

بررسی ساختمان‌های با مصرف انرژی صفر

هادی کریمی صفا^۱، اصغر برادران رحیمی^۲

^۱مشهد، دانشگاه فردوسی / دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

^۲مشهد، دانشگاه فردوسی / استاد گروه مهندسی مکانیک

چکیده

نیمی از ساختمان‌های تجاری و تا سال ۲۰۵۰ تمام ساختمان‌های تجاری آمریکا مصرف خالص انرژی‌شان باید صفر باشد. در اروپا در سال ۲۰۱۰ تصمیم گرفته شد تا از سال ۲۰۱۸ در مورد ساختمان‌هایی با کاربری عمومی و ساختمان‌های متعلق به مقامات، بحث نزدیک شدن به مصرف انرژی صفر اعمال شود و از سال ۲۰۲۰ به بعد برای همه‌ی ساختمان‌های جدید اعمال شود.

در ایران نیز در سال ۱۳۷۰ با تصویب مبحث ۱۹ توسط هیئت وزیران گام بزرگی در زمینه‌ی صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمان‌های دولتی از سال ۱۳۸۴ اجباری شد. اجرای این مبحث، حداکثر ۵٪ هزینه‌های ساختمان را افزایش می‌دهد و در مقابل، ظرفیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش را تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد. امروزه با کاهش حجم ذخیره‌ی سوخت‌های فسیلی، گران‌تر شدن بهای انرژی و از آن مهم‌تر آلودگی ایجاد شده ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و البته به کار گرفتن تکنولوژی‌های نوین، ساخت خانه‌هایی با تولید مثبت انرژی^۶، میسر شده است. همچنین به دلیل کاهش هزینه‌ی سیستم‌های خورشیدی به میزان ۸۰٪ در طول دو دهه‌ی گذشته، میل به استفاده از این سیستم‌ها افزایش یافته است.

طبق آمارهای اعلام شده، در ساختمان‌های انرژی صفر، میزان مصرف انرژی از ساختمان‌های مشابه معمولی بسیار کمتر است. این میزان در آمریکا ۷۵٪ در انگلیس ۷۷٪ و در ایرلند ۸۵٪ می‌باشد.

از سوی دیگر هنوز استاندارد معین و واحدی برای ساخت یک ساص وجود ندارد و استانداردهای گوناگونی در این زمینه تنظیم شده است که از آن جمله می‌توان به اکوهومز انگلیس^۷، پسیوهوس آلمان^۸ و استاندارد زید آمریکا^۹ اشاره کرد، که هر کدام به گونه‌ای بازدهی انرژی را ارزیابی کرده‌اند [۶].

تاریخچه‌ی ساص:

حدود ۴۰٪ انرژی مصرفی سالانه در دنیا مربوط به ساختمان‌های مسکونی و تجاری است و ۷۰٪ گاز طبیعی کشور ما نیز مربوط به سیستم گرمایش ساختمان‌هاست و با توجه به افزایش قیمت انرژی، ساختمان‌هایی با مصرف انرژی صفر طرفداران بسیاری پیدا نموده است. برای ساختن چنین ساختمان‌هایی از یک سو باید مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد و از سوی دیگر باید تولید انرژی‌های تجدید پذیر را جایگزین انرژی‌های فسیلی مصرفی نماییم. در این مقاله تعاریف مختلف موجود برای این ساختمان‌ها آورده می‌شود و در مورد برخی از سیستم‌ها، تجهیزات و نرم افزارهایی که در راه رسیدن به مصرف انرژی صفر کمک می‌کنند، بحث خواهد شد و به نتایج حاصل از چند شبیه سازی به کمک نرم افزارهای ترانسپس^۱ و انرژی پلاس^۲ پرداخته می‌شود. نرم افزارهای شبیه سازی پیشگویی‌های سریع و ارزانی را در مورد طراحی به ارائه می‌دهد و از هزینه‌های زیاد تجربه در طول ساخت می‌کاهد. برای رعایت اختصار به جای عبارت ساختمان انرژی صفر، از عبارت معادل "ساص" در مقاله استفاده می‌کنیم.

