"In The Name Of God"

FINAL PROJECT

"About underfloor Heating System"

Mehdi barghi 81114035

DR. A. Ahmadi

IUST –ARAK-1385

فهرست مطالب

موضوع ..... صفحه

مقدمه ۶

معرفي سيستم گرمايش از كف ۷

تاريخچه سيستم گرمايش از كف ۸

انواع سيستم هاى گرمايش از كف ۹

مفهوم تابش ۱۰

تاثير شيشه ها و پنجره ها در فرايند گرم شدن
.....
۱۱.....

مزاياي سيستم گرمايش از كف

۱- آسايش
.....
.....
۱۲.....
۲- طراحي راحت و انعطاف پذيري
.....
۱۳.....
۳- هماهنگي با مكانيزم آزاد سازي انرژي از بدن انسان
.....
۱۳.
۴- ايمني و سلامتي
.....
.....
۱۵.....
۵-عدم نياز به سرويس و نگهداري
.....
۱۶.....
۶-صرفه جويي در مصرف انرژي و اقتصادي بودن
.....
۱۶.....

کف گرمایش از

۷-حفاظت از محیط زیست
.....
۱۷

بررسی تاثیر سیستم گرمایش از کف در میزان مصرف انرژي

الف)انتقال انرژي به صورت تابشي
.....
۱۸
ب)استفاده از حرارت دقیقا در جاي مناسب آن
.....
۱۸
ج)دماي پایین آب در گردش سیستم
.....
۲۰
د) قابلیت کارکرد با انرژي خورشیدي
.....
۲۰
هـ) قابلیت بهره برداري از تکنولوژي مدرن
.....
۲۱
و)سایر ویژگیهایي که باعث کاهش مصرف سوخت مي شوند ۲۳
بررسی یک مثال عملي
.....

.....
۲۳.....
ساختار کلي و اجزاء سيستم گرمايش از کف کف ساختمان
ساختار کلی
.....
.....
۲۸.....
کف ساختمان
.....
.....
۲۹.....
لايه هاي عايق
.....
.....
۲۹.....
لايه محافظ
.....
.....
۳۰.....
نوارهاي عايق پيرامونی
.....
.....
۳۱....
لوله هاي گرمايش از کف
.....

مدار و منفویلد سیستم گرمایش از کف ۳۲

طرحهای مختلف قرار گرفتن لوله ها در کف ۳۴

ورقه بتوني ۳۶

طراحي سیستم هاي گرمایش از کف ۳۷

محاسبه مقدار شار گرمایي ۳۹

انتخاب فواصل بین لوله ها ۴۱

پوشش کف ۴۳

.....
۴۴.....
میانگین دمای آب
.....
.....
۴۵.....
محاسبات جریان سیال
.....
.....
۴۶.....
تامین فشار مورد نیاز
.....
.....
۴۷.....
هواگیری
.....
.....
۴۸.....
سیستم ذوب برف
.....
.....
۵۰.....
شروع گرمایش
.....
.....
۵۲.....

کف گرمایش از

طراحي تاسيسات گرمايي جهت تامين انرژي مورد نياز سيستم گرمايش از كف

سيستم ديگ دو منظوره ۵۲

سيستم تزريق و مخلوط با شير دو راهه و كنترل يك متغير (Ts) ۵۳

سيتم مكش و مخلوط با شير دو راهه و كنترل چهار متغير ۵۴

سيستم مخلوط با شير سه راهه (در مسير رفت) و كنترل يك متغير ۵۵

سيستم مخلوط با شير سه راهه (در مسير رفت) و كنترل چهار متغير..... ۵۶

سيستم مخلوط با شير سه راهه (در مسير برگشت) و كنترل يك متغير ۵۶

سيستم مخلوط با شير چهار راهه و كنترل چهار متغير ۵۸

سيستم تزريق و مخلوط با پمپ دور متغير و كنترل چهار متغير ۵۹

سيستم با دو دماى كارى .....

.....
۶۰.....
سیستم آبگرمکن دو منظوره
.....
.....
۶۱..
سیستم آبگرمکن اختصاصی
.....
.....
۶۲
سیستم آبگرمکن دو منظوره با استفاده از مبدل حرارتی
.....
۶۲.
سیستم آبگرمکن دو منظوره با استفاده از مبدل حرارتی داخلی
.....۶۳
سیستم تانک میان گیر با استفاده از آبگرمکن دارای شعله غیر مستقیم
.....۶۳
سیستم تانک میان گیر با استفاده از آبگرمکن دارای شعله غیر مستقیم
.....۶۴
معرفی چندین سایت در مورد سیستم گرمایش از کف.....
۶۴.....

مقدمه:

بسمه تعالی

با کمی دقت و بررسی هزینه های یک سیستم و میزان آسایش انسان در آن سیستم به رابطه ای کهن میان این دو دست می یابیم ، به این صورت که با افزایش میزان آسایش در یک سیستم هزینه های آن سیستم نیز افزایش یافته و بالعکس.

سیستم گرمایش از کف با برهم زدن این رابطه ، با صرفه جوئی در مصرف انرژی ویا به بیان بهتر کاهش هزینه های جاری سیستم ، افزایش آسایش و راحتی را نیز به همراه دارد . در واقع وجه تمایز این سیستم با سایر سیستم های گرمایشی در این است که مادر این سیستم با کم کردن هزینه ها به آسایش **بیشتر**ی میرسیم.

در این پژوهش که به عنوان پروژه پایان دوره کارشناسی ارائه می شود سعی شده است تا با بهره گیری از منابع هرچند اندک داخلی و استانداردها و مقالات نگاشته شده در مورد این موضوع به بررسی کلی این سیستم ، بیان مزایا ی این سیستم ، مقایسه این سیستم با سایر سیستم های گرمایشی و بیان محاسبات مقدماتی برای طراحی این سیستم پرادخته شود . باشد که گامی هرچند کوچک در زمینه معرفی این سیستم محسوب شود.

مهدی برقی ۸۱۱۱۴۰۳۵

کف گرمایش از

معرف سیستم گرمایش از کف :

با افزایش روز افزون جمعیت و محدودیت منابع انرژی در دنیا ، بحث بهینه سازی مصرف انرژی مطرح می شود . در این راستا نقش سیستمهای گرمایشی ساختمان ها و مجتمع های مسکونی که بخش قابل توجهی از مصارف انرژی را شامل می شوند بیش از پیش حائز اهمیت می شود .یکي از راه هاي بهینه سازي و کاهش مصرف انرژي ، استفاده از سیستم هاي جدید گرمایشي مي باشد که از موثرترین سیستم هاي گرمایشي سیستم گرمایش از کف (underfloor Heating) مي باشد .

روش گرمایش از کف به عنوان راحت ترین ، سالم ترین و طبیعي ترین روش براي گرمایش شناخته شده است .

همانطور که افراد در یك روز سرد زمستاني توسط تابش خورشید احساس گرما مي نمایند در این روش نیز گرما را به وسیله انتقال حرارت تابشي از کف محل سکونت خود دریافت مي کنند و یقینا احساس آسایش بیشتري خواهند نمود .

در این سیستم گرمایشي معمولا دماي آب گرم موجود در لوله هاي گرمایش از کف بین ٤٠ تا ٥٠ درجه سانتیگراد مي باشد که در مقایسه با سایر روشهاي موجود ، که دماي آب بین ٦٥ تا ٨٢ درجه

سانتيگراد است ، حداقل بين ٤٠ تا ٦٠ درصد در مصرف انرژي صرفه جوي مي شود .

تاريخچه سيستم گرمايش از كف :

قدمت سيستم گرمايش از كف به سال هاي دور برمي گردد . در انجام حفاري يك قصر در آناتولي كه در سال١٢٠٠ قبل از ميلاد ساخته شده بود كانالهايي در زير كف كشف گرديد كه حكايت از يك سيستم مركزي گرمايش از كف مي كرد . بعدها اين سيستم در المپيا (٨٠٠ قبل از ميلاد) به كار گرفته شد و رومي ها از ٨٠ سال قبل از ميلاد اين سيستم را بدليل راحتي و آسايش آن به عنوان يك سيستم مدرن استفاده مي كردند . در اين سيستم گرما از طريق گازهاي گرم حاصل از احتراق در كانال هايي كه در زير كف حفر شده بود به كف فضاها انتقال پيدا مي كرد .

به مرور زمان استفاده از اين سيستم به فراموشي سپرده شد تا اينكه با ظهور تكنولوژي هاي جديد ، مجددا به صورت جدي در دهه هاي آخر قرن بيستم مطرح گرديد . با اين تفاوت كه اين بار تامين گرمايش از طريق آب گرم يا المنت هاي برقي و با استفاده از تكنولوژي لوله هاي ٥ لايه مورد توجه قرار گرفت . لازم به ذكر است كه هم اكنون از سيستم گرمايش از كف در حدود

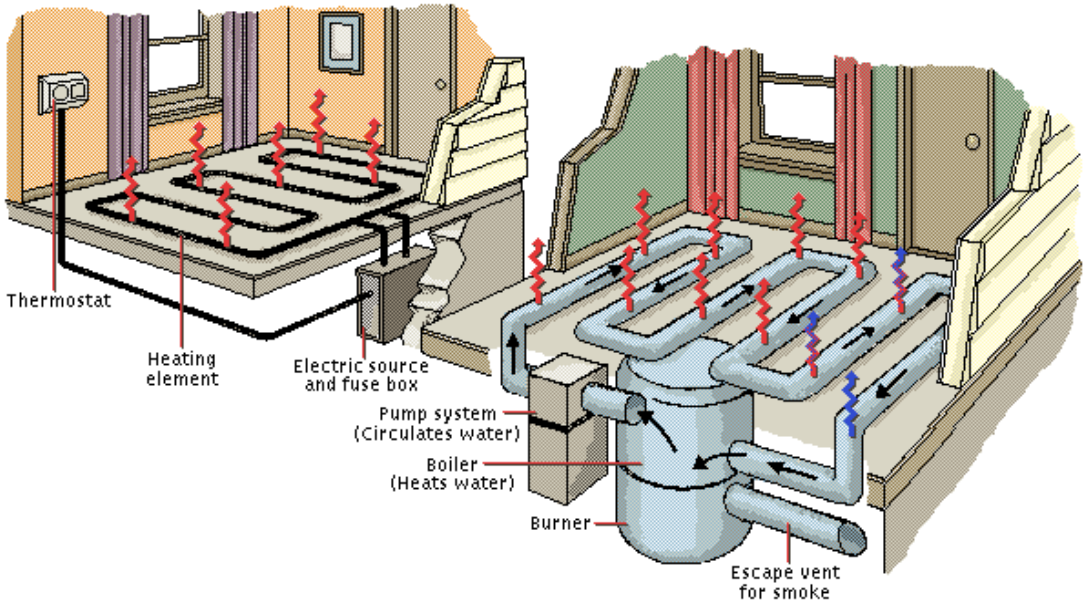
كف گرمايش از

نيمي از خانه هاي جديد اروپا استفاده مي شود .

در سيستم گرمايش از كف آب با دماي متوسط 40 الي 45 درجه سانتيگراد در سيستم گردش مي كند و حداكثر دماي كف 29 c است . در اين سيستم بيش از ٦٠ درصد انرژي به صورت تابشي به محيط انتقال پيدا مي كند .

انواع سيستم هاى گرمايش از كف :

به طور كلي سه نوع روش گرمايش از كف موجود است :



١-سيستم گرمايش از كف با هواي گرم

٢-سيستم گرمايش از كف با جريان الكتريسيته

٣-سيستم گرمايش از كف با آب گرم

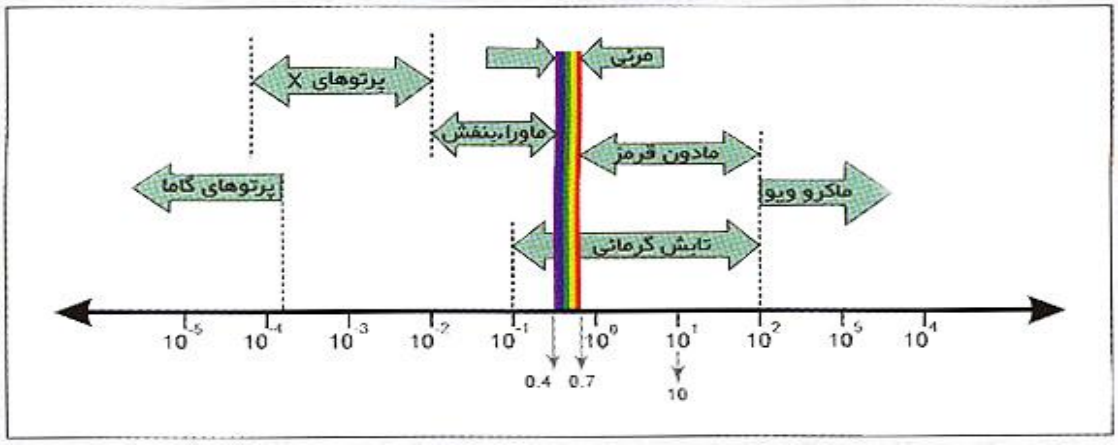
بدليل اينكه هوا نمي تواند گرماي زيادي را در خود نگاه دارد سيستم گرمايش از كف با هواي

گرم در منازل مسكوني چندان مقرون به صرفه نيست . روش الكتريكي نيز فقط زماني مقرون به صرفه است كه قيمت انرژي الكتريكي كم باشد . در مقايسه با دو روش ذكر شده ، سيستم گرمايش با آب گرم مقرون به صرفه تر مي باشد .

مفهوم تابش:

تابش به معناي ارسال انرژي در تمام طول امواج است . تنها بخش كمي از اين طول موج هاي تابشي گرمايي هستند . ساير طول امواج در برگيرنده پرتوهاي گاما تا ماكروويو مي باشند.

گستره انرژي گرمايي بين 0.1 ميكرومتر تا 100 ميكرومتر مي باشد . پرتوهاي تابشي در طول موج كوتاهتر انرژي بيشتري حمل مي كند . خورشيد كه يك منبع انرژي گرمايي است با دماي در حدود 5000 c امواج تابشي به طول موج بين 0.4 تا 0.7 ميكرومتر از خود صادر مي كند . در صورتيكه يك منبع انرژي گرمايي با دمايي در حدود 27c امواج تابشي با طول موجي حدود 8 ميكرومتر از خود صادر مي كند .

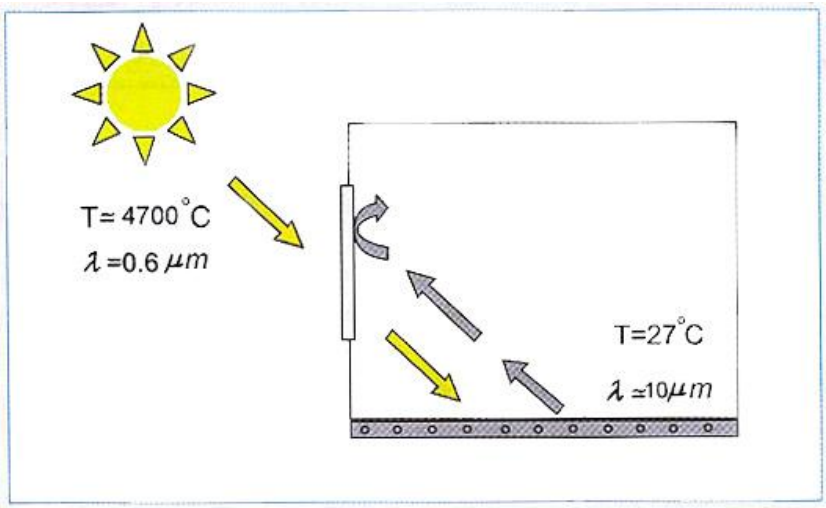


تاثر شیشه ها و پنجره ها در فرایند گرم شدن:

شیشه پنجره ها ، عبور دهنده امواج با طول موج کوتاهتر از 4 میکرو متر مي باشد . براي موجهاي بيش از 4 ميكرومتر شيشه پنجره ها نسبت به تابش به صورت مات (opaque) عمل مي كنند . به عبارت ديگر براي طول موجهاي بيشتر از 4 ميكرومتر پنجره را مي توان مانند يك ديوار صلب كه امكان انتقال حرارت تابش را غير ممكن مي سازد در نظر گرفت تابشي كه از خورشيد ساتع مي شود در گستره بين 0.4 تا 0.7 ميكرومتر قرار دارد كه مي تواند از شيشه پنجره ها عبور نمايد در حاليكه امواجي كه از كف گرماي تابش ساتع مي شود داراي طول موجي در حدود 8 ميكرومتر مي

باشد که نمي تواند از شيشه پنجره ها عبور نمايد .

