یک سیستم گرمایش کفی مصرف انرژی از ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش نسبت به سایر سیستم‌های گرمایشی متداول برخوردار است.

## ۲-۳ قابلیت استفاده از انرژی‌های نو

دمای پایین آب مورد نیاز سیستم گرمایش کفی، این امکان مهم و اساسی را فراهم می‌آورد که به عنوان تنها سیستم تأمین گرمایش، بتوان از انرژی‌های نو، مانند انرژی خورشیدی استفاده نمود.

با توجه به محدودیت منابع سوخت، سیستم‌هایی که بتوانند در تامین گرمایش علاوه بر سوخت از انرژی تابشی خورشید به عنوان یک جایگزین مطمئن استفاده کنند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در حال حاضر سیستم گرمایش کفی در استفاده از انرژی خورشید منحصر به فرد می‌باشد.

طبق آمار سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، هزینه‌ی انرژی در روستاها علی‌رغم حجم استفاده‌ی کمتر، دو برابر شهرها است زیرا در روستاها از گاز طبیعی کمتر استفاده می‌شود. بنابراین، استفاده از انرژی خورشیدی در سیستم گرمایش کفی می‌تواند به عنوان یک راه مؤثر در زمینه کاهش مصرف سوخت در این مناطق نیز مطرح شود.

در ضمن کشور ایران از نواحی بسیار مستعدی برای استفاده از انرژی خورشیدی به خصوص در مناطق مرکزی و همچنین انرژی ژئوترمال به ویژه در مناطق شمالی برخوردار است که می‌توان با استفاده از سیستم گرمایش کفی توأم با این انرژی‌های نو، مصرف سوخت‌های فسیلی در این مناطق را به حداقل رساند.

## ۲-۴ طراحی راحت و انعطاف پذیری

جانمایی رادیاتورها در هنگام طراحی ساختمان مشکلاتی را برای مهندسين معمار باعث می‌شود. برای ساکنین ساختمان نیز، رادیاتورها اصولاً فضای مفید ساختمان را اشغال می‌کنند و باعث مشکلاتی در طراحی فضای داخلی و چیدمان اثاثیه می‌شوند. سیاه شدن دیوارها، پرده‌ها و سقف نیز از دیگر مشکلات استفاده از رادیاتور می‌باشد.

با سیستم گرمایش کفی، ضمن افزایش فضای کاربری به علت حذف رادیاتورها، امکان طراحی راحت فضاها با جلوه‌ها و ایده‌های نو عملی می‌گردد. بدون وجود رادیاتورها، شما می‌توانید اثاثیه منزل را هر جایی که خواستید قرار دهید. همچنین دیگر در این سیستم با پدیده‌ی سیاه شدن دیوارها و پرده‌ها مواجه نخواهیم شد.

## ۲-۵ ایمنی و سلامتی

سطح داغ و لبه‌های تیز رادیاتور می‌تواند باعث ایجاد جراحت برای افراد گردد که سیستم گرمایش کفی فاقد آن است. از طرف دیگر، در سیستم گرمایش کفی، کف، خشک و گرم است، بنابراین موجودات ریز نمی‌توانند رشد و تکثیر نمایند و در نتیجه دیگر نگران حساسیت‌های تنگی نفس و غیره نمی‌باشیم. ضمن اینکه گرم کردن کف باعث می‌شود که تقطیر و رطوبت روی دیوارها و کاغذ دیواریها وجود نداشته باشد، لذا امکان کپک زدن نیز از بین می‌رود. با حرارت آرام ساطع از کف، جریان کنوکسیون هوا و بالطبع میزان ذرات گرد و خاک کاهش می‌یابد. گرمایش کفی یک سیستم ایده‌آل برای مبتلایان به آسم است.

## ۲-۶ عدم نیاز به تعمیر و نگهداری

یکی از دلایل عمده‌ای که باعث گردید، سیستم‌های گرمایش کفی اصلاً مورد توجه قرار بگیرند، تکنولوژی جدید ساخت لوله‌ها، به ویژه لوله‌های تلفیقی با طول عمر بالا است. با توجه به تکنولوژی به کار رفته در لوله‌های تلفیقی، دیگر هیچگونه نگرانی بابت پوسیدگی، خوردگی و رسوب گرفتگی وجود ندارد و این لوله‌ها با طول عمری بیش از صد سال عملاً هرگونه نیاز به نگهداری را حذف می‌کنند.