واژه های کلیدی

ساص، فتوولتائیک، ترانسپس، انرژی پلاس، هیت پمپ^۳

مقدمه

با افزایش بهای انرژی در دنیا در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در اکثر نقاط جهان، مهندسين به فکر ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی کم^۴ افتادند. ولی هنوز ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی صفر^۵ در حیطه مطالعات و تحقیقات بود. با افزایش توجه دولت‌ها به این موضوع در آمریکا به موجب قانون تصویب شده در سال ۲۰۰۷ به منظور حمایت از ایجاد ساختمان‌هایی با مصرف خالص انرژی صفر، تا سال ۲۰۴۰

دومیر کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

۲۱ و ۲۰ دی ماه ۱۳۹۰



تعاریف و اصطلاحات

ساخت ترکیبی از هنر، طراحی ساختمان با بازدهی انرژی بالا، لوازم پربازده و سیستم‌های تولید انرژی تجدید پذیر مانند: آب‌گرمکن خورشیدی و برق خورشیدی می‌باشد [۱].

تعاریف مختلفی برای ساختمان‌های با مصرف انرژی خالص صفر و ساس وجود دارد که در اکثر آنها فقط مصرف انرژی در طول زمان کار و بهره‌برداری از ساختمان مورد نظر است در حالی که باید به انرژی صرف شده برای ساختن ساختمان، تجهیزات، مواد و مصالح ساختمانی نیز برای برقراری تعادل بین تولید و مصرف انرژی پرداخت. اولین اظهار نظرها در مورد مفهوم خالص مصرف انرژی را می‌توان به پودولینسکی نسبت داد که سعی کرد جنبه‌های مختلف مصرف انرژی را برای تولید اجناس و کالاها ارزیابی کند [۴].

در یک ساس، کاهش مصرف انرژی را به روش‌های نوین ایجاد می‌کنیم و همین مقدار مصرف اندک را نیز به کمک انرژی‌های تجدید پذیر تأمین می‌کنیم. ساس ترکیبی از طرح‌های انفعالی و تکنولوژی‌های فعال برای برقراری تعادل بین تولید و مصرف انرژی می‌باشد [۶].

به طور کلی به خانه‌هایی که از شبکه‌ی سراسری برق دور باشند (به شبکه متصل نباشند) و به کمک منابع تجدید پذیر انرژی مانند خورشید و باد، انرژی مورد نیازشان را تأمین کنند عبارت زیرو انرژی اطلاق می‌گردد. آنچه در مورد این خانه‌ها قابل تأمل است تأمین مصارف انرژی در روزهای ابری و بارانیست که این مشکل را با ذخیره‌ی انرژی در روزهای دیگر مرتفع ساخته‌اند. اما هزینه‌های مربوط به منابع ذخیره انرژی بسیار بالاست و از این رو طرح خانه‌هایی با مصرف خالص انرژی صفر بیشتر رواج یافته است که در این خانه‌ها تعامل با شبکه برقرار است و در صورت نیاز، انرژی از شبکه خریداری می‌شود. همچنین مازاد تولید انرژی در زمان‌های دیگر به شبکه فروخته می‌شود و در نهایت مصرف خالص انرژی سالیانه (دوره‌های زمانی مختلفی را می‌توان در نظر گرفت) صفر می‌باشد. اگر در این خانه‌ها تولید انرژی بیشتر از مصرف سالیانه باشد، خانه را انرژی پلاس می‌گویند.

منظور از بهینه‌سازی یک ساختمان این است که مقادیر ضریب انتقال حرارت کلی برای دیوارها، پنجره‌ها، سقف و نوع پنجره‌ها، ظرفیت حرارتی و ضخامت جرم حرارتی، جهت ساختمان، تعداد بار تعویض هوا در تابستان و سایر سیستم‌های پسیو را تغییر داده، نتایج را تحلیل نموده و در مجموع بهینه‌ترین حالت با کمترین میزان مصرف انرژی را انتخاب کنیم [۳].

شبیه‌ساز ترانسپس

علاقه به کاهش مصرف انرژی، درست قبل از جنگ جهانی دوم در موسسه‌ی تکنولوژی ماساچوست با تحقیق در مورد سازه‌های گرمایش خورشیدی آغاز شد. اولین پروژه مربوط به ساخت خانه‌ی خورشیدی با نصب کلکتورهای خورشیدی و استفاده از آبگرم کن خورشیدی در سال ۱۹۵۸ بود. سال ۱۹۷۰ را می‌توان سال پیشروی به سمت ساخت خانه‌های کم مصرف با عایق بندی مناسب دانست.

۱۹۷۶: یک تیم شبیه سازی رایانه ای در دانشگاه ایلینویز اوربانا، طرح خانه ای کم مصرف را در مدیسون (ویسکانسین) ارزیابی کرد.