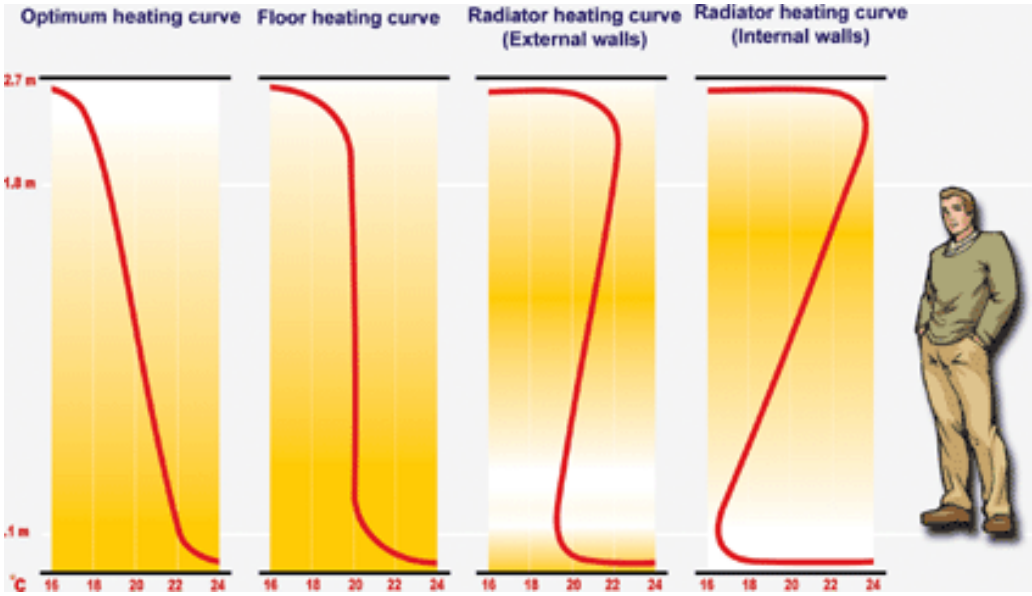
بدين ترتيب امواج گرمايي که از خورشيد تابش مي شود از شيشه پنجره عبور يافته و اتاق را گرم مي نمايد و از طرفي بخشي از امواج گرمايي که از کف گرمايي تابش مي شوند با شيشه برخورد کرده و منعکس شده و حتي پس از انعکاس اتاق را گرم مي نمايند .



مزاياي سيستم گرمايش از کف :

۱- آسايش : سيستم گرمايش کفي همانطور که به آرامي و بطور يکنواخت محيط خانه را گرم مي کند ، براي انسان احساس مطبوعي فراهم مي کند .

پروفيل دما در اين سيستم در مقايسه با ساير سيستم هاي گرمايشي منطبق ترين و نزديك ترين حالت با پروفيل ايده ال شرايط راحتي انسان است . نتايج تحقيقات مختلف كه از جمله در كتاب



ASHREA نيز اشاره شده است حاكي از آن است كه آسايش افراد با دماي پايين تر محيط (Ambient Tempreadure) و دماي متوسط تشعشعي بالاتر (Mean Radiant) حاصل مي شود .

۲- طراحی راحت و انعطاف پذیری :

جانمائي راديا تورها و فن كويلها در هنگام طراحي ساختمان مشكلاتي را براي مهندسين و ساكنين ساختمان باعث مي شود چون راديا تورها اصولا فضاي مفيد ساختمان را اشغال مي كنند و فن كوئلهاي سقفي نيز فضايي را از ارتفاع ساختمان گرفته باعث كم شدن ارتفاع مفيد اتاق ها مي

شوند ، سیاه شدن دیوارها و پرده ها و سقف نیز از دیگر مشکلات رادیاتورها و فن کوئل ها می باشند که ناشي از گردش هوا در اتاق مي باشد .
با سیستم گرمایش از کف هیچ کدام از مشکلات بالا متوجه ساکنان نمي باشد زیرا این سیستم در کف فضا اجرا شده و همچنین حرارت آن به صورت تابشي و متعادل مي باشد و گردش هواي کمي در فضا بوجود مي آید .

۳- هماهنگی با مکانیزم آزاد سازی انرژی از بدن انسان :

چهار فرایند طبیعي در آزاد سازي حرارت از بدن دخالت دارند :

۱- انتقال حرارت بوسیله تنفس و تبخیر رطوبت از پوست

۲- انتقال حرارت به هواي اطراف بدن از طریق جابجایي

۳- انتقال حرارت از طریق هدایت به اشیایي که بدن با آنها در تماس است .

٤- انتقال حرارت به صورت تابش بین بدن و اشیاء پیرامون

۱- انتقال حرارت بواسطه تنفس و تغییر رطوبت از پوست :

تنفس و تبخير رطوبت از پوست ۲۵% از كل حرارت انتقال يافته از بدن انسان طي يك فعاليت سبك در يك فضاي خانگي يا اداري را تشكيل مي دهد.

۲-انتقال حرارت به هواي اطراف بدن از طريق Convection :

حرارت از پوست و لباس ما به هواي اطراف جريان مي يابد . مشروط بر آنكه هوا دماي بيشتري داشته باشد. هر فرد به شرط آنكه لباس ضخيم نپوشيده باشد و در يك فضاي خانگي يا اداري قرار داشته باشد حدود ۳۰ درصد كل حرارت انتقال يافته را به روش جابجايي دفع مي نمايد .

۳-انتقال حرارت از طريق هدايت به اشيايي كه بدن با آنها در تماس است .

انتقال حرارت از طريق هدايت زماني اتفاق مي افتد كه هريك از قسمتهاي بدن ما شي سردتري را لمس كند . چون بدن انسان به طور پيوسته با اشياء سردتر يا گرمتر در ارتباط نمي باشد . براي انتقال حرارت هدايتي نمي توان درصد ثابتي در نظر گرفت .

٤-انتقال حرارت به صورت تابشي بين بدن و اشياء پيرامون آن

انتقال حرارت تابشي از پوست و لباس ما به اشياء پيرامون نقش مهمي را در تامين يا عدم تامين آسايش دمايي ايفا مي كند ، هر گاه در

مجاورت اشيايي سردتر از سطوح پوست و لباسمان قرار بگيريم حرارت از بدنمان به سطوح پيرامونی تابيده مي شود . در يك فضاي خانگي يا اداري به شرط آنكه شخص لباس ضخيم نپوشيده باشد تقريبا نيمي از كل حرارت انتقال يافته به صورت تابشي آزاد مي شود .

بدن انسان بصورت خودكار اين فرآيندها را تعديل می كند تا حرارت داخلی بدن تنظيم شود اما هنگامی كه يكی از روشهای چهارگانه انتقال حرارت محدود می شود بدن سعی می كند تا ساير مكانيزم های آن را تسريع ببخشد از طرفی چون حدود ۵۰ در صد از كل حرارت انتقال يافته سيستم گرمايش از كف به صورت تابشی انتقال مي يابد بدن ما در جهت تسريع ساير مكانيزمها تلاش نمی نمايد و بدين ترتيب هماهنگی خاصی بين اين سيستم و مكانيزم انتقال حرارت از بدن انسان وجود دارد.

۴- ايمنی و سلامتی :

سطح داغ و لبه هاي تيز راديا تورها و فن كوئلها مي تواند خطرناك باشد . از طرفي ديگر در سيستم گرمايش از كف ، كف فضا خشك و گرم است . بنابراين موجودات و حشرات ريز نمي توانند رشد و تكثير نمايند . (به علت رطوبت كم

و همچنين سطح با گرماي ملايم مي تواند براي بيماران دردهاي مفصلي بسيار مفيد باشد).

۵-عدم نياز به سرويس و نگهداری :

يكي از دلايلي كه باعث شد سيستم هاي گرمايش از كف مجددا مورد استفاده قرار گيرد تكنولوژي ساخت لوله هاي تلفيقي با طول عمر بالا بود زيرا اين لوله ها در مقابل خوردگي و پوسيدگي و رسوب گرفتن در دماهاي بالا بسيار مقاوم و داراي عمر بالاي صد سال مي باشند . بنابراين حتي پس از پوشاندن سطح لوله هاي با لايه بتوني نبايد نگران مشكلات احتمالي تركيدگي يا پوسيدگي لوله ها بود .

۶-صرفه جويی در مصرف انرژی و اقتصادی بودن :

عايق حرارتي ، انتخاب دماي محيط و همچنين سيستم گرمايشي نصب شده در يك ساختمان ، پارامترهاي مهمي در ميزان مصرف انرژي مي باشد .

در سيستم گرمايش از كف بدليل سطح وسيع حرارت تابشي . در مقايسه با گرمايش سنتي با ۳ تا ۵ درجه سانتيگراد كاهش در دماي محيط مي توان همان شرايط مطلوب هوا را در اتاق فراهم كند .

لازم به ذكر است كه طبق تحقيقات به عمل آمده به ازاي هر يك درجه سانتيگراد كاهش دما با ٦% كاهش مصرف انرژي نيز مواجه خواهيم بود .

از طرف ديگر به علت اينكه دماي متوسط آب گرم در اين سيستم بين ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتيگراد و نسبت به سيستم هاي گرمايشي متداول حدود ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتيگراد پايين تر است . لذا از اين نظر باعث تلفات حرارتي كمتر در مدار و صرفه جويي مضاعف در مصرف سوخت مي باشد .

بعد ديگر صرفه جويي در مصرف انرژي ، تلفات حرارتي نزديك به صفر از كف و گوشه ها ، بدليل وجود عايق در تمام كف و كنج ها است .

" بطور كلي يك سيستم گرمايش از كف مي تواند باعث صرفه جويي تا ٦٠ درصد در مصرف انرژي شود ".

۷-حفاظت از محيط زيست :

يكي از پارامترهاي مهم در انتخاب سيستم گرمايشي سهم آن در ميزان آلودگي محيط زيست مي باشد .

همانطور كه اشاره شد با توجه به اينكه سيستم گرمايش از كف در مصرف انرژي يا به عبارت بهتر در مصرف سوخت تا ٦٠ درصد نسبت به ساير سيستم هاي گرمايشي صرفه جويي دارد . لذا به ميزان قابل توجهي مي تواند در كاهش آلودگي محيط زيست موثر واقع شود . از طرفي عمر بالاي سيستم (۱۰۰ سال) و عدم صدمه رساندن به ساختمان و تجهيزات جانبي مي تواند به حفظ محيط زيست كمك كند .

بررسی تاثیر سیستم گرمایش از کف در میزان مصرف انرژي

روشهای کاهش سوخت :

يكي از علتهايي كه سيستم گرمايش از كف را متداول كرده است ، كاهش مصرف موثر انرژي در مقايسه با سيستم هاي گرمايشي متداول مي باشد ، اين سيستم در كشورهاي صنعتي تا ٤٠ درصد و در كشور ما به دليل استفاده از تجهيزات با راندمان پايين تر و عدم استفاده از عايق تا ۶۰ درصد در كاهش مصرف سوخت موثر است .

حال ببينيم اين سيستم به چه صورت هايي مي تواند در كاهش مصرف انرژي موثر باشد ؟

الف) انتقال انرژی به صورت تابشی :

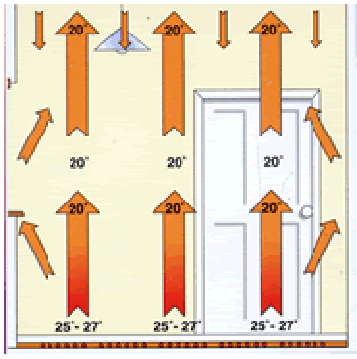
در سيستم گرمايش از كف ، هوا گرم نمي شود ، بلكه اجسام و افراد گرم مي شوند ، همانطور كه در قبل اشاره شد در سيستم گرمايش از كف قسمت عمده حرارت به صورت تابش به محيط انتقال پيدا مي كند . استفاده از اين خاصيت انتشار حرارت مي تواند به ميزان زيادي در كاهش مصرف انرژي موثر باشد .

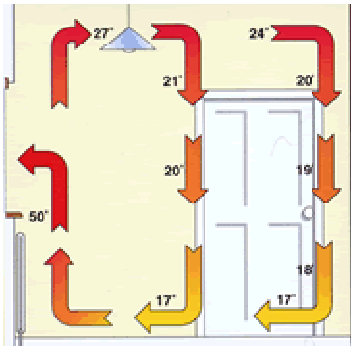
ب) استفاده از حرارت دقیقا در جای مناسب آن :

در سيستم هاي گرمايشي متداول سنتي قسمت اعظم حرارت از طريق جابجايي و گرم كردن هوا

کف گرمایش از

صورت مي پذيرد و با توجه به اينكه هواي گرم شده به سمت بالا حركت مي كند . هميشه با تجمع حرارت در بالاي سر ، نزديك سقف ، جاييكه هيچ استفاده اي از آن نمي كنيم مواجه هستيم . در حقيقت در اين نوع سيستم هاي گرمايشي ما مجبوريم اينقدر فضاي بالاي سر را گرم كنيم تا مقداري از حرارت آن به پايين تر منتقل شود ، اگر چه در چنين سيستم هايي هميشه مشكل سرد بودن ارتفاع پايين (ارتفاعي كه پا در آن قرار دارد) باقي خواهد ماند.





برخلاف اين نوع سيستم هاي گرمايشي در سيستم گرمايش از كف حرارت از كف و به صورت تابشي به محيط ساطع مي شود . لذا ديگر با تجمع حرارت در بالا و نزديك سقف در اين سيستم مواجه نيستيم . اين مسئله نيز از طريق ديگر باعث صرفه جويي در مصرف سوخت به ميزان قابل توجهي خواهد شد . ميزان دقيق صرفه جويي در مصرف سوخت بستگي به پارامترهاي مختلفي نظير ارتفاع سقف ، نوع مصالح

مختلفي كه در سقف استفاده شده و دماي هواي خارج دارد .

ج)دماى پايين آب در گردش سيستم :

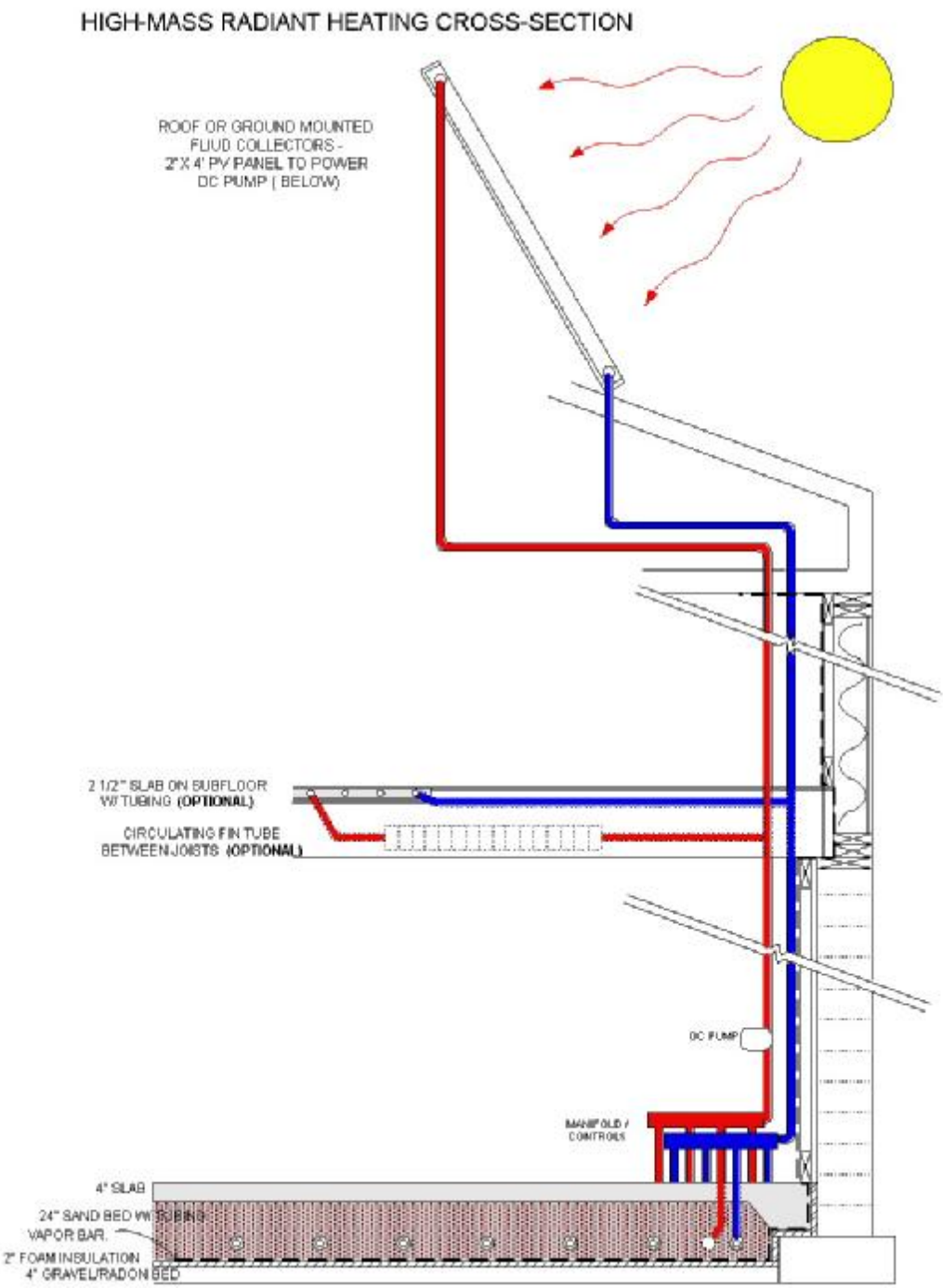
همانطور كه قبلا اشاره شد متوسط دماي آب در گردش سيستم گرمايش از كف ٤٠ الي ٤٥ درجه سانتيگراد مي باشد . در حاليكه در ساير سيستم هاي گرمايش دماي متوسط آب گرمايش 75 الي 82 درجه سانتيگراد است .