## ۲-۷ حفاظت از محیط زیست

در دنیای صنعتی امروز، برای انتخاب سیستم‌های گرمایشی یکی دیگر از پارامترهای مهم، تاثیر آن بر محیط زیست و سهم آن در میزان آلودگی می‌باشد. همانطور که در بالا اشاره شد با توجه به اینکه سیستم گرمایش کفی در مصرف انرژی یا به عبارت بهتر مصرف سوخت بین ۲۵ تا ۵۰٪ نسبت به سایر سیستم‌های گرمایشی کاهش مصرف انرژی دارد از طرف دیگر قابلیت عملکرد با انرژی خورشیدی و ژئوترمال را نیز در می‌باشد، لذا به میزان زیادی می‌تواند در کاهش آلودگی محیط زیست موثر واقع شود. طول عمر بالای سیستم (بیش از صد سال) و عدم صدمه رساندن به ساختمان و تجهیزات جانبی از جمله موارد دیگری هستند که به حفظ محیط زیست کمک می‌کنند.

### ۳- گرمایش کفی با استفاده از انرژی خورشیدی

علی‌رغم وجود مناطق وسیعی از کشورمان که از انرژی ژئوترمال برخوردار هستند، به ویژه نواحی سبلان، خوی و ماکو، سهند و دماوند، استفاده از این نوع انرژی به دلیل پیچیدگی‌های خاص آن هنوز در کشور به صورت جدی مورد استفاده قرار نگرفته است. در صورتیکه استفاده از انرژی خورشیدی به دلیل راحتی و وسعت، بیشتر مورد توجه قرار داشته است. انرژی خورشید برای سه کاربرد مهم در ساختمان می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. تامین آبگرم، برق و گرمایش برای ساختمان‌های مسکونی و تجاری توسط انرژی خورشیدی قابل استحصال است.

#### ۳-۱ چرا انرژی خورشیدی؟

بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در بسیاری از کشورهای جهان بخصوص مناطق با آفتاب زیاد، معمول و در حال پیشرفت است. با توجه به وسعت دسترسی به این انرژی به نظر می‌رسد در آینده، انرژی خورشیدی به یکی از مهمترین و اصلی‌ترین منابع تامین انرژی برای بشر تبدیل شود. ایران نیز به لطف جغرافیای خاص خود از پتانسیل‌های کافی برای بهره‌گیری از انرژی خورشیدی به میزان زیادی برخوردار است. وجود استان‌های مرکزی ایران با آسمانی صاف و بدون ابر برای تماس مستقیم نور خورشید، موقعیت منحصر به فردی را برای نصب سیستم‌های با کلکتورهای خورشیدی ایجاد کرده است. در حالیکه متوسط ساعات آفتابی در کشور سالانه ۲۸۰۰ ساعت است. این میزان در شهرهای کویری همچون یزد به بیش از ۳۲۰۰ ساعت بالغ می‌شود.

برخی از مهمترین دلایل استفاده از انرژی خورشیدی عبارتند از:

- انرژی خورشیدی با محیط زیست سازگار است. انرژی خورشیدی محیط زیست را آلوده نکرده و یا باعث تولید گازهای گلخانه‌ای نمی‌شود. این انرژی باعث حفظ منابع محدود انرژی زمین برای فرزندانمان می‌شود.
- انرژی خورشیدی، پاک‌ترین و مطمئن‌ترین انرژی‌ای است که می‌توان به آن دست یافت.
- هزینه‌ی استفاده از انرژی خورشیدی ثابت است.

### ۲-۳ گرمایش کفی، تنها انتخاب

دمای آب بالای مورد نیاز (۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد) در سیستم‌های گرمایشی که از رادیاتور یا فن‌کوئل بهره می‌برند، قابلیت استفاده این سیستم‌ها را از انرژی خورشیدی منتفی می‌کند. در صورتیکه سیستم گرمایش کفی با حداکثر دمای مورد نیاز ۵۵ درجه سانتیگراد در محدوده‌ی دمای آب تولیدی توسط انرژی خورشیدی قرار دارد و به راحتی با آن کار می‌کند. انرژی خورشیدی و سیستم گرمایش کفی هر دو در کاهش آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی نقش اساسی ایفا می‌کنند و بهره‌وری از آنها باعث می‌شود که نسل آینده زندگی بهتری را تجربه کند.