۱۹۷۷: در کانادا نیز با حمایت شورای ملی تحقیقات کانادا، خانه‌ی کم مصرف ساسکاچوان در رجینا ساخته شد.

۱۹۷۹: ساخت کاخ لژ در ماساچوست با هزینه‌ی گرمایش ۵۰ دلار در سال.

۱۹۸۴: ساخت سه خانه با مصرف انرژی بسیار کم در مونتانا.

۱۹۹۰: ساخت یک خانه با تولید برق ۸۰٪ مصرفی در فلوریدا توسط مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا.

۲۰۰۱: ساخت خانه ای با مصرف انرژی صفر در واشنگتن دی سی

۲۰۰۱: ساخت ۳۰۰ خانه با مصرف انرژی نزدیک به صفر در کالیفرنیا که ۶۰٪ انرژی مصرفی خود را تأمین می‌کرد. ۲۰۰۲: شرکت سنتکس - ساخت یک خانه با تولید ۹۰٪ انرژی مصرفی سالیانه در لیورمور کالیفرنیا به کمک فتوولتائیک ها و گرمایش خورشیدی

۲۰۰۳: شرکت میلر - ساخت اولین ساس در آریزونا

۲۰۰۳: ساخت خانه‌ی موریسون با مصرف انرژی صفر - کالیفرنیا

۲۰۰۳: شرکت کلاروم - ساخت مجموعه‌ی ۲۵۷ واحدی با مصرف انرژی نزدیک به صفر که تمامی واحدها از برق خورشیدی برای تولید ۵۰٪ از کل انرژی مصرفی سالیانه‌شان استفاده می‌کردند.

۲۰۰۴: شرکت پارادی هومز - ساخت مجموعه‌ی خانه‌ها به مساحت ۵۳۰۰ فوت مربع با مصرف انرژی صفر در لاس‌وگاس آمریکا به کمک فتوولتائیک ها، گرمایش خورشیدی و کلکتورهای خورشیدی آب داغ. این خانه‌ها در مقایسه با خانه‌های مشابه ساخته شده با استانداردهای ساختمانی آمریکا ۹۰٪ کمتر انرژی مصرف می‌کردند [۱].

در آمریکا در سال ۲۰۱۰ به کمک انرژی استار (برنامه‌ی مشترک بین سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت انرژی آمریکا در زمینه‌ی بازدهی لوازم و تجهیزات خانگی و صنعتی و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای که از سال ۱۹۹۲ شروع شد) توانستند از انتشار گازهای گلخانه‌ای، معادل ۳۳ میلیون خودرو جلوگیری کنند و ۱۸ میلیارد دلار صرفه جویی در انرژی نصیبشان شد [۲].

در استرالیا نیز به کمک اصلاحاتی که در مقررات ملی ساختمان داشتند، توانستند طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵، بار لازم برای تهیه مطبوع ساختمان‌های مسکونی را از ۷۸ به ۵۶ کیلووات ساعت به ازای هر متر مربع برسانند [۳].

انرژی قبل و بعد از اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی و محاسبه‌ی زمان برگشت سرمایه به کار می‌رود [۱۲]. علاوه بر ترانسیس و انرژی پلاس، نرم‌افزاری مجتمع بر چند نرم‌افزار شبیه‌سازی و اطلاعاتی مربوط به مصرف سوخت در یک محیط تعریف شده است که برای ارزیابی همه‌ی سیستم‌ها و ظرفیت‌ها به صورت یکجا و کامل بسیار کارآ و مفید است [۶].

نتایج شبیه‌سازی در شرایط آب و هوایی مختلف

دنگ و همکاران [7] برای شرایط آب و هوایی متفاوت گرم و خشک مادرید (اسپانیا) و گرم و مرطوب شانگهای (چین) دو ساختمان متفاوت را به کمک نرم‌افزار ترانسیس شبیه‌سازی و عملکرد ساختمان‌ها و سیستم‌های به کار رفته را در هر دو شرایط آب و هوایی مقایسه کردند. در شبیه‌سازی، دو ساختمان به شبکه سراسری انرژی متصل بودند و تعادل تولید و مصرف انرژی به صورت سالیانه و با گام زمانی ۶ دقیقه بررسی شد.