هر چه دماي آب سيستم گرمايش كمتر باشد به علت اختلاف دماي كمتر با محيط، پرت حرارتي كمتري دارد و بالطبع مصرف سوخت نيز بدين ترتيب كاهش پيدا خواهد كرد . نكته قابل ملاحظه ديگر اين است كه در دماي پايين تر مسلما عمر تجهيزات ، از قبيل ديگ ها ، پمپ ها ، شير آلات و سيستم لوله كشي بسيار بيشتر است .

د) قابليت كاركرد با انرژى خورشيدى :

دماي پايين مورد نياز سيستم گرمايش از كف ، اين امكان مهم و اساسي را فراهم مي آورد كه به عنوان تنها سيستم تامين گرمايش ، بتوان از انرژي هاي پاك ، مانند انرژي خورشيدي استفاده نمود .

طبق آمار سازمان بهينه سازي مصرف سوخت ، هزينه انرژي در روستاها علي رغم حجم استفاده كمتر دو برابر شهرهاست زيرا در روستاها از گاز طبيعي بيشتر استفاده مي شود . بنابراين استفاده از انرژي خورشيدي در سيستم گرمايش از كف مي تواند به عنوان يك رده موثر در زمينه كاهش مصرف سوخت در اين مناطق باشد .

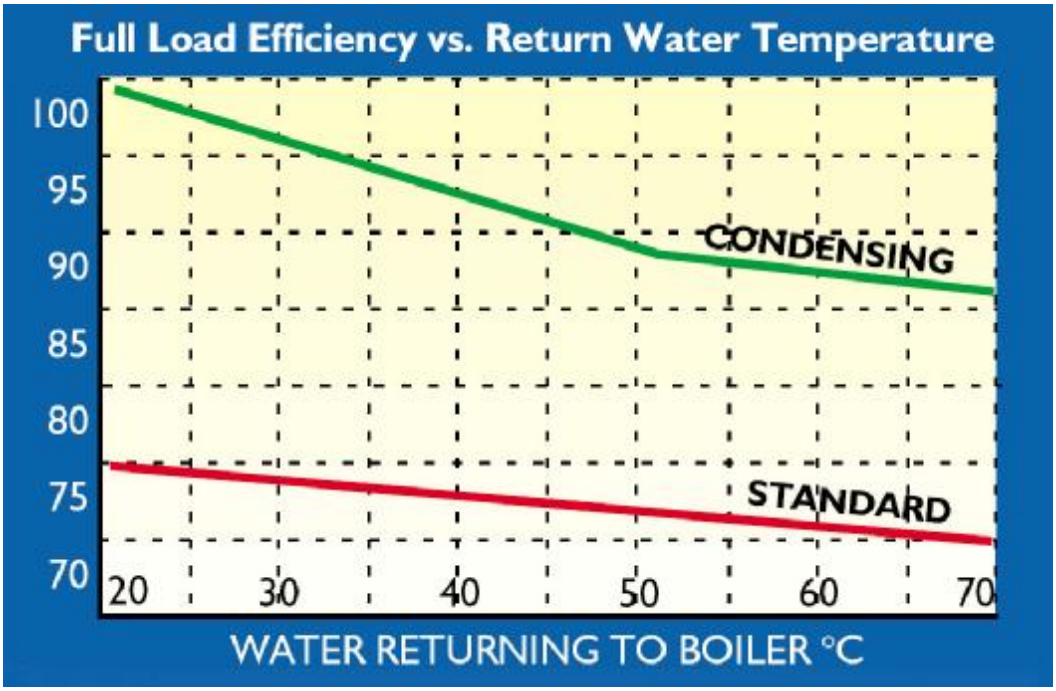


هـ) قابلیت بهره برداری از تکنولوژی مدرن :

امروزه يكي از بحث هاي روز ، استفاده از تجهيزاتي است كه با راندمان بالا كار كند . از مهمترين وسايل توليد گرما ، ديگ است ، در سالهاي اخير كشورهاي صنعتي موفق به ساخت ديگي به نام ديگ چگالشي شده اند .

توضيح اينكه ديگ هاي معمول (غير چگالشي) فقط از گرماي محسوس سوخت استفاده مي كنند و از گرماى نهان سوخت اتفاده نمي كنند . از طرف ديگر ، حداكثر راندمان ديگ هاي غير چگالشي ۸۰ درصد مي باشد (راندمان بخاري هاي توليدي در ايران ٦۰ درصد و آبگرمكن ها ۷۰ درصد مي باشد) . با توجه به اينكه در عمل اين وسايل گرمايشي در نقطه طراحي كار نمي كنند و راندمان متوسط آنها كمتر از ٥۰ درصد است . اين در حالي است كه در ديگ هاي چگالي راندمان حتى به ۹۸ درصد افزايش پيدا كرده است .

نكته قابل تامل اين است كه هر چه دماي آب برگشتي به ديگ هاي چگالشي كمتر باشد ، راندمان آن بالاتر بوده و اصولا دماي برگشت در اين سيستم نبايد از ٥٥ درجه سانتيگراد بيشتر باشد .



لذا سيستم گرمايش كفي با دماي برگشتي بين ۳۰ تا ٤۰ درجه سانتيگراد مناسب ترين سيستم براي كار با ديگ هاي مدرن چگالش مي باشد .

و)ساير ويژگيهايي كه باعث كاهش مصرف سوخت مي شوند:.

توزيع يكنواخت و مناسب حرارت در كل فضا باعث مي شود كه برخلاف ساير سيستم هاي حرارتي نيازي به گرم كردن بيش از حد يك نقطه به منظور گرم كردن كل فضا نباشد .

از طرف ديگر در سيستم گرمايش از كف چون هوا به اندازه اجسام گرم نمي شود و بخش عمده گرما به صورت ثابتي انتقال پيدا مي كند . لذا در صورت تعويض و يا نفوذ هوا به دليل باز و بسته شدن درها و پنجره ها

، ميزان تلفات انرژي مانند ساير سيستم هاي گرمايشي نخواهد بود .

بررسي يك مثال عملي

براي نشان دادن تاثير سيستم گرمايش از كف در مصرف سوخت يك مثال عملي در اين زمينه ارائه مي كنيم :

به عنوان مثال يك ساختمان مسكوني با زير بناي ۱۷۵ متر مربع در شمال تهران در نظر مي گيريم اين ساختمان داراي ۳ خواب ، آشپزخانه ، پذيرايي و نشيمن و داراي ۳ واحد سرويس بهداشتي مي باشد .

سيستم گرمايش اين ساختمان را يك بار براي راديياتور و يك بار نيز براي سيستم گرمايش از كف طراحي مي كنيم .

شرايط اوليه طرح براي هر دو حالت يكسان و بشرح زير مي باشد .

دماي طرح بيرون : 20 F

ضريب هدايت حرارت ديوارهاي خارجي $0.22\ Btu/hr.ft^2.F$

ضريب هدايت حرارت سقف $0.18\ Btu/hr.ft^2.F$

ضريب هدايت حرارت شيشه 1.13

براي راديياتور :

دماي داخل اتاق ها در سيستم راديياتور 72 c

دماي داخل سرويس هاي بهداشتي در سيستم راديياتور 76 c

ضريب هدايت حرارت كف $0.2\ Btu/hr.ft^2.F$

ميزان حرارت اتلافي در فضاهاي اين ساختمان مطابق جدول زير مي باشد .

space	Area (sq. Ft)	Q design (Btu / Hr)
Bed 1	۱۶۷.۸۵	۸۵۱۶
Bed 2	۱۵۰.۶۴	۸۴۶۷
Bed 3	۱۹۵.۸۳	۶۰۶۹
Kitchen	۱۱۸۹.۹۴	۷۱۲۶۹
Service 1	۴۸.۴۲	۲۲۰۰
Service 2	۹۱.۴۶	۲۳۶۱

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

Q design : اتلاف حرارتي كل ساختمان

DD_h (Degree day heating) : درجه گرمايي كه عبارتست از واحدي براساس اختلاف دما و زمان كه از آن در براورد مصرف انرژي گرمايي ساختمان استفاده مي شود . روز درجه گرمايي سالانه (DD_h) مجموع

روز درجه ها در طول يك سال تقويمي است و مطابق مبحث چهاردهم مقررات ملي ساختمان براي شهر تهران ۱۸۱۰ مي باشد.

C_d : ضريب تصحيح درجه گرمايي براساس Ashrae Fundamentals handbook براي DD_h ذكر شده (1810) برابر 76.0 مي باشد .

24 : نمايانگر تعداد ساعتهاي مصرف سيستم

Tmax (F) : اختلاف دماي طراحي كه در برآورد اتلاف حرارتي ساختمان در نظر گرفته شده اند .

E(Fuel efficiency factor) : ضريب كارايي سوخت كه براي گاز 55 در نظر گرفته شده است .

E annual(Mbtu/year) : ميزان انرژي حرارتي سالانه ساختمان

$$\frac{98979\times1810\times24\times0.76}{1000000\times(72-20)\times00.55}=114.14\,MBtu/year$$

چنانچه ارزش حرارتي گاز را $37153.76\ Btu/hr.ft^2.F$ در نظر بگيريم ، ميزان مصرف سالانه سوخت براي اين ساختمان معادل 3072.72 kg يا معادل $3778.72m^2$ خواهد شد .

حال اين پروژه را در سيستم گرمايش از كف بررسي مي كنيم :

دماي داخل اتاق ها : 68 F

دماي داخل سرويس هاي بهداشتي در سيستم گرمايش از كف : 72c

کف عایق شده ، اما ضرایب اتلاف حرارتي از دیوارها و سقف مانند حالت رادیاتور مي باشد.

میزان اتلاف حرارتي در فضاهاي مختلف به صورت جدول زیر مي باشد :

space	Area (sq. Ft)	Q design (Btu / Hr)
Bed 1	۱۶۷.۸۵	۵۵۹۰
Bed 2	۱۵۰.۶۴	۵۷۱۴
Bed 3	۱۹۵.۸۳	۳۲۵۲
Kitchen	۱۱۸۹.۹۴	۴۸۷۹۱
Service 1	۴۸.۴۲	۱۳۷۶
Service 2	۹۱.۴۶	۱۰۷۰

در صورتي که ارزش حرارتي گاز را $37153.76\ Btu/hr.ft^2.F$ در نظر بگیریم میزان مصرف سالانه سوخت براي این ساختمان 22145 kg یا معادل $2723.87m^3$ خواهد شد .

نسبت مصرف سوخت در دو حالت فوق به صورت زیر خواهد بود :

$$\frac{\text{سوخت مورد نیاز در سیستم رادیاتور}}{\text{سوخت مورد نیاز در سیستم گرمایش از کف}} = \frac{3778.72}{272387} = 1.3872$$

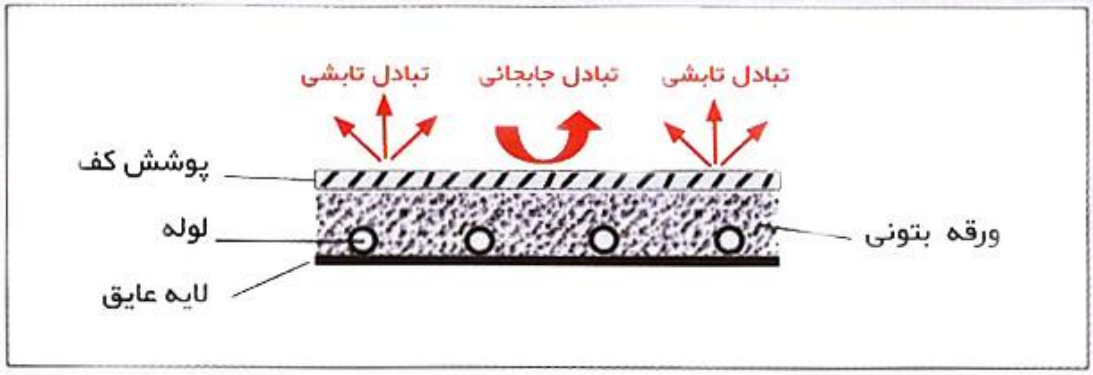
همانطور که مشخص است مصرف سوخت در سیستم رادیاتور حدود ۳۹ درصد در خانه مسکوني فوق نسبت به سیستم گرمایش از کف بیشتر مي باشد .

ساختار کلی و اجزاء سیستم گرمایش از کف:

قبل از اجراي سيستم گرمايش از كف بايد چهارچوب تمام ورودیهاي ساختمان مانند چهارچوب دربها و پنجره ها نصب شود و گچكاري داخل ساختمان تا 30 سانتيمتر بالاتر از كف تمام شده نيز بايد تكميل گردد .

ساختار کلی:

سيستم گرمايش از كف شامل عايق كف ، لوله ، ورقه بتوني و لايه عايق پيراموني مي باشد .



کف ساختمان :

كف ساختمان بايد مطابق با استانداردهاي لازم خود طراحي و ساخته شود . قبل از اجراي سيستم گرمايش از كف بايد تمام عمليات تاسيسات برق مكانيك كه لازم است در كف ساختمان اجرا گردد . به اتمام رسيده و تست شده باشد.

در صورتيكه نقشه معماري به گونه اي طراحي شده است كه در سرويسهاي بهداشتي سقف كاذب نصب مي شود توصيه مي شود كه نقشه سيستم لوله كشي فاضلاب پلان مذكور به گونه اي طراحي شود كه اجزاء و قطعات هر سيستم بهداشتي در سقف كاذب سيستم طبقه زيرين اجرا شود و همچنين قبل از اجراي سيستم گرمايش از كف بايد كف سرويسهاي بهداشتي و يا ساير سطوحي كه عايقكاري رطوبتي براي انها پيش بيني شده است به عايق رطوبتي مناسب مجهز گردند .

لايه هاى عايق :

با توجه به اين كه در سيستم گرمايش از كف ، سطوح حرارتي (كف ساختمان) انرژي را از لوله هاي حرارتي دريافت و به محيط محل سكونت انتقال مي دهند و گرماي انتقالي به زير سقف گرماي تلف شده محسوب مي شود . از اينرو سطوح زيرين لوله هاي گرمايش از كف بايد عايقكاري گردند . اين عايقكاري بوسيله ورقهاي پلي استايرن با ضخامت حداقل ۳ سانتيمتر انجام مي گيرد .

لايه عايق بسته به شرايط حرارتي در زير سازه سيستم گرمايش از كف بايد حداقل مقاومت حرارتي (R-Valve) را مطابق استاندارد Bsi En 1264 به صورت جدول زير دارا باشد .

	در زیر سازه، اتاق‌گرم موجود است	سازه برروی اتاق گرم نشده یااتاقی با گرمای متوسط یا مستقیماً برروی زمین قرار دارد	اتاق از زیر با هوای خارج با دمای مختلف در تماس است		
			دمای هوای خارج Td>0°C	دمای هوای خارج 0>Td> -5 °C	دمای هوای‌خارج -5°C>Td> -15°C
مقاومت گرمایی (m².°k/w)	0.75	1.25	1.25	1.50	2.00

در سیستم imperial روش محاسبه R-Valve به صورت زیر مي باشد :

$$R-Vavle=(inside\ \ Temp(F)-outsideTemp(F))\times 0.125$$

ذکر این نکته لازم است که تراکم پذیري لایه عایق (اختلاف ضخامت قبل و پس از بارگیري) نباید ازه میلیمتر بیشتر باشد در غیر این صورت در ورقه بتوني ترك ایجاد خواهد شد .