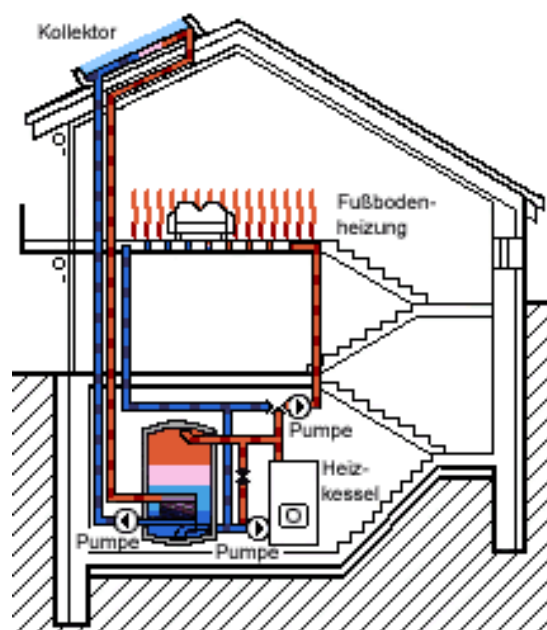
### ۳-۳ عملکرد سیستم گرمایش کفی با انرژی خورشیدی

یک ساختمان که از سیستم گرمایش کفی و انرژی خورشیدی به عنوان منبع تولید انرژی استفاده می‌کند، به دو سیستم اصلی تقسیم می‌شود. سیستم انرژی خورشید و سیستم گرمایش کفی.

اجزاء اصلی تشکیل دهنده یک سیستم انرژی خورشیدی عبارتند از:

- کلکتورهای خورشیدی که باید در محل مناسبی در معرض مستقیم نور خورشید قرار گیرند. لازم به ذکر است که جهت نصب کلکتورهای خورشیدی باید به سمت جنوب جغرافیایی (نه جنوب مغناطیسی) باشد.
  - منبع ذخیره - در سیستم حرارتی با انرژی خورشیدی، سیال در گردش سیستم، حرارت جذب شده در کلکتورهای خورشیدی را به آب درون منبع ذخیره (مبدل) توسط یک پمپ انتقال می‌دهد. این سیال اصولاً از محلول آب و یک ضد یخ بی‌ضرر برای محیط زیست تشکیل شده است.
- آب در گردش سیستم گرمایش کفی حرارت خود را از طریق منبع ذخیره جذب و با چرخش در مدارهای گرمایش کفی، فضای داخلی ساختمان را گرم می‌کند.

- یک مولد پشته‌خانه حرارت- علی‌رغم اینکه انرژی خورشیدی به راحتی تامین کننده گرمایش و همچنین آبگرم بهداشتی است، لیکن استفاده از یک مولد حرارتی به عنوان پشته‌خانه برای مواقعی که هوا ابری و یا در حال بارش برف یا باران است، ضروری است. باید توجه داشت که این مولد حرارتی باید بتواند ۱۰۰ درصد نیاز حرارتی برای گرمایش ساختمان و همچنین تامین آبگرم بهداشتی را فراهم نماید، چراکه ممکن است که تعداد روزهای ابری و یا در حال بارش زیاد باشد.
- سیستم کنترلی- به منظور مونیتور کردن دمای کلکتورها و تانک ذخیره برای اطمینان از انتقال حرارت حداکثر از کلکتورها به تانک، باید از یک سیستم کنترلی مجهز به حسگرهایی که دمای کلکتورها و منبع را نشان می‌دهند، بهره برد.



شکل فوق استفاده انرژی خورشیدی برای تامین گرمایش و آبگرم ساختمان را نمایش می‌دهد.