ساختمان شانگهای (شماره ۱) یک واحد آپارتمان در طبقه‌ی سوم یک ساختمان سبز در زمین دانشکده شانگهای چین (دانشگاه جیانو تانگ) با طراحی داخلی معمولی برای سه نفر و ساختمان مادرید (شماره ۲) در دانشگاه اشتوتگارت برای یک زوج در نظر گرفته شد. ساختمان شانگهای دارای کلکتورهای خورشیدی آب گرم، فتوولتائیک‌ها، هیت پمپ، سیستم پمپ حرارتی هیبریدی، سیستم گرمایش از کف، فن کوئل و یک بازیافت کننده انرژی در مسیر اگزاست هوا بود و در ساختمان مادرید از جرم حرارتی، سایبان‌ها، سرمایش تبخیری در برج تهویه، گرمایش از کف، پمپ حرارتی هیبریدی، فتوولتائیک‌ها و سیستم سرمایش تشعشعی شبانه استفاده شد.

دمای متوسط شانگهای به جز در زمستان، در تمام طول سال بیشتر از دمای مادرید بود. رطوبت نسبی شانگهای در تابستان بالاتر از ۸۰٪ و در طول سال بیشتر بود ولی در مورد مادرید این مقدار کمتر از ۴۰٪ بود.

آن‌ها نتیجه گرفتند مصرف انرژی ساختمان ۲ (مادرید) کمتر بوده و آن را به دلیل طراحی پسیو (انفعالی) بهتر مانند عایق کاری بهتر، استفاده از جرم حرارتی، موقعیت پنجره‌ها، استفاده از سرمایش تبخیری و سرمایش آزاد از کف اعلام کردند. همچنین به کمک ترانسیس مقادیر دما و رطوبت را برای هر دو ساختمان و در هر دو شرایط آب و هوایی در نمودار سایکرومتریک نشان دادند که در شکل‌های ۱ تا ۴ مشاهده می‌کنید. با دقت در نمودارها مشاهده می‌کنیم که نتایج ثبت شده از ساختمان ۲ نسبت به ساختمان ۱ بیشتر در ناحیه‌ی آسایش بوده که آن‌ها این تفاوت را به دلیل درزبندی و عایق بندی بهتر ساختمان ۲ دانستند. برای مقایسه‌ی

ترانسیس، یک نرم‌افزار شبیه‌سازی کامل و توسعه یافته برای شبیه‌سازی سیستم‌های تولید انرژی توسط منابع تجدید پذیر در ساختمان‌هایی با چند منطقه‌ی آسایش و در حالت گذرا می‌باشد. این نرم‌افزار برای طراحی در تمامی زمینه‌ها، از سیستم‌های ساده‌ی آب گرم داخلی گرفته تا طراحی و شبیه‌سازی ساختمان‌ها و سیستم‌های کنترلی و شبیه‌سازی رفتار سرنشینان نیز کارایی بسیار بالایی دارد. از دلایل موفقیت ترانسیس می‌توان به ساختار باز آن اشاره نمود که به راحتی می‌توان به سایر نرم‌افزارها متصل شده و مؤلفه‌های کمکی و خاص و یا یک سری داده را اضافه نموده و یا نتایج را مشاهده کنیم. اکسل، متلب، فرتن و سایر زبان‌های برنامه‌نویسی از این جمله‌اند) در ترانسیس ابتدا در یک محیط گرافیکی، شماتیک پروژه به همراه روابط کنترلی بین تجهیزات به کمک خطوط و نمادها رسم می‌شود (به طور مثال مسیر لوله کشی کلکتورهای خورشیدی به همراه کنترلرها رسم می‌شود). در بخش دیگر نرم‌افزار، تمام مشخصات هر ناحیه به همراه مشخصه‌هایی مثل پنجره‌ها، زمان بندی گرمایش و سرمایش و... را به نرم‌افزار می‌دهیم و در نهایت تمامی اطلاعات گرافیکی و فایل‌های ورودی در موتور شبیه‌سازی خوانده و نتایج به صورت نموداری نمایش داده می‌شود. علاوه بر این بخش‌ها، به نرم‌افزار مجموعه‌ای از استانداردهای ساخت و ساز و انرژی اضافه شده است [۵].

شبیه‌ساز انرژی پلاس

انرژی پلاس، نرم‌افزاریست که به مطالعه و بررسی مصالح و مواد به کار رفته در نمای بیرونی، موقعیت و اندازه‌ی درب‌ها و پنجره‌ها، جهت یابی ساختمان و مقادیر ضریب انتقال حرارت کلی مناسب می‌پردازد و طرح‌های مختلف را مقایسه می‌کند تا بهترین طرح با کمترین بار گرمایی و سرمایی حاصل شود.