لایه محافظ (sepatating layer Membraine Protection layer) :

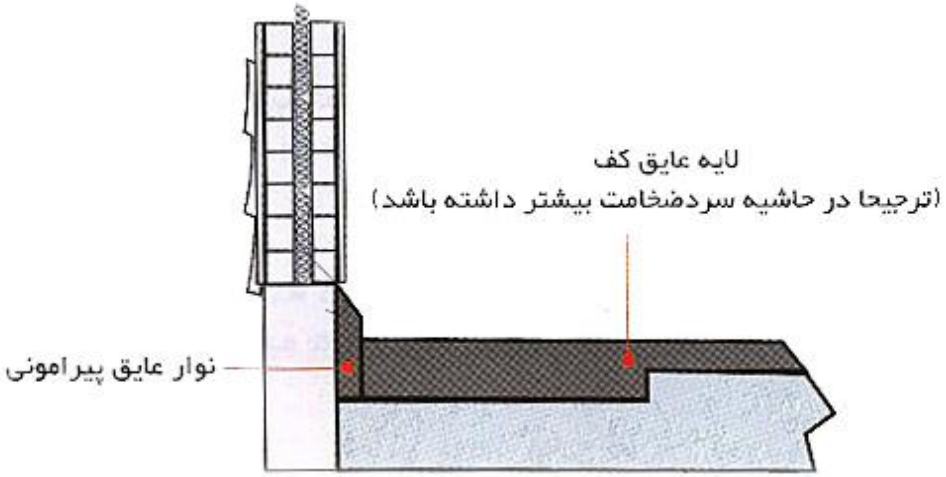
پیش از نصب ورقه ضخیم بتوني در صورت لزوم ، عایق باید با یك فیم پلي اتیلن به ضخامت حداقل 0.2 میلیمتر یا دیگر محصولاتي که کاربردي مشابه دارند پوشانده شوند .

در صورتي که از عایق پلي استایرن استفاده مي شود نیازي به لایه محافظ نمي باشد .

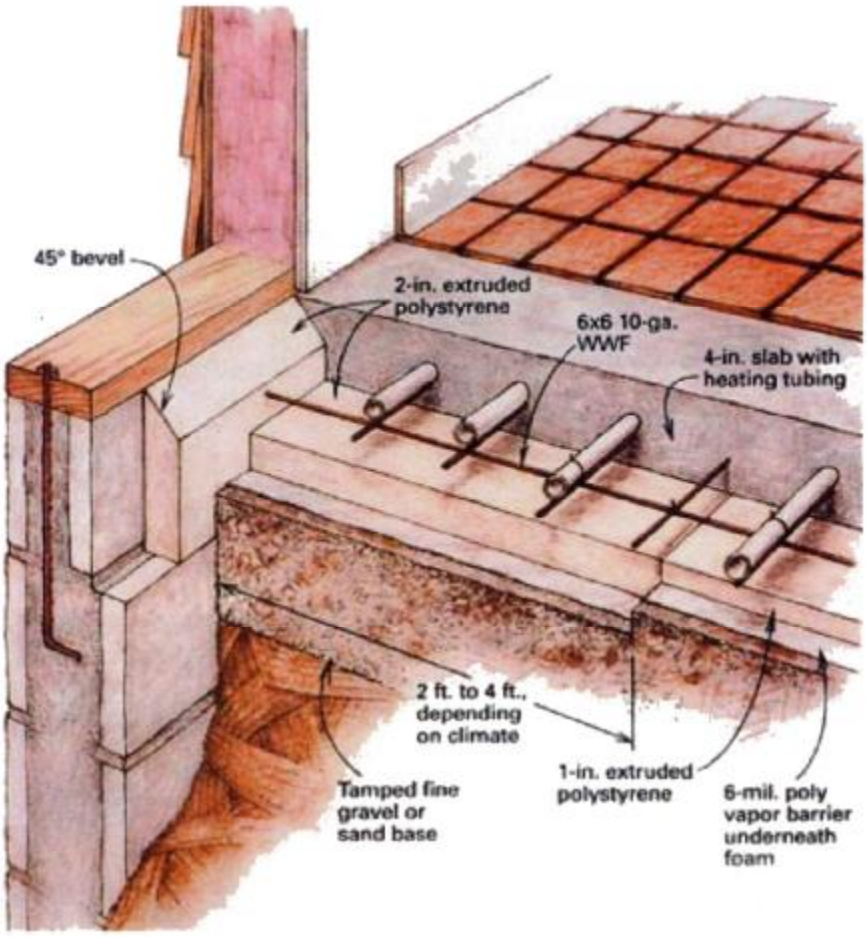
نوارهای عایق پیرامونی :

با توجه به اینکه دیواره پیرامونی کف گرمایشي در داخل کف گرمایشي نفوذ پیدا کرده است . لذا در صورت عدم عایقکاري این دیواره ، مقداري از

اين انرژي به طريقه هدايت به ديواره انتقال و در جهت دماي كم حركت مي كند . لذا لازم است پيش از نصب ورقه بتوني يك نوار انبساطي (اتصال لبه اي) در طول ديوارها و ديگر اجزاء متعلق به ساختمان كه در ورقه بتوني نفوذ مي كنند قرار داده شود . نوار عايق پيراموني بايد از سطح پايه شروع و تا سطح كف تمام شده ادامه يابد . و به ورقه بتوني امكان حركت حداقل ۵ ميليمتر (به دليل انبساط حرارتي) بدهد . بخشي از نوار عايق پيراموني كه تا بالاي سطح كف تمام شده ، بالا مي آيد تا زمان تكميل پوشش كف بريده نمي شود .



زيرا افزايش حجم در بتون به صورت تنش ذخيره شده و اين تنش به حساسترين المانهاي درون بتون كه همان لوله هاي گرمايشي هستند وارد مي گردد و از عمر سيستم كاسته مي شود .



لوله های گرمایش از کف:

براي انتقال آب گرم به كف گرمايشي بايد آب از درون لوله گرمايشي عبور كند . آنچه در دنيا به عنوان لوله گرمايشي كاربرد دارد . لوله هاي پليمري Pex است .به خصوص اگر بخواهيم با حفظ تمام مزايا بر معضل انبساط طولي لوله Pex غلبه كنيم لوله Pex-Al-Pex مطرح مي گردد .

لوله هاي Pex-Al-Pex علاوه بر دارا بودن خاصيت انتقال حرارت كمتر نسبت به لوله هاي

مسي داراي خواص ايده ال ديگري از قبيل : انعطاف پذيري ، مقاومت در برابر خوردگي نيز مي باشد .

همچنين كم بودن ضريب انتقال حرارت لوله هاي Pex-Al-Pex ($0.45 w/mk$) نسبت به لوله مسي ($400 w/mk$) يك مزيت محسوب مي شود . چرا كه نتيجه آن گرمايش يكنواخت سطح مي باشد.

ضريب هدايت گرمايي لوله هاي مختلف (از نظر جنس)

Material	K_t Thermal conductivity W/m.°k (Btu/h.ft.°F)
Carbon steel (AISI 1020)	51.93 (30)
Copper (drawn)	389.47 (225)
Red brass (85 Cu-15Zn)	159.25 (92)
Stainless steel (AISI 202)	17.31 (10)
Low- density polyethylene (LDPE)	0.31 (0.18)
High - density polyethylene (HDPE)	0.41 (0.24)
Cross - Linked polyethylene (VPE or PEX)	0.38 (0.22)
Cross - Linked polyethylene / Aluminum /Cross - Linkedpolyethylene (PEX - AL - PEX)	0.45 (0.26)
Textile - reinforced rubber heat transfer house (HTRH)	0.29 (0.17)
Polypropylene block copolymer (PP - C)	0.22 (0.13)
Polypropylene random copolymer (PP -R C)	0.24 (0.14)
Polybutylene (PB)	0.22 (0.13)

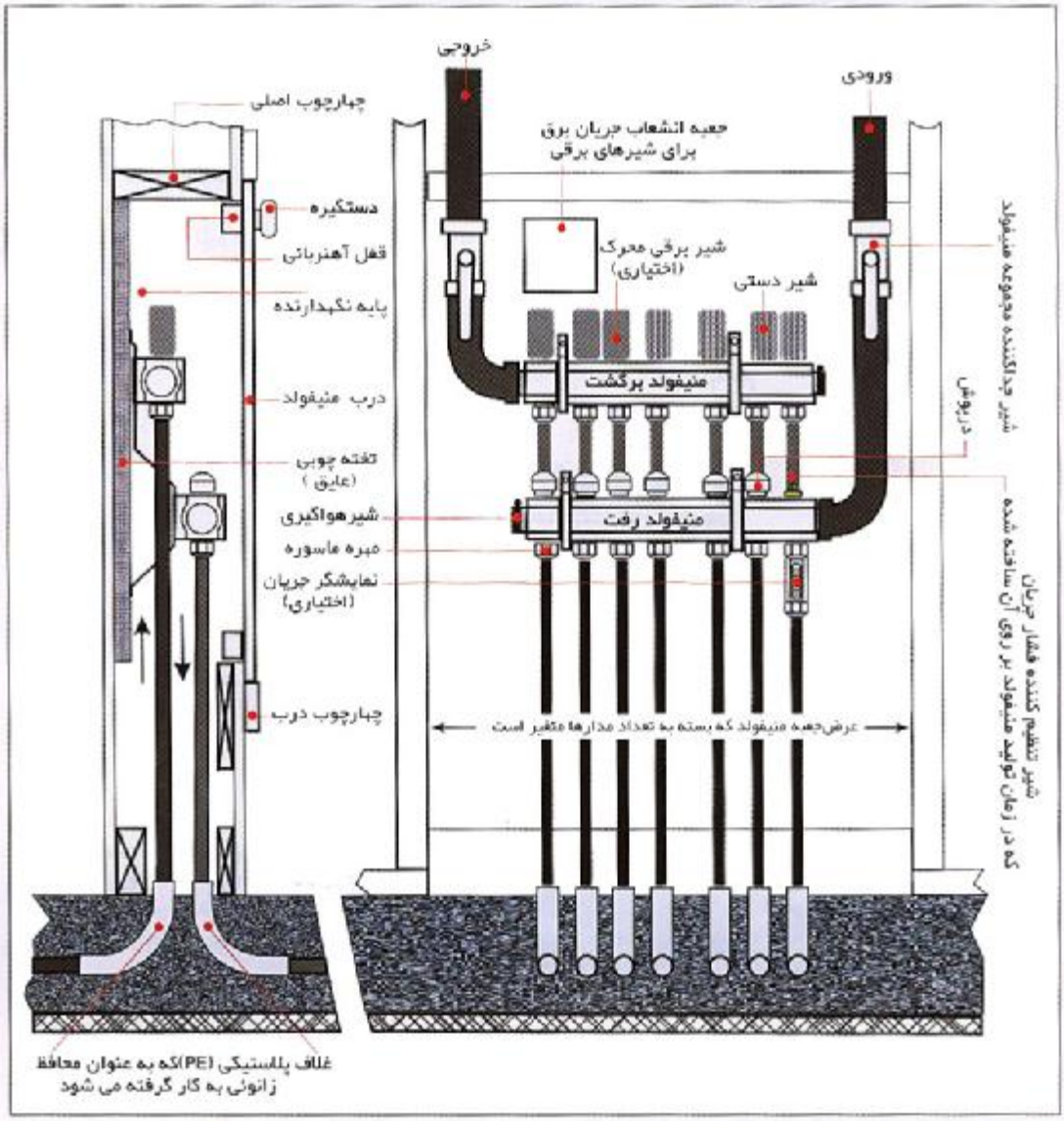
مدار و منفويلد سيستم گرمايش از كف :

جهت كنترل دقيق دماي طرح داخل براي دستيابي به شرايط آسايش گرمايي در هر پروژه از تعدادي مدار موازي جهت طراحي سيستم گرمايش از كف استفاده مي شود . براي توزيع آب گرم توليد شده بين مدارهاي موازي و بازگشت آب از همان مدارها به سيستم مركزي از منفويلدهاي رفت و برگشت استفاده مى شود محل نصب منفويلدهاي رفت و برگشت در قسمتي از پلان است كه مدارهاي هم طول ايجاد كند .

كلكتور رفت و برگشت همراه با تجهيزات هواگيري و شير آلات نصب شده روي هر مدار ، منفويلد را تشكيل مي دهند .

از ديگر مزاياي مهم استفاده از مدارهاي موازي عبارت است از افت فشار كمتر در طول مسير و در عين حال استقلال فضاهاي مختلف كه لازم است در نحوه كنترل دما به صورت مستقل عمل كنند . به علت محدوديت در افت دماي آب ورودي (توصيه مي شود حداكثر افت دما 8cيا 15 F باشد) . طول مدارهاي سيستم گرمايش از كف از مقادير ارائه شده در جدول زير نمي تواند بيشتر باشد .

سایز اسمی لوله mm (in)	قطر داخلی لوله mm (in)	قطر خارجی‌لوله mm (in)	ضخامت جداره mm (in)	وزن gr/ m (lb/c ft)	حجم L / m (US.gal/ft)	طول پیشنهادی هر مدار m (ft)	حداکثر طول هر مدار m (ft)
9-12 (3/8)	9 (0.35)	12 (0.47)	1.60 (0.063)	80 (5.4)	0.064 (0.005)	60 (200)	76 (250)
12-16 (1/2)	12 (0.47)	16 (0.63)	1.65 (0.065)	101 (6.8)	0.113 (0.009)	90 (300)	106 (350)
16-20 (5/8)	16 (0.63)	20 (0.79)	1.9 (0.075)	150 (10.1)	0.201 (0.016)	122 (400)	152 (500)
20-25 (3/4)	20 (0.79)	25 (0.98)	2.25 (0.089)	203 (13.7)	0.314 (0.025)	152 (500)	182 (600)

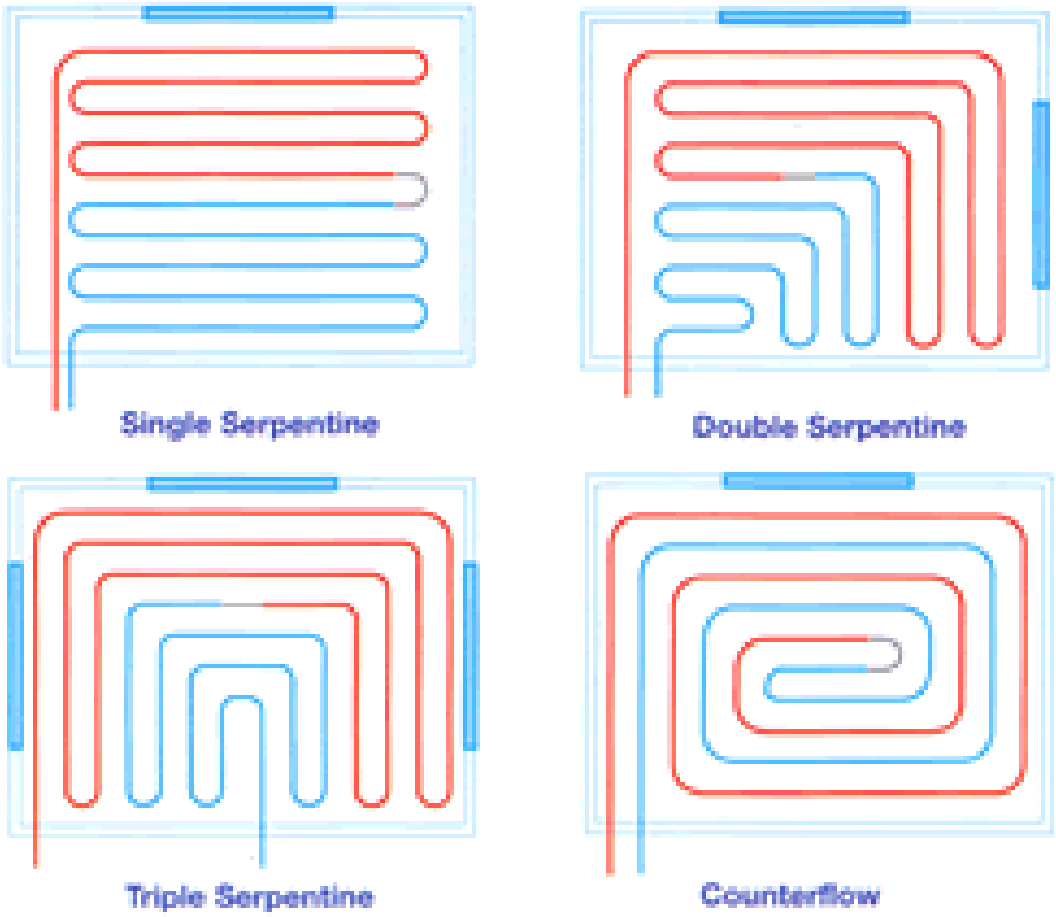


طرحهای مختلف قرار گرفتن لوله ها در کف :