- اجزاء اصلی تشکیل دهنده یک سیستم گرمایش کفی عبارتند از :
- عایق‌های کف و کناری که به منظور جلوگیری از انتقال حرارت به پایین و همچنین حذف پلهای حرارتی در کنج‌ها به کار می‌روند.
  - کلکتورهای رفت و برگشت مدارهای گرمایش کفی که برای هر مدار گرمایش کفی دارای شیرهای جداگانه می‌باشند. در ضمن این کلکتورها باید به شیرهای هواگیری، پرکن و تخلیه



مجهد باشند. برخی از کلکتورها به منظور کنترل دبی هر مدار مجهد به دبی سنج مستقل برای هر مدار هستند.

- لوله‌های تلفیقی سائز ۱۶ یا ۲۰ میلیمتر، که از انعطاف‌پذیری بسیار خوبی برخوردار بوده، در مقابل نفوذ اکسیژن مقاوم بوده و از ضریب انبساط طولی خوبی برخوردار هستند، بهترین انتخاب برای سیستم گرمایش کفی هستند.
- ترموستات‌ها و شیرهای برقی که به منظور کنترل دمای فضاهای مستقل داخلی به کار می‌روند.

اجزاء فوق برای اجرای یک سیستم ساده‌ی گرمایش کفی ضروری می‌باشند، ولی می‌توان با استفاده از سایر سیستم‌های کنترلی نظیر ترموستات‌های قابل برنامه‌ریزی هفتگی (مناسب سازمان‌ها و ادارات)، ترموستات‌هایی که دمای تغذیه آب را بر اساس دمای هوای خارج تنظیم می‌کنند، شیرهای مخلوط‌کننده، دستگاه‌های کنترل تثبیت دما و ... میزان راندمان سیستم‌های گرمایش کفی را به حداکثر رسانند.

#### ۴- سیستم حرارتی ساختمان اداری نیروگاه خورشیدی شیراز

همانطور که در فوق اشاره شد، برای اولین بار در ایران سیستم گرمایش سوپرپایپ کفی توأم با انرژی خورشیدی در ساختمان اداری نیروگاه خورشیدی شیراز با همکاری سازمان انرژی‌های نو استفاده شد.

در زیر نگاهی مقایسه‌ای با سیستم رادیاتور برای پروژه خواهیم داشت.

#### ۴-۱ شرایط طرح بیرون

دمای طرح بیرون:  $23^{\circ}\text{F}$  یا  $5^{\circ}\text{C}$ -

ضریب هدایت حرارت دیوارهای خارجی:  $0.3 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$  یا  $1.7 \text{ w/m}^2.\text{k}$

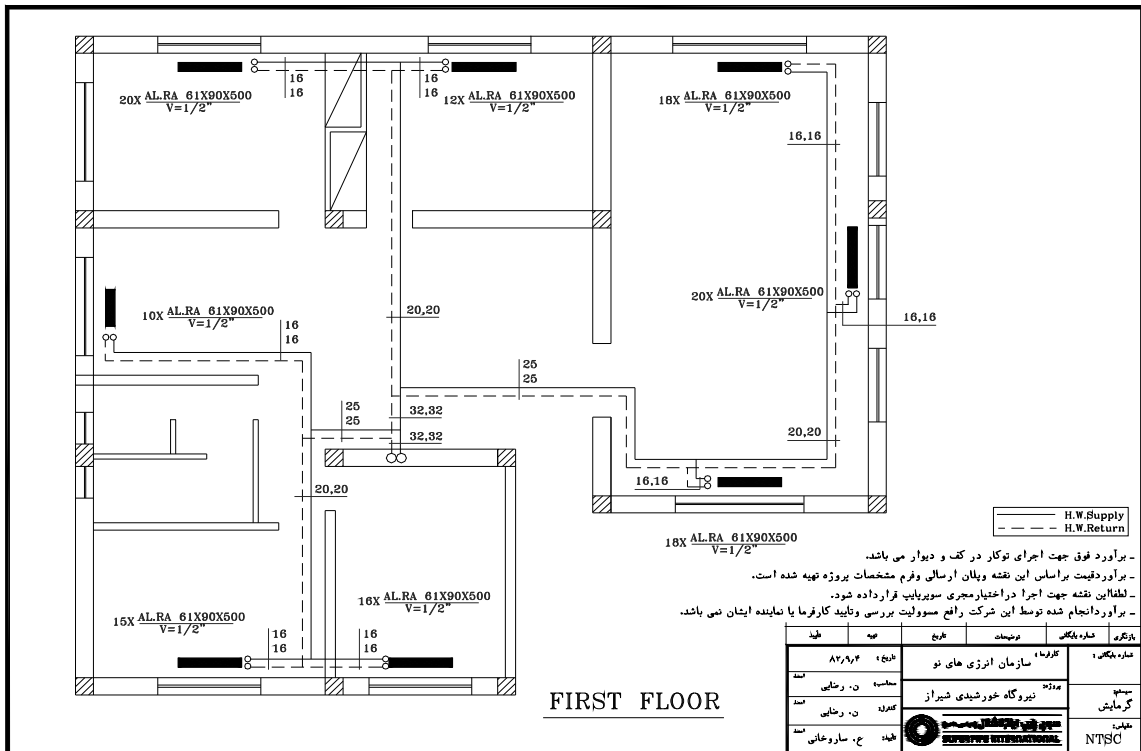
ضریب هدایت حرارت سقف:  $0.28 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$  یا  $1.59 \text{ w/m}^2.\text{k}$