ریشه‌ی انرژی پلاس به نرم‌افزار بلاست^{۱۱} برمی‌گردد که در اواخر سال ۱۹۷۰ توسعه داده شد.

مطالعه و طراحی نمای ساختمان با انرژی پلاس به ما کمک می‌کند تا وابستگی و ارتباط بار گرمایی و سرمایی ساختمان با نما (مقادیری مانند مقاومت حرارتی درب، پنجره و دیوارها) را با جزئیات کامل درک کنیم [۱۰].

از سوی دیگر، این نرم‌افزار می‌تواند با فاصله‌های زمانی متفاوتی، مصرف انرژی ساختمان را بر اساس جزئیات ساخت و خصوصیات آب و هوایی مختلف ارائه دهد تا بهترین طرحی انتخاب گردد [۶].

در ایران نیز نرم‌افزار بهینه‌سازی مصرف انرژی^{۱۱} به منظور محاسبه‌ی بار حرارتی و برودتی ساختمان، بررسی میزان مصرف

دومیر کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

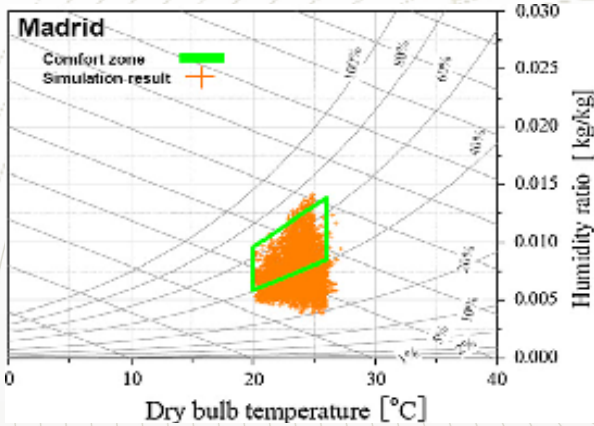
۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۹۰



همچنین آنها متوجه شدند شرایط آسایش رطوبت نسبی (۴۰-۶۵٪) برای تمامی حالت‌ها به درستی تأمین نشده و نائل شدن به این مهم نیاز به رطوبت گیری در شانگهای و رطوبت زنی در مادرید دارد. آنها انرژی لازم برای ساخت، نصب سیستم‌ها و ساختن ساختمان شماره‌ی ۲ را ۳۰۲۶ کیلووات ساعت به ازای هر متر مربع بنا محاسبه کردند و با در نظر گرفتن تولید برق اضافی، زمان برگشت سرمایه را برای ساختمان ۲ در مادرید ۱۰.۱ و در شانگهای ۱۷.۹ سال اعلام کردند. همچنین تولید دی اکسید کربن را در ساختمان ۲ با طول عمر ۵۰ سال برای مادرید ۷۴.۴ و برای شانگهای ۱۰۰ تن محاسبه کردند.

بهرتر، جدول ۱ آورده شده است که گویای درصدی از نقاط نتایج است که در ناحیه‌ی آسایش قرار دارد.

دنگ و همکاران نتیجه گرفتند که رسیدن به شرایط آسایش دمایی (۲۰-۲۶ درجه سلسیوس) و تولید برق مصرفی به کمک فتوولتائیک‌ها در هردو ساختمان و در هردو آب و هوا امکان‌پذیر می‌باشد.

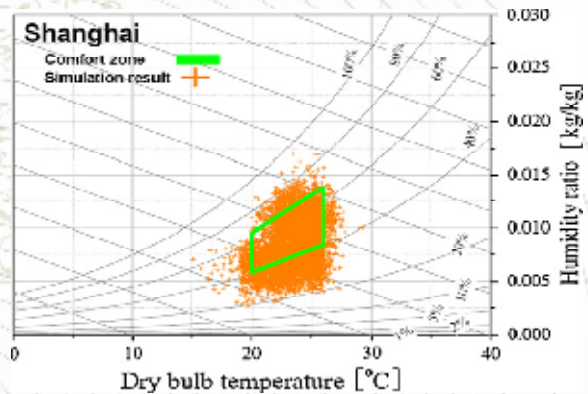


شکل ۴: نتایج ساختمان ۲ (مادرید)
جدول ۱: نتایج شبیه سازی