همانطور که در سیستم رادیاتور به منظور جبران بار سرمایی جداری ، رادیاتورها را در مجاور

کف گرمایش از

مرزهای سرد قرار می دهند ، در سیستم گرمایش از کف نیز برای جبران بار سرمایی جداری مسیر لوله ها را طوری انتخاب می کنند که آب گرم ابتدا به مرزهای سرد انتقال داده شود تا آبگرم ورودی که در ابتدا دمای بالاتری دارد در مجاورت مرز سرد قرار گیرد . با توجه به تعداد و جهت قرارگیری مرزهای سرد ، شکلهای مختلفی برای قرار گرفتن لوله ها با توجه به شکل زیر میتواند وجود داشته باشد :

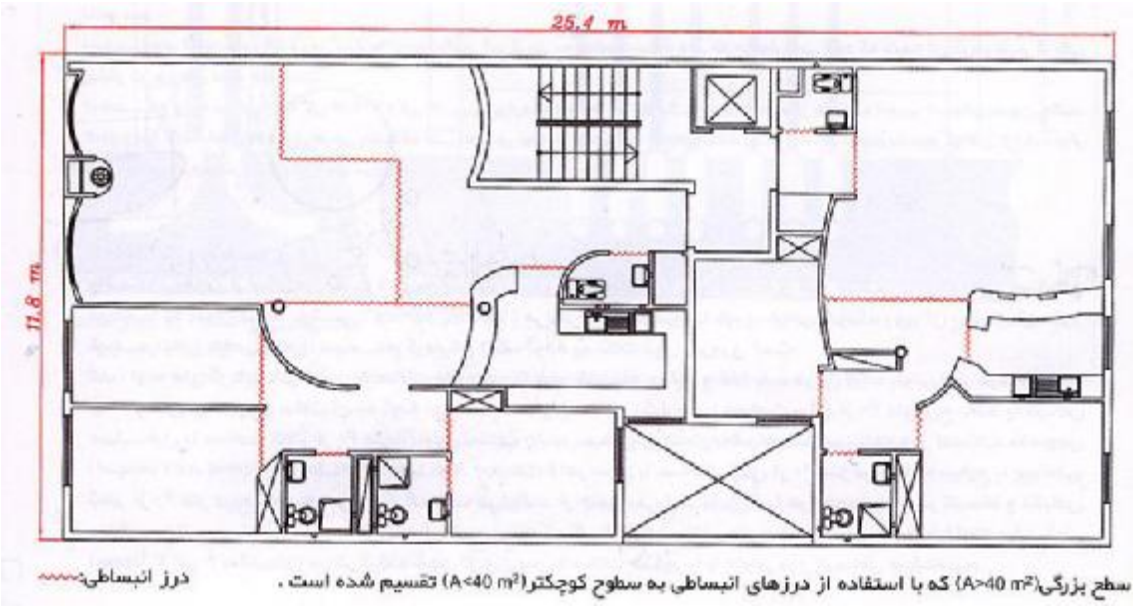


ورقه بتونی :

کف گرمایش از

ورقه بتوني جزئي از ساختمان است كه روي كف بنا يا روي لايه محافظ يا روي لايه عايق قرار مي گيرد . ورقه بتوني مي تواند مستقيما به عنوان سطح پوششي (Wearing Surface) در نظر گرفته شود يا طوري طراحي شود كه روي آن پوشش كف قرار داشته باشد .

در صورتي كه پلان ساختمان به گونه اي است كه داراي سطحي يكپارچه به مساحت بيش از ٤٠ متر مربع باشد يا شامل مستطيل با مساحت كمتر از ٤٠ متر مربع ولي ضلعي با طول بيشتر از ٨ متر باشد بايد با استفاده از اتصالات مخصوص (اصطلاحا (expansion joint) هر سطح با مساحت بيش از40 متر مربع را به سطوح با مساحت كمتر از ٤٠ متر مربع تقسيم نمود . اين اتصالات مي تواند از جنس پلي استايرن باشند . معمولا درز انبساطي روي عضوهاي اصلي سازه ساختمان يا محل ورودیها قرار مي گيرد تا به خوبي يك مدار مستقل گرمايش را از مدار مستقل ديگري جدا كند .



نكته لازم به ذكر اينكه لوله هايي كه از درز انبساطي عبور مي كنند بايد توسط يك لوله PVC ، به طوريكه قطر آن حداقل 8 ميليمتر بزرگتر از لوله گرمايشي باشد عبور كند كه طول اين لوله محافظ (Sleeve) حدودا 0.3 متر مي باشد .

ضخامت ورقه بتوني از زير لوله هاي گرمايشي تا زير پوشش كف نبايد كمتر از 30 ميليمتر باشد .

طراحي سيستم هاي گرمايش از كف :

اولين قدم در طراحي هر سيستم حرارتي ، محاسبه مقدار گرماي مورد نياز هر يك از فضاها مي باشد . در مورد محاسبه مقدار اتلاف حرارتي براي سيستم هاي گرمايش از كف ، آنچه توسط انجمنهاي معتبر زيربط توصيه مي شود . استفاده از محاسبات اتلاف حرارتي تجربي (سيستم هاي گرمايشي راديـاتوري) به عنوان گزينه اي جهت رسيدن به مقدار اتلاف در سيستم هاي گرمايش از كف مي باشد . اما توجه به دو نكته الزامي مي باشد :

۱- بزرگترين وجه امتياز سيستمهاي گرمايش از كف از عدم توليد توده هواي گرم در اين روش انتقال حرارت ناشي مي شود . به بيان ديگر در صورت استفاده از سيستم گرمايش از كف اتلاف حرارتي از طريق نفوذ از طريق پنجره ها و درزها بسيار كمتر مي باشد .

۲-دومين وجه امتيازي سيستمهاي گرمايش از كف به افزايش دماى متوسط تابشي در اين سيستم در مقايسه با سيسمتهاي جابجايي هوابرمي گردد .

انجمن مهندسين گرمايش و سرمايش و تهويه مطبوع آمريكا در استاندارد ASHRAE Standard 55-92 به تشريع پارامترهاي لازم جهت تامين آسايش دمايي پرداخته است . در اين استاندارد 6 پارامتر اصلي كه جهت تامين آسايش دمايي بايد در حدود

قابل قبولي كنترل شوند . بدين ترتيب ذكر شده اند :

۱-سطح فعاليت (Activity level)

۲-مقاومت پوشش لباس (Clothing insulating Valve)

۳-سرعت هوا (Air Valve)

٤-رطوبت (Humidity)

٥-دماي هوا (Air Temperatutre)

٦-دماي تابش متوسط (Mean Radiant Temperature)

نكته مهم اينكه دماي تابشي متوسط تامين شده توسط سيستمهاي گرمايش از كف با مقادير ارائه شده در اين استاندارد تطابق دارد . در صورتيكه دماي تابش متوسط كه به واسطه سيستم جابجايي هوا تامين مي گردد از حدود مشخص شده كمتر مي باشد و به همين دليل مصرف انرژي در سيسمتهاي جابجايي هوا نسبت به سيستم گرمايش تابشي به طور قابل توجهي افزايش مي يابد . نظر به دو عامل فوق و ساير فاكتورهاي برتري بخش سيستم گرمايش از كف نسبت به سيسمتهاي راديياتوري و تحقيقات انجام شده ، توصيه مي شود براي رسيدن به مقدار انرژي لازم در سيستمهاي گرمايش از كف ، اتلاف حرارتي را در سيستمهاي راديياتوري محاسبه نموده و ٤٠% از كل مقدار آن بكاهيد .

محاسبه مقدار شار گرمايي :

با داشتن مقدار حرارت مورد نیاز جهت تامین شرایط آسایس گرمایي ساکنان و سطح خالص گرمایش از کف بدون احتساب سطح کف کمدها ، زیر کابینتها و یخچالها ، مقدار شار گرمایي به صورت زیر بدست مي آید :

مقدار شار گرمایي $(w/m^2) = \dfrac{\text{انرژي مورد نیاز جهت تامین آسایش گرمایي } (w)}{\text{سطح خالص گرمایش از کف } m^2}$

پارامتر مهم دیگر حداکثر دماي سطح کف مي باشد . مطابق جدول ذیل براي تامین هر یك از مقادیر شار گرمایي با توجه به اینکه دماي اتاق متناظر یك دماي مشخص است

لذا با توجه به جدول ، دماي سطحي که موجب تامین شار گرمایي مورد نیاز مي گردد بدست مي آید .

شار گرمائی Btu/h.ft²	دمای اتاق					
	60°F	65°F	68°F	70°F	72°F	75°F
10	65.0	70.0	73.0	75.0	77.0	80.0
15	67.5	72.5	75.5	77.5	79.5	82.5
20	70.0	75.5	78.0	80.0	82.0	85.5
25	72.5	77.5	80.5	82.5	84.5	87.5
30	75.0	80.0	83.0	85.0	87.0	90.0
35	77.5	82.5	85.5	87.5	89.5	92.5
40	80.0	85.0	88.0	90.0	92.0	95.0
45	82.5	87.5	90.5	92.5	94.5	97.5
50	85.0	90.0	93.0	95.0	97.0	100.0
55	87.5	92.5	95.5	97.5	99.5	102.5
	دمای سطح مورد نیاز(°F)					

حداکثر دماي کف اتاقهايي که اتلاف گرماي زيادي دارند . حمامها و ورودي هاي ساختمان 90 F در نظر گرفته مي شود . حداکثر دماي کف اتاقهايي که اتلاف گرماي زيادي ندارند آشپزخانه ، اتاق پذيرايي ، 85F در نظر گرفته مي شود .

با در نظر گرفتن جدول زیر ، فواصل بین لوله ها با توجه به شار گرمائی مورد نیاز و سایز لوله مصرفی بدست می آید :

کف گرمایش از

	FLOOR OUTPUT		
Tube Size	10-20 Btu/(h•ft²) (31.5-63 W/m²)	20-30 Btu/(h•ft²) (62-94.5 W/m²)	30-40 Btu/(h•ft²) (94.5-126 W/m²)
3/8" (10 mm)	9" (230 mm)	6" (150 mm)	4" (100 mm)
1/2" (13 mm)	12" (300 mm)	9" (230 mm)	6" (150 mm)
3/4" (19 mm)	15" (380 mm)	12" (300 mm)	9" (230 mm)

انتخاب فواصل بين لوله ها :

فاصله بين لوله ها در سيستم گرمايش از كف ارتباط مستقيم با مقدار شار گرمايي ، دماي آب ورودي و آسايش ساكنان دارد .

جدول زير فاصله پيشنهادي بين لوله ها را در حالتهاي مختلف مسكوني و تجاري نشان مي دهد ، توضيح اينكه طراحي سيستم اغلب ساختمانها با لوله هاي سايز 12-16 (1/2) انجام مي گيرد . هر چند ممكن است در برخي از طرحها از لوله هاي 3/8 , 5/8 نيز استفاده شود .

كف گرمايش از

سطوح	سایز لوله مصرفی وفواصل بین لوله ها		
	9-12 (3/8")	12-16 (1/2")	16-20 (5/8")
1m (3ft) الی 1.5m (5ft) در حاشیه سردتیپ طبقات	15cm (6")	15cm (6")	20cm (8")
1m (3ft) الی 1.5m (5ft) در حاشیه سرد طبقه آخر	10cm (4")	10cm (4")	15cm (6")
اتاق خواب تیپ طبقات	15cm (6")	20-25cm (8"-10")	25-30cm (10"-14")
اتاق خواب طبقه آخر	10cm (6")	20cm (8")	25cm (10")
حمام / آشپزخانه	15cm (6")	20cm (6")	-------
اتاق پذیرائی/ناهار خوری	15-20 cm (6"-8")	20-30 cm (8"-12")	25-35 cm (10"-14")
دفتر کار / کلاس درس	-----	20-30 cm (8"-12")	30cm (12")
پارکینگ محفوظ / پیلوت محفوظ	-----	30-35 cm (12"-14")	30-40 cm (12"-16")

پوشش کف :

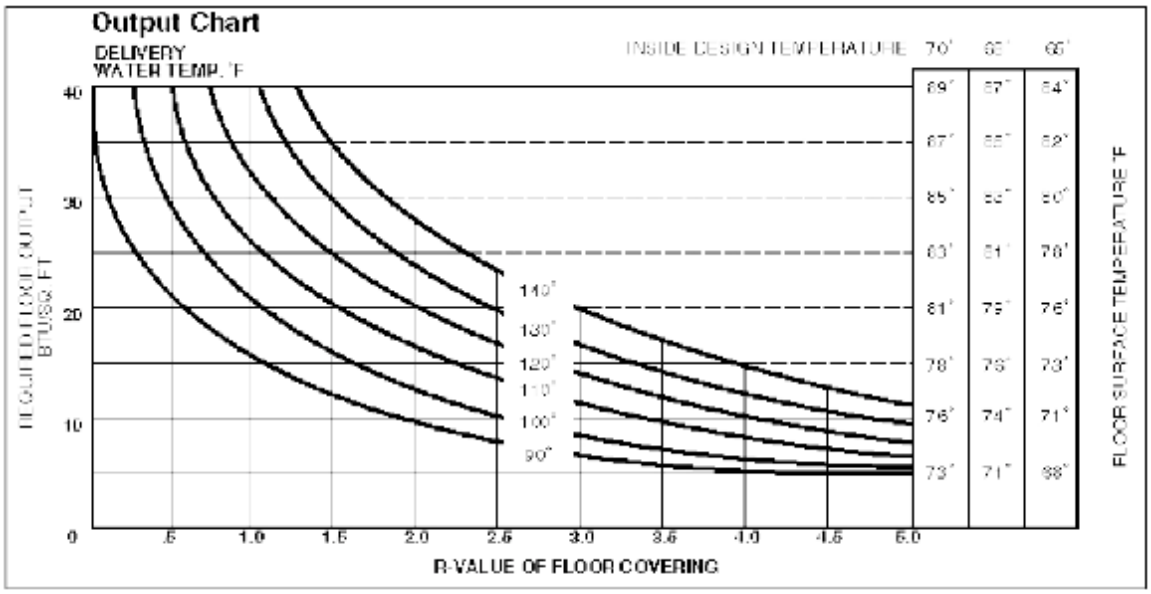
پوشش کف و مقاومت حرارتي آن از پارامترهاي مهم در طراحي سيستم گرمايش از كف مي باشد كه توصيه مي شود كه مجموع مقاومت حرارتي لايه هاي مختلف كف بيشتر از $2.5\ ft^2.h'f/Btu$ نباشد .

Material	Typical R-value	R-value Per Inch	Typical Thickness
Bare Foor	0.0	-	-
Plywood	0.825	1.10	0.750
OSB	0.050	1.40	0.750
Softwood	0.825	1.10	0.750
Sheet Vinyl	0.200	1.60	0.125
Vinyl Composition Tile (VCT)	0.200	1.60	0.125
Linoleum	0.400	1.60	0.250
Linoleum	0.200	1.60	0.125
Dense Rubber Flooring	0.250	1.30	0.325
Recycled Rubber Flooring	1.100	2.20	0.500
Cork	1.125	3.00	0.375
Cork / MDF / Laminate	1.175	2.35	0.500
Brick	3.375	2.25	1.500
Marble	0.400	0.80	0.500
Ceramic Tile	0.250	1.00	0.250
Thinset Mortar	0.050	0.40	0.125
MDF / Plastc Laminate	0.500	1.00	0.500
Laminate Floor Pad	0.300	1.92	0.160
Engineered Wood	0.250	1.00	0.250
Engineered Wood	0.375	1.00	0.375
Engineered Wood	0.625	1.00	0.625
Engineered Wood	0.750	1.00	0.750
Engineered Wood Flooring Pad	0.200	1.60	0.125
Engineered Bamboo	0.720	0.96	0.750
Oak	0.638	0.85	0.750
Ash	0.750	1.00	0.750
Maple	0.750	1.00	0.750
Pine	0.975	1.30	0.750
Fir	0.900	1.20	0.750
Carpet	0.700	2.80	0.250
Carpet	1.050	2.80	0.375
Carpet	1.400	2.80	0.500
Carpet	1.750	2.80	0.625
Carpet	2.100	2.80	0.750
Wool Carpet	1.575	4.20	0.375
Wool Carpet	2.100	4.20	0.500

ميانگين دماى آب :

پس از محاسبه مقاومت حرارتي پوشش كف و شار گرمايي با استفاده از نمودار زير ميانگين دماي آب را محاسبه مي كنيم . به طور كلي حداكثر ميانگين دماي آب در سيستم گرمايش از كف با ورقه بتوني 60c مي باشد .