ضریب هدایت حرارت شیشه:  $1.13 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$  یا  $6.4 \text{ w/m}^2.\text{k}$

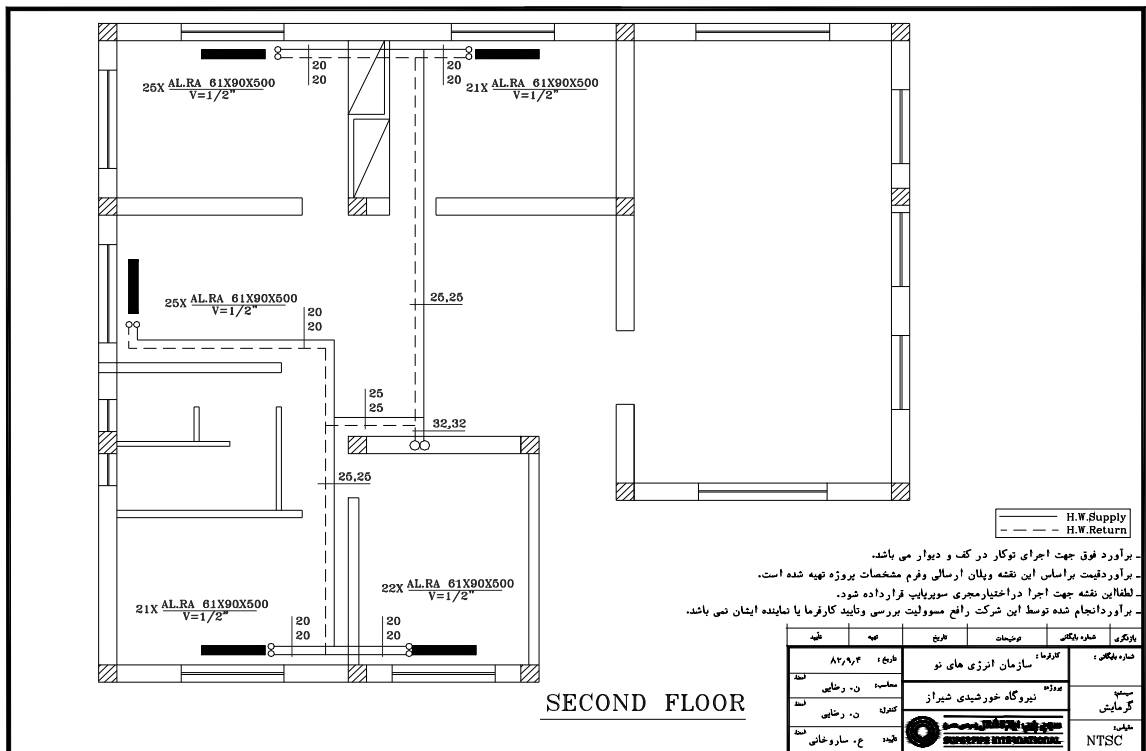
ضریب هدایت حرارت کف:  $0.2 \text{ Btu/hr.ft}^2.^{\circ}\text{F}$  یا  $1.14 \text{ w/m}^2.\text{k}$