كف گرمايش از



محاسبات جريان سيال :

جريان سيال مورد نياز در سيستم گرمايش از كف بوسيله يك يا چند پمپ كه در بخش منفويلد ورودي نصب شده اند ، تامين مي شود . همانطور كه مي دانيم انتقال گرما در يك فرايند تعادلي فشار پايا با تغييرات آنتالپي برابر است كه در برگيرنده تغيير انرژي و كار انجام شده در فرايند ويژه مي باشد . با فرض اينكه سيال حامل انرژي در سيستم گرمايش از كف كاري انجام نمي دهد داريم :

$$\left.\begin{array}{l} dH = mCp_o dT \\ m = \rho V \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} dH = \rho V . Cp_o . dT \\ d\dot{H} = \rho \dot{V} . Cp_o . dT \end{array}\right.$$

$$Q = \dot{V} = \frac{d\dot{H}}{\rho . Cp_o . dT}$$

در سيستم انگليسی(imperial) داريم :

$$Q\left(ft^3/h\right)=\frac{d\,H\left(Btu/h\right)}{62\left(lbm/ft^3\right)\times 1\left(Btu/lbm.^\circ R\right)\times \Delta T\left(^\circ R\right)}$$

$$^\circ R={}^\circ F+459.67 \;\Rightarrow\; \Delta T\left(^\circ R\right)=\Delta T\left(^\circ F\right)$$

$$Q(gpm)=\frac{1}{8.02}\times Q\left(ft^3/h\right)$$

$$\Rightarrow Q(gpm)=\frac{1}{8.02}\times\frac{Btu/h}{62\times 1\times \Delta T}=\frac{Btu/h}{497\times \Delta T}$$

اختلاف دمای ورودی و خروجی در سیستم گرمایش از کف از سیستم رادیاتوری کمتر و حدود 15 F می باشد لذا داریم :

$$\Delta T=15^\circ F \qquad Q(gpm)=\frac{Btu/h}{7500}$$

تامین فشار مورد نیاز :

با داشتن دبي جريان و طول لوله ، مقدار افت در هر مدار را بدست مي آوريم . بديهي است كه مدارهاي منشعب شده از هر كلكتور با هم موازي هستند و بنا بر قانون مدارهاي موازي ، مقدار افت فشار در هر منفويلد برابر افت در طولاني ترين مدار مي باشد (قطر و زبري هم لوله ها يكسان مي باشد) .

پس با داشتن مقدار دبي طولاني ترين مدار و طول آن و با استفاده از نمودار افت فشار در لوله ها ، مقدار افت فشار كلكتور بدست مي آيد .

محل استقرار پمپ بايد در مسير رفت و در نزديكي محل اتصال مخزن انبساط به سيستم لوله كشي يعني نقطه بدون تغييرات فشار (Point of no pressure change) باشد .

هواگیری :

تجهیزات هواگیري بايد به گونه اي باشد كه بتواند سيستم را در زمان آبگيري و همچنين در زمان بهره برداري به خوبي و به طور خودكار هواگيري نمايد .

تجهيزات هواگيري در سه نقطه نصب مي شوند .

۱-در منفوليد رفت و برگشت فرعي هر واحد مسكوني

۲-فاصله بين خروجي منبع گرمايي و پمپ جريان آب

۳-فاصله بين خروجي مبدل حرارتي و پمپ جريان آب مربوطه

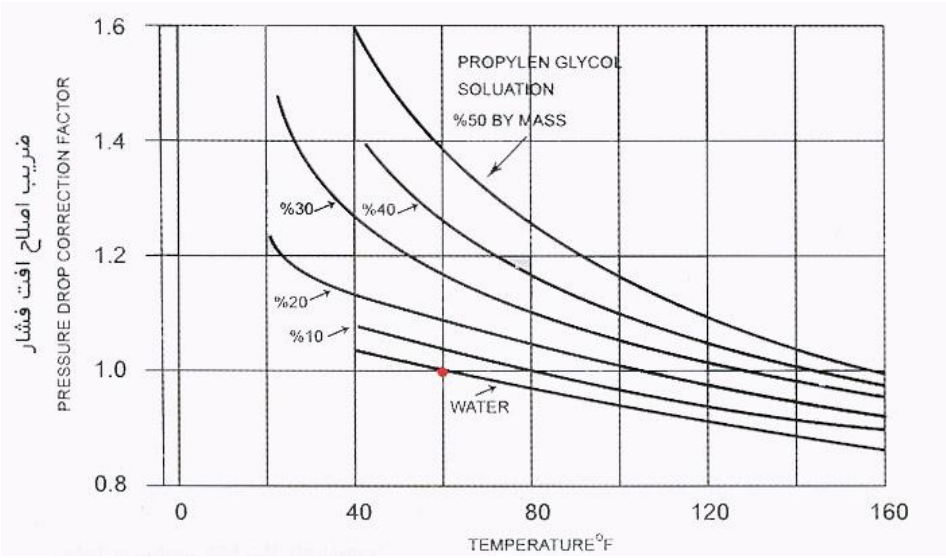
نوع کاربرد / پارامتر موثر	مسکونی				تجاری		صنعتی			
	سیستم Metric		سیستم Imperial		سیستم Metric	سیستم Imperial	سیستم Metric		سیستم Imperial	
دمای اتاق	18-22°C		65-72°F		15-22°C	60-72°F	13-21°C		55-70°F	
میانگین دمای آب	35-60°C		95-140°F		32-60°C	90-140°F	30-50°C		85-120°F	
دمای سطح	25-29°C		75-85°F		25-29°C	75-85°F	22-29°C		70-85°F	
شار گرمائی	47.5-95 W/m²		15-30 Btu/h.ft²		47.5-95 W/m²	15-30 Btu/h.ft²	32-80 W/m²		10-25 Btu/h.ft²	
افت دمای آب	8-10°C		15-20°F		8-10°C	15-20°F	8-10°c		15-20°F	
سایز لوله مصرفی	9-12 mm	12-16 mm	3/8"	1/2"	12-16 mm	1/2"	16-20 mm	20-25 mm	5/8"	3/4"
طول پیشنهادی هر مدار	60 m	90 m	200 ft	300 ft	90 m	300 ft	122 m	152 m	400 ft	500 ft
دبی جریان برای هر مدار	1.3 L/m	2.8 L/m	0.35 gpm	0.75 gpm	2.8 L/m	0.75 gpm	3.8 L/m	5.7 L/m	1 gpm	1.5 gpm
افت فشار هر مدار	1.5-1.8 m H_2O	1.8-2.2 m H_2O	5-6 ft H_2O	6-7 ft H_2O	1.8-2.2 m H_2O	6- 7 ft H_2O	1-1.4 m H_2O	1-1.4 m H_2O	3.5-4.5 ft H_2O	3.5-4.5 ft H_2O
میانگین فاصله بین لوله ها	10-20 cm	20-30 cm	4-8 in	8-12 in	20-30 cm	8-12 in	20-30 cm	25-35 cm	8-12 in	10-14 in

سیستم ذوب برف :

یکی از کاربردهای سیستم گرمایش از کف استفاده از آن برای ذوب کردن یخ و برف پیاده روها ، ورودی ساختمان ها و بیمارستان ها ، باند فرودگاهها و زمین های ورزشی و . . . می باشد در این روش لوله های گرمایشی در زیر سطوح مربوطه قرار می گیرند و از آب - پروپیلن گلیکول به عنوان سیال انتقال دهنده حرارت استفاده می شود .لذا محاسبات مربوط به این سیستم با سیستم گرمایش از کف ساختمان های مسکونی کاملا متفاوت می باشد دبی جریان در این سیستم برابر است با :

$$Q(gpm) = \frac{\text{Btu/h}}{450 \times \Delta T}$$

و باید افت فشار بدست آمده را در ضریب اصلاحی که از نمودار زیر بدست می آید ضرب کرد و در محاسبات مورد استفاده قرار داد :



همچنین برای انجام محاسبات مقدماتی و طراحی این سیستم می توان از جدول زیر استفاده کرد :

نوع کاربرد / پارامتر موثر	ذوب برف							
	سیستم Metric				سیستم Imperial			
دمای محیط	-4 °C				25 °F			
دمای آب	32-71 °C				90-160 °F			
دمای سطح	2-5 °C				35-40 °F			
شار گرمائی: زیر ورقه بتونی عایق کاری شده	320-480 W/m²				100-150 Btu/h.ft²			
شار گرمائی: زیر ورقه بتونی عایق کاری نشده	640-800 W/m²				200-250 Btu/h.ft²			
سایز لوله مصرفی	16-20 mm		20-25 mm		5/8 in		3/4 in	
طول هر مدار	122 m		152 m		400 ft		500 ft	
افت دمای هر مدار	20°C	11°C	20°C	11°C	35°F	20°F	35°F	20°F
دبی جریان برای هر مدار: زیر ورقه بتونی عایقکاری شده	8-12.2 L/m	14.4-20.8 L/m	12-18 L/m	21-31.5 L/m	2.1-3.2 GPM	3.8-5.5 GPM	3.2-4.8 GPM	5.6-8.3 GPM
دبی جریان برای هر مدار: زیر ورقه بتونی عایقکاری نشده	16.3-20.5 L/m	28-35.6 L/m	24-30 L/m	42-52.5 L/m	4.3-5.4 GPM	7.4-9.4 GPM	6.4-8 GPM	11-14 GPM
میانگین فاصله بین لوله ها	25 cm		25-30 cm		10 in		10-12 in	

شروع گرمایش :

شروع گرمایش باید حداقل ۲۱ روز بعد از بتون ریزي انجام گیرد و در این مرحله دماي آب ورودي به مدارهاي سیستم گرمایش از کف 20c است و این دما باید حداقل به مدت ۳ روز افزایش نیابد پس

کف گرمایش از

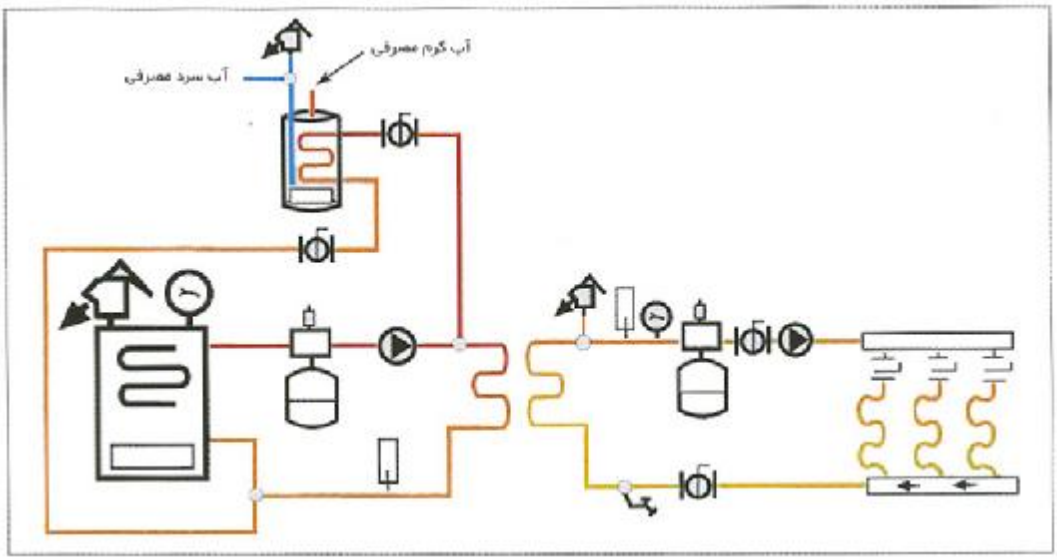
از اين مرحله در يك دوره زماني كه حداقل ٤ روز مي باشد با افزايش تدريجي دما ، سيستم پس از چهار روز تا حداكثر دماي مورد نظر تنظيم مي شود .

طراحي تاسيسات گرمايي جهت تامين انرژي مورد نياز سيستم گرمايش از كف

سيستم ديگ دو منظوره :

كارامدترين طرح موتورخانه (براي سيستم گرمايش از كف) با توجه به امكانات و لوازم تاسيساتي موجود در كشور ايران ، سيستم ديگ دو منظوره مي باشد .

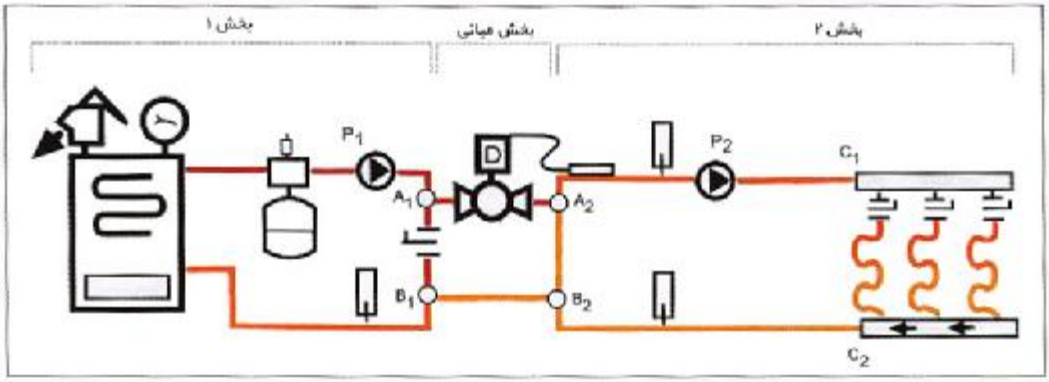
ديگ اصلي آب گرم ، آب را در دماي حدود 75c توليد مي نمايد . آب گرم توليد شده (با دماي 75c) به عنوان گرم كننده آب گرم مصرفي (حداكثر دماي 65c) و آب گرم ورودي سيستم گرمايش از كف (حداكثر دماي 60c) به كار گرفته مي شود .



سيستم تزريق و مخلوط با شير دو راهه و كنترل يك متغير (Ts) :

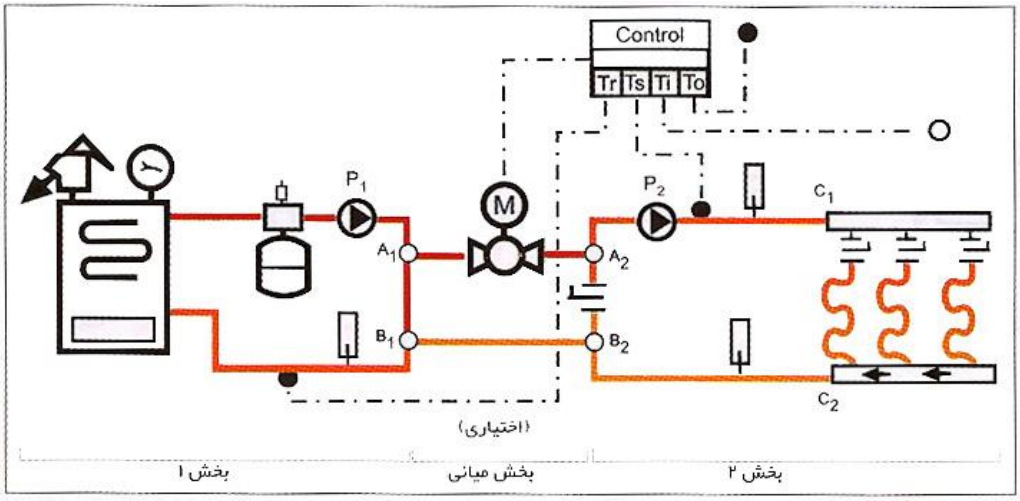
در اين سيستم از مخزن انبساط ، شير بالانس كننده ، پمپ و ترمومتر در بخش ۱ و يك شير دو راهه مجهز به لوله موئين جهت كنترل دماي آب ورودي به كلكتور در بخش مياني و يك پمپ و كلكتورهاي گرماي تابش و ترمومتر در بخش ۲ استفاده مي شود. عملكرد اين سيستم به اين صورت است كه در شروع كار سيستم دماي ديافراگم شير دو راهه را بر روي 25c حساس مي كنيم . در بدو كار سيستم چون دماي آب ورودي كلكتور رفت كمتر از اين مقدار است . با فرمان به ديافراگم شير دو راهه باعث باز شدن مسير A1-A2 مي شود . تا زمانيكه دماي آب ورودي به كلكتور رفت بيشتر از 25c شود كه در اين حالت ديافراگم به شير دو راهه فرمان بسته شدن مي دهد و بخشهاي ۱و۲ از هم جدا مي

شوند و تا زمانیکه $T_{A/C_1} \geq 25$ این حالت ادامه دارد به محض اینکه دماي کلکتور رفت کمتر از 25c باشد شیر دو راهه باز شده و سیستم به حالت اول باز مي گردد.



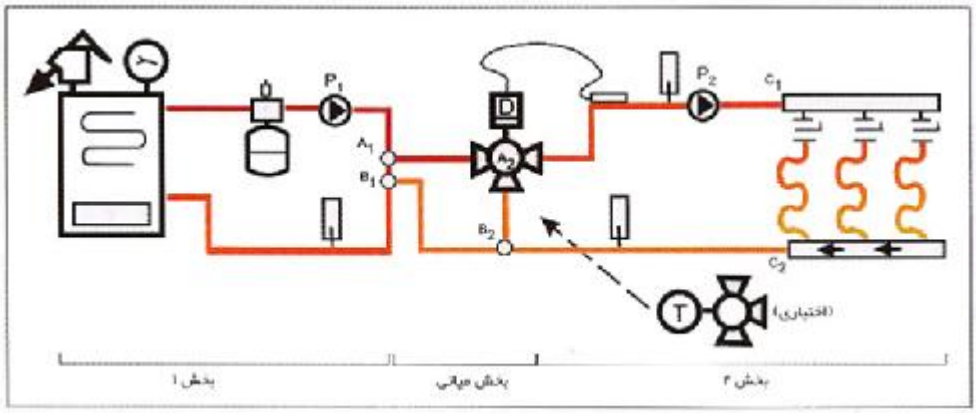
سیتم مکش و مخلوط با شیر دو راهه و کنترل چهار متغیر :

عملکرد این سیستم مانند سیستم قبل مي باشد با این تفاوت که مي توان سیستم را با کنترل چهار پارامتر (دماي آب ورودي کلکتور ، دماي آب برگشت منبع گرمائي ، دماي هواي اتاق و دماي هواي خارج) به کمك شیر دو راهه کنترل کرد .

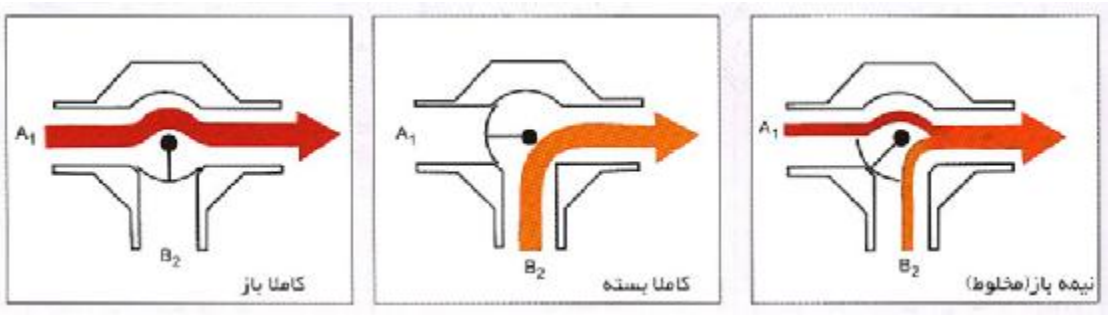


سيستم مخلوط با شير سه راهه (در مسير رفت) و كنترل يك متغير :

بخش ۱ اين سيستم منبع گرمايي ، مخزن انبساط بسته ، پمپ و ترمومتر را شامل ميشود . بخش مياني اين سيستم يك شير سه راهه مجهز به ديافراگم و لوله موئين جهت كنترل دماي آب ورودي كلكتور و يك لوله رابط را شامل مي شود و بخش ۲ شامل پمپ ، كلكتور گرماي تابش و ترمومتر مي باشد .

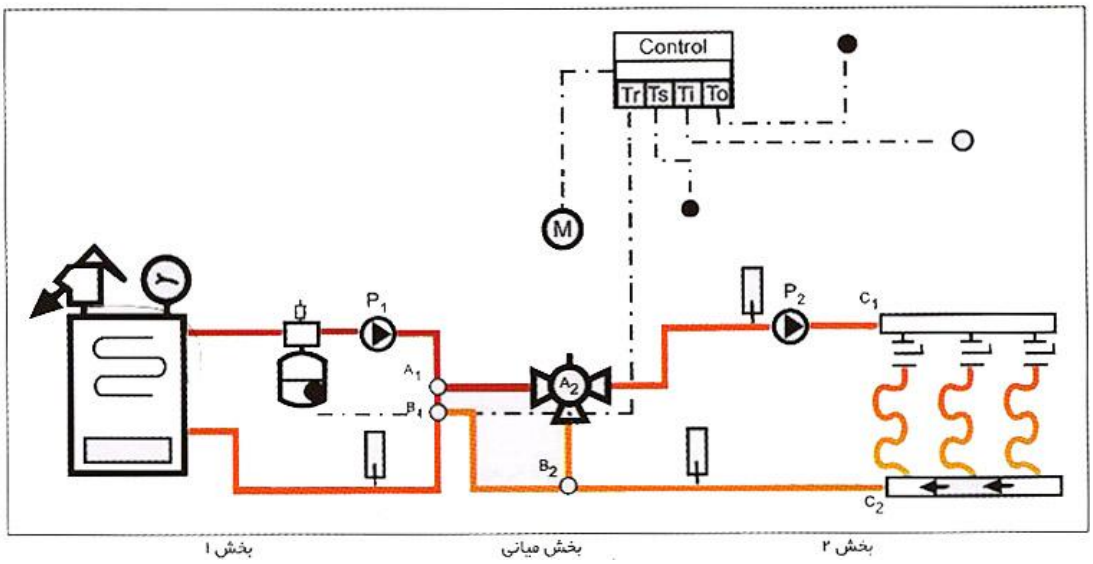


در شروع گرمايش ، ديافراگم شير سه راهه را روي دماي 25C حساس مي نماييم . هنگامي كه دماي آب ورودي كلكتور بيش از 25C باشد شير سه راهه به صورت كاملا بسته در مي آيد و دو بخش ۱و۲ از هم جدا مي شوند و هنگامي كه اين دما به پايين تر از 25c برسد . شير سه راهه به صورت كاملا باز درمي آيد و ارتباط بين دو بخش ۱و۲ برقرار مي شود .



سیستم مخلوط با شیر سه راهه (در مسیر رفت) و کنترل چهار متغیر :

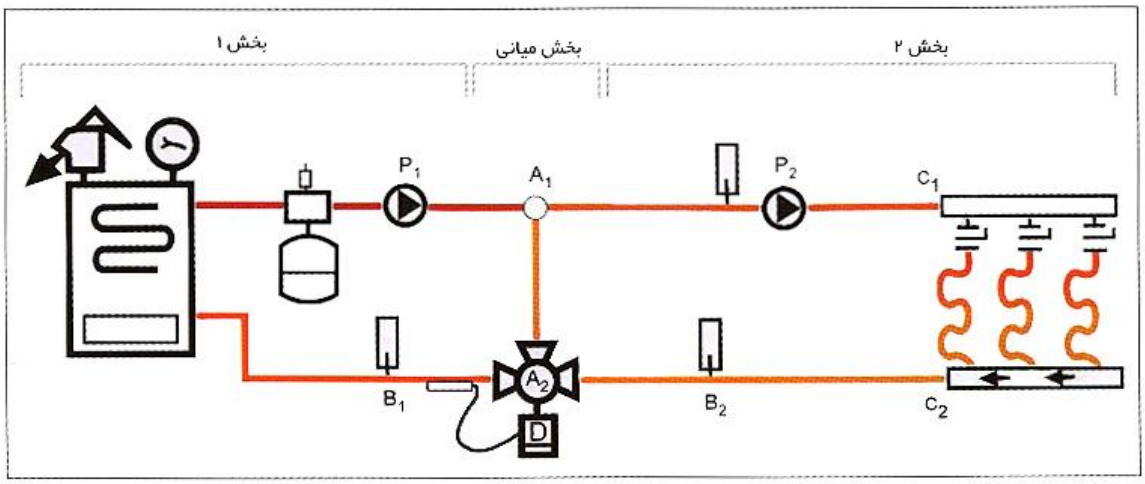
عملکرد این سیستم مانند سیستم قبل می باشد با این تفاوت که می توان سیستم را با کنترل چهار پارامتر (دمای آب ورودی کلکتور ، دمای آب برگشت منبع گرمائی ، دمای هوای اتاق و دمای هوای خارج) به کمك شیر دو راهه کنترل کرد.



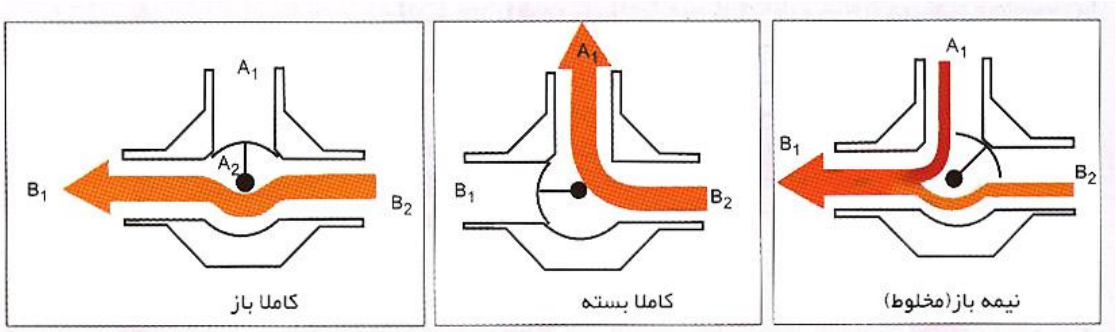
سیستم مخلوط با شیر سه راهه (در مسیر برگشت) و کنترل یك متغیر :

بخش ۱ این سیستم منبع گرمایی ، مخزن انبساط بسته ، پمپ و ترمومتر را شامل میشود . بخش میانی این سیستم یك شیر سه راهه مجهز به

دیافراگم و لوله موئین جهت کنترل دماي آب ورودي کلکتور و یك لوله رابط را شامل مي شود و بخش ۲ شامل پمپ ، کلکتور گرماي تابش و ترمومتر مي باشد .

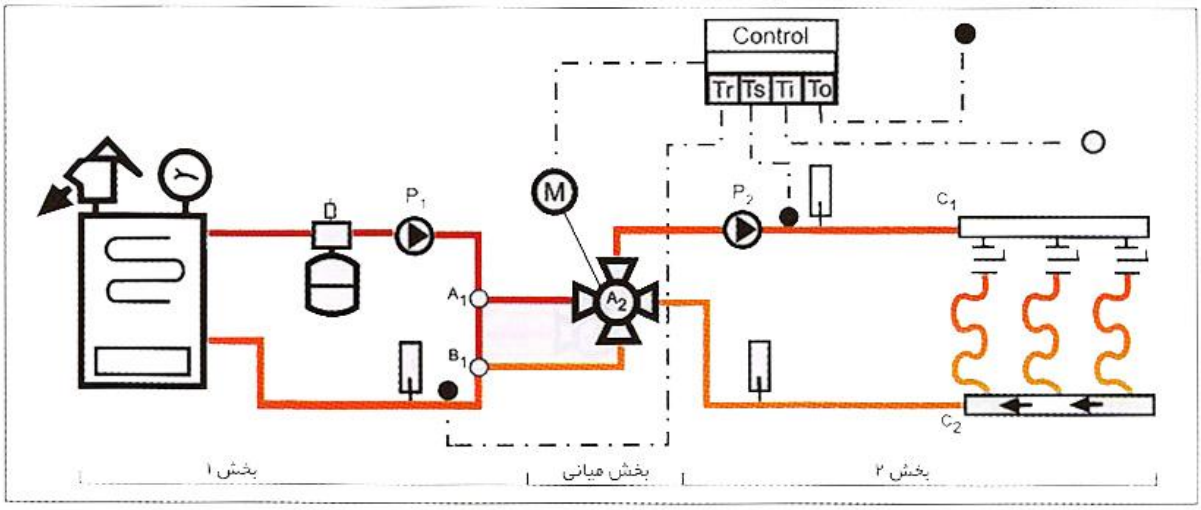


در شروع گرمایش ، دیافراگم شیر سه راهه را روي دماي 25C حساس مي نماییم . هنگامي که دماي آب ورودي کلکتور بیش از 25C باشد شیر سه راهه به صورت کاملا بسته در مي آید و دو بخش ۱و۲ از هم جدا مي شوند و هنگامي که این دما به پایین تر از 25c برسد . شیر سه راهه به صورت کاملا باز درمي آید و ارتباط بین دو بخش ۱و۲ برقرار مي شود .



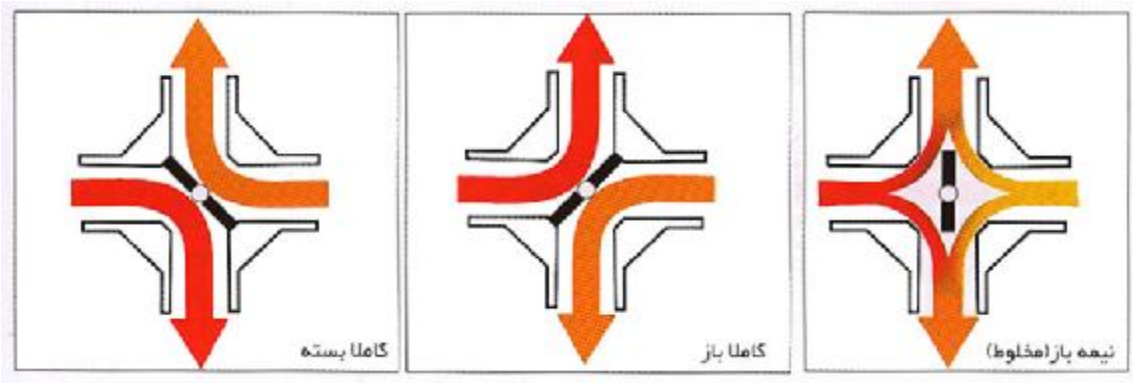
سیستم مخلوط با شیر چهار راهه و کنترل چهار متغیر :

بخش ۱ این سیستم منبع گرمایي ، مخزن انبساط بسته ، پمپ و ترمومتر را شامل میشود . بخش میاني این سیستم رابط بین بخش ۱ و ۲ بوده و یك شیر چهار راهه مجهز به کنترلر چهار متغیره می باشد که دقیقا روی نقطه A2 قرار گرفته است و بخش ۲ شامل پمپ ، کلکتور گرماي تابش و ترمومتر مي باشد.



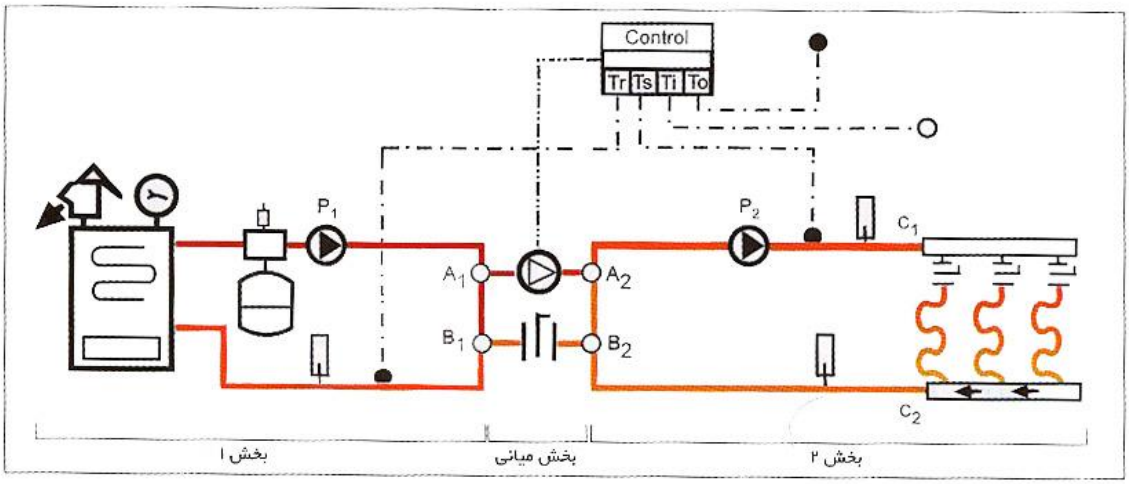
در شروع گرمایش ، دیافراگم شیر چهار راهه را روي دماي 20C حساس مي نماییم . هنگامي که دماي آب ورودي کلکتور بیش از 25C باشد شیر چهار راهه به صورت کاملا بسته در مي آید و دو بخش ۱و۲ از هم جدا مي شوند و هنگامي که این دما به پایین تر از 25c

برسد . شير سه راهه به صورت كاملا باز درمي آيد و ارتباط بين دو بخش ۱و۲ برقرار مي شود .