۴-۲ گرمایش با رادیاتور

دمای طرح فضای داخلی:  $72^{\circ}\text{F}$  یا  $22.2^{\circ}\text{C}$



FIRST FLOOR



SECOND FLOOR

طبقات اول و دوم با رادیاتور

بار گرمایشی برابر است با:

$$Q_{\text{design}}: 110,000 \text{ Btu/hr}$$

مطابق ASHRAE میزان مصرف سالیانه سوخت به صورت زیر حساب می شود:

$$\frac{(Q_{\text{design}}) \times (DD_h) \times (24) \times (Cd)}{1,000,000 \times (\Delta T_{\text{max}}) \times E} = E_{\text{annual}}$$

روز درجه گرمایی (DD<sub>h</sub>) برای شیراز برابر است با 1490

با جایگذاری مقادیر در فرمول فوق داریم:

$$\frac{110,000 \times 1490 \times 24 \times 0.76}{1,000,000 \times (72 - 23) \times 0.55} = 110.9 \text{ MBtu/year}$$

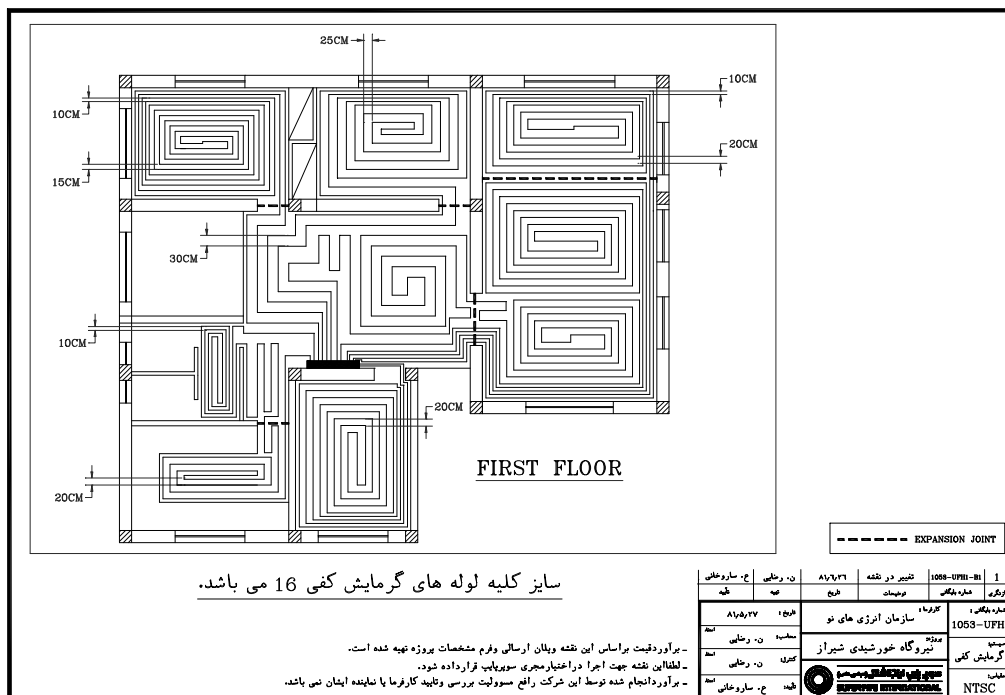
ارزش حرارتی گاز = 39.2 MJ/kg (37153.76 Btu/hr)

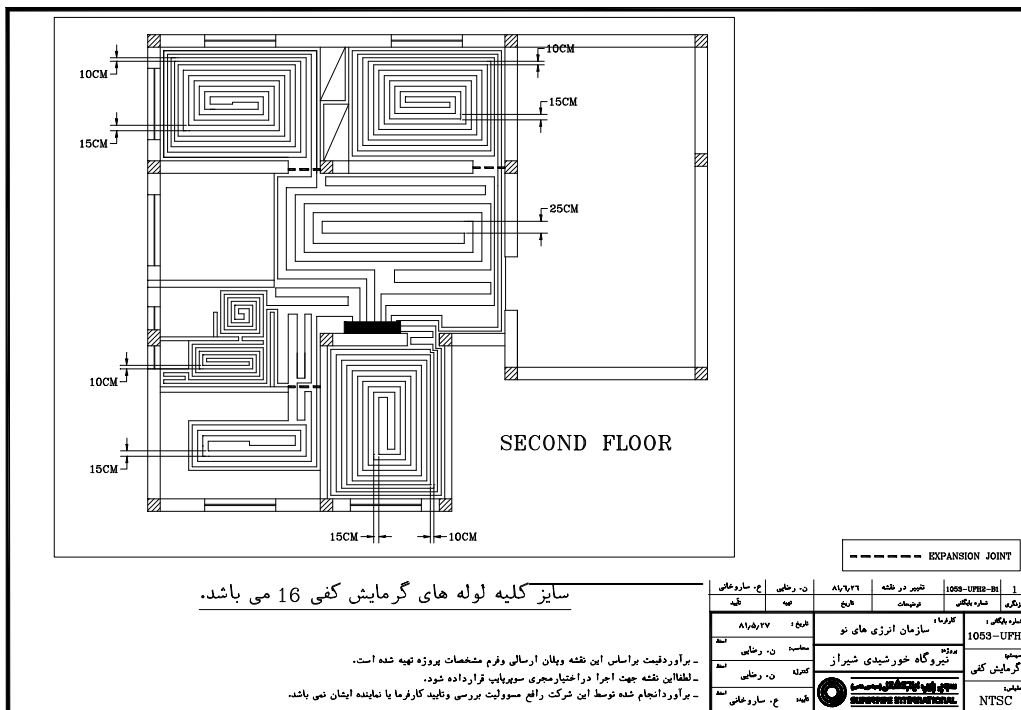
لذا میزان مصرف سالانه سوخت برای ساختمان فوق در صورت استفاده از سیستم رادیاتور برابر

است با: 2985 kg

۳-۴ گرمایش با سیستم گرمایش کفی

دمای داخل اتاقها در سیستم گرمایش کفی: 68°F یا 20°C





طبقات اول و دوم با سیستم گرمایش کفی

بار گرمایشی برابر است با:

**Q<sub>design</sub> : 74,000 Btu/hr**

با جایگذاری مقادیر در فرمول فوق داریم:

$$\frac{74,000 \times 1490 \times 24 \times 0.76}{1,000,000 \times (68 - 23) \times 0.55} = 81.2 \text{ MBtu/year}$$

میزان مصرف سالانه سوخت برای ساختمان فوق با استفاده از سیستم گرمایش کفی برابر است با:

**2186 kg**

#### ۴-۴ مقایسه

با استفاده از سیستم گرمایش کفی در ساختمان فوق توانسته‌ایم حدود ۳۷ درصد در کاهش مصرف سوخت صرفه‌جویی کنیم. البته این در صورتی است که ما بخواهیم از بویلر یا پکیج‌های حرارتی با سوخت فسیلی برای گرمایش این ساختمان بهره ببریم. در صورتیکه منبع اصلی تامین حرارت برای ساختمان فوق کلکتورهای خورشیدی می‌باشد.

حال اگر در نظر بگیریم سیستم کلکتور خورشیدی با توجه به ناحیه جغرافیایی شیراز بتواند ۷۵ درصد انرژی گرمایشی سالانه را تامین کند میزان مصرف سوخت برای تامین گرمایش برابر خواهد بود با : **547 kg**

مصرف سوخت در این حالت ۱۸ درصد مصرف سوخت در حالت رادیاتور می‌باشد.

با توجه به کاهش مصرف سوخت برای تامین گرمایش تا یک پنجم در ساختمان فوق، می‌توان به اهمیت استفاده از انرژی خورشیدی و سیستم گرمایش کفی بیش از پیش پی برد.

به امید ایرانی سبز و آباد

#### منابع و ماخذ:

- ۱- متون فنی شرکت سوپرپایپ اینترنتاشنال
- ۲- متون فنی شرکت Uponor
- ۳- کتاب ASHRAE HANDBOOK- FUNDAMENTALS سال 1989
- ۴- کتاب ASHRAE HANDBOOK-HVAC SYSTEMS AND EQUIPMENT سال 2000
- ۵- گزیده‌ای از سایت‌های مختلف اینترنت