سيستم تزريق و مخلوط با پمپ دور متغير و كنترل چهار متغير :

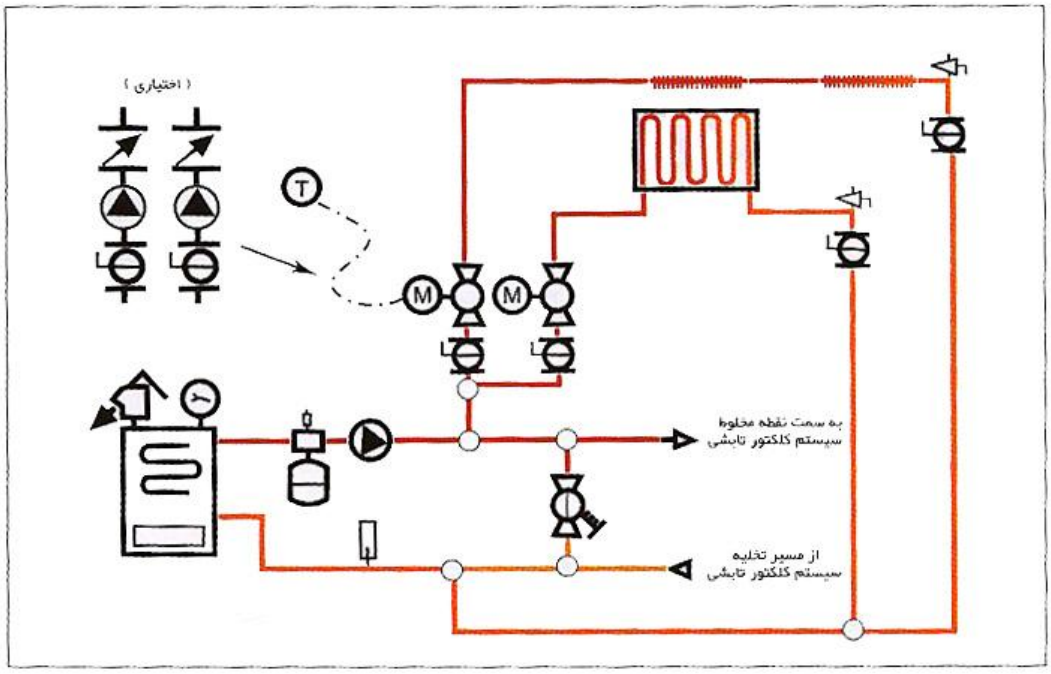
بخش ۱ اين سيستم منبع گرمايي ، مخزن انبساط بسته ، پمپ و ترمومتر را شامل ميشود . بخش مياني اين سيستم رابط بين بخش ۱ و ۲ بوده و شامل يک پمپ دور متغير مجهز به كنترلر چهار متغيره و يک شير بالانس كننده مي باشد و بخش ۲ شامل پمپ ، كلكتور گرماي تابش و ترمومتر مي باشد.



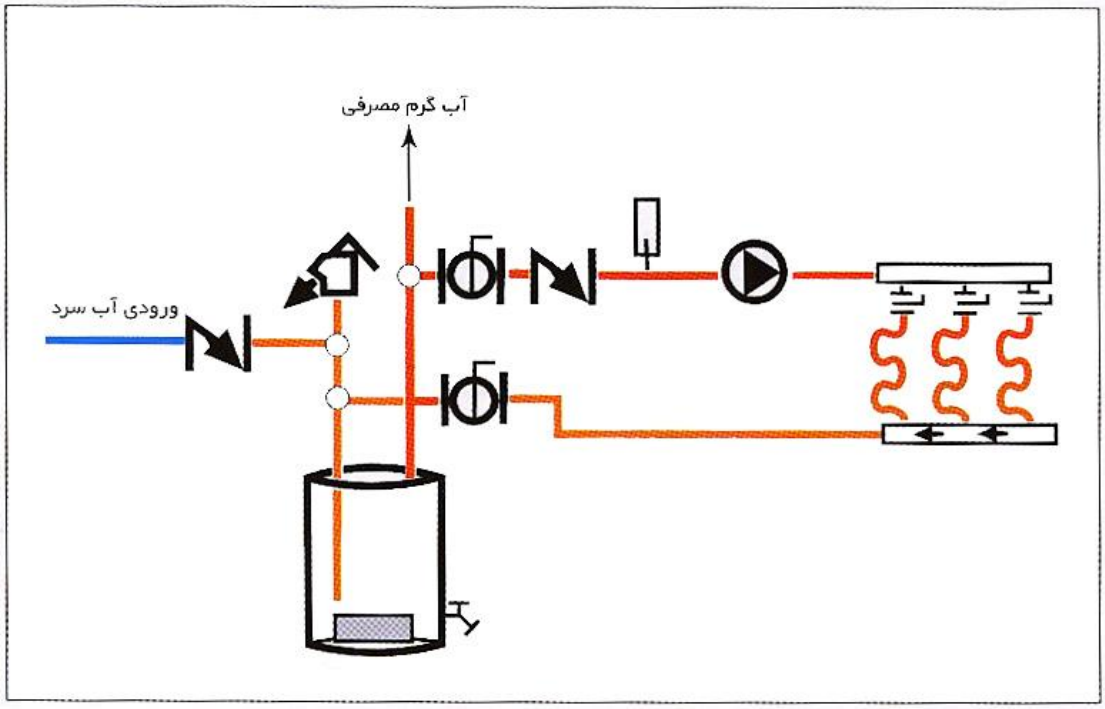
در شروع گرمایش کنترلر Ts مربوط به پمپ دور متغیر را روی دمای 20C حساس می نماییم ، در این لحظه با توجه به اینکه دمای مسیر ورودی کلکتور رفت کمتر از دمای تنظیم شده می باشد پمپ دور متغیر فعال شده و مقدار زیادی آب گرم را به کمک مسیر A1A2 به بخش ۲ تزریق می کند و باعث افزایش دمای آب خروجی از کلکتور ها می شود . از طرفی سیال خروجی از کلکتورها که در دمای پایین می باشد به کمک مسیر B2B1 به بخش ۱ تخلیه می گردد و این فرآیند تا آنجا ادامه می یابد که رابطه Ta2c1> Ts برقرار شود . با برقراری این رابطه تزریق سیال آب گرم از مسیر A1A2 متوقف می شود . در این زمان پمپ P1 آب را در بخش ۱ و پمپ P2 آب را در بخش ۲ به جریان در می آورند و این فرآیند تا هنگامی ادامه می یابد که Ta2c1 < Ts برقرار شود .که در این لحظه پمپ دور متغیر فعال شده و تزریق آب گرم را از مسیر A1A2 از سر می گیرد.

سیستم با دو دمای کاری :

در این مدار از آب گرم تولید شده در دمای بالا جهت کاربرد در دو سیستم: ۱- سیستم دما بالا و ۲- سیستم دما پایین استفاده شده است .

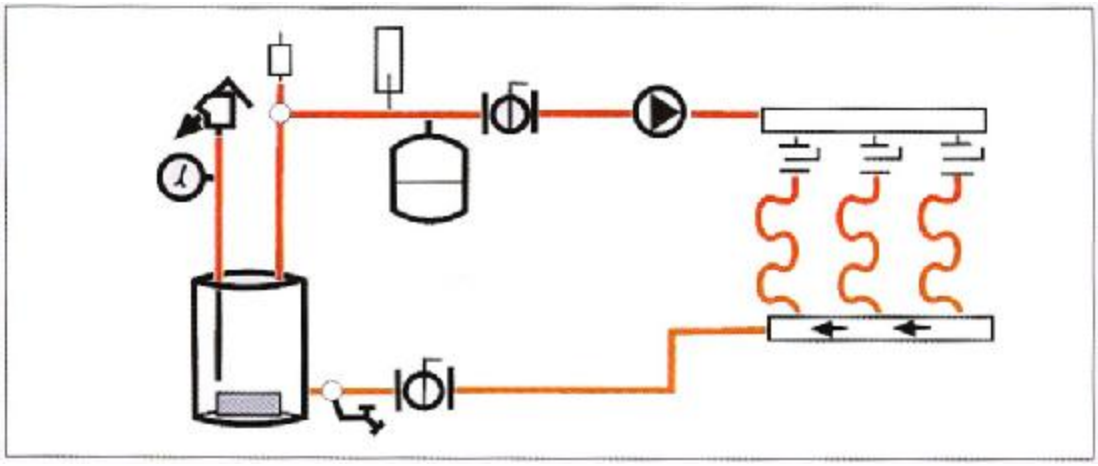


سیستم آبگرمکن دو منظوره :

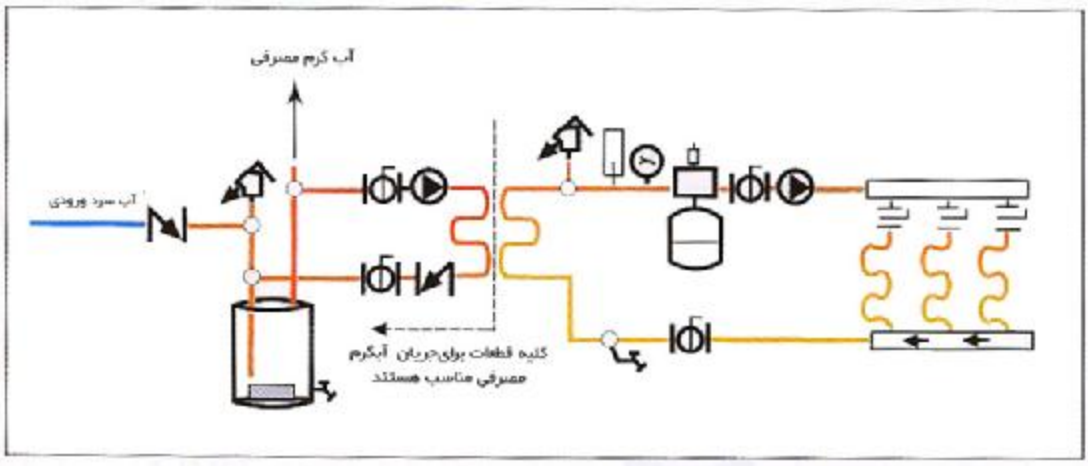


سیستم آبگرمکن اختصاصی :

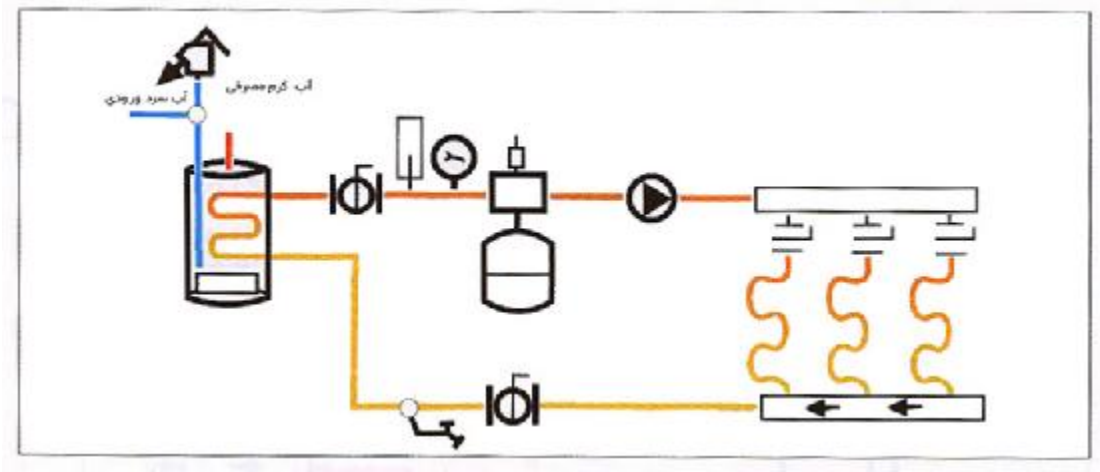
کف
گرمایش از



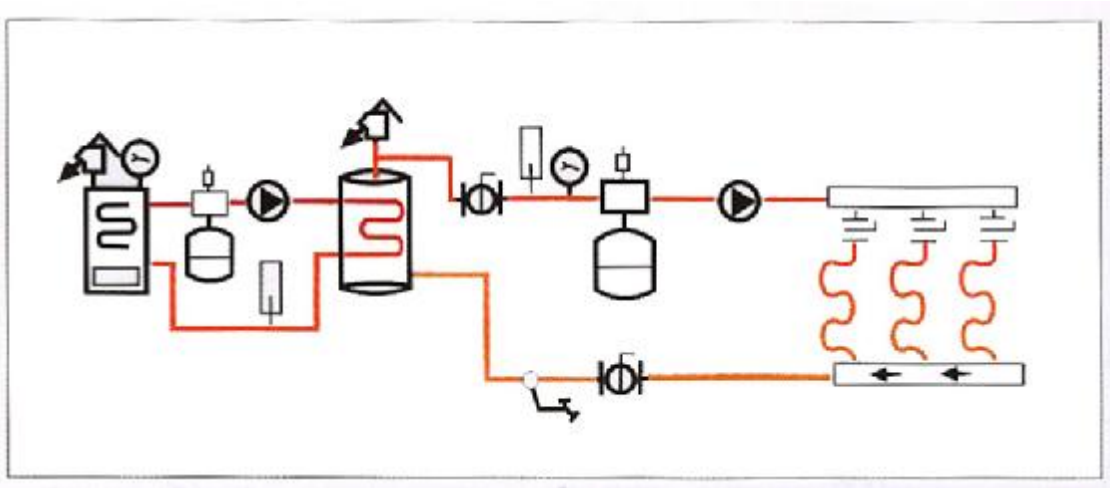
سیستم آبگرمکن دو منظوره با استفاده از مبدل حرارتی :



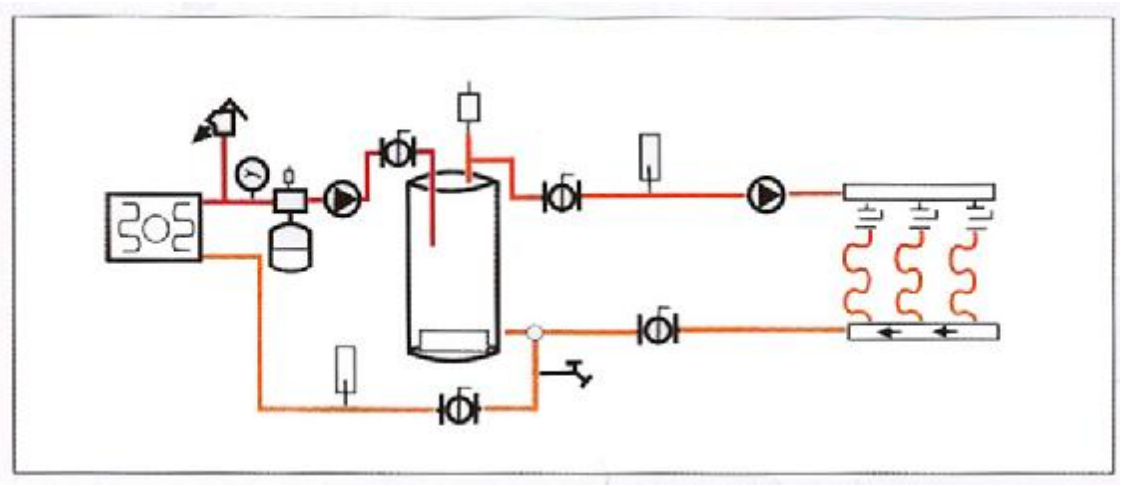
سیستم آبگرمکن دو منظوره با استفاده از مبدل حرارتی داخلی :



سیستم تانک میان گر با استفاده از آبگرمکن دارای شعله غیر مستقیم :



سیستم تانک میان گر با استفاده از آبگرمکن دارای شعله غیر مستقیم :



معرفی چندین سایت در مورد سیستم گرمایش از کف:

www.floorheatingsystems.com
www.radiantfloorheat.com
www.radiantfloorheating.com.au
www.sunflow.co.nz
www.warmup.co.uk
www.advancedenergy.org
www.advancedunderfloorheating.co.uk
www.aimradiantheating.com
www.orbitmfg.com
www.floorheatech.co.uk
www.discountfloorheating.co.uk
www.danfosslx.com
www.ideal-heating.com
www.cbsheating.com
www.infloor.com
www.floorheating.ltd.uk
www.pedarsonheating.co.uk
www.elektra-underfloor-heating.co.uk/
www.keeheating.co.uk
www.bordersunderfloor.co.uk
ww.underfloorheatingdiy.co.uk
www.ukunderfloorheating.co.uk
www.floorheating.ltd.uk

کف
گرمایش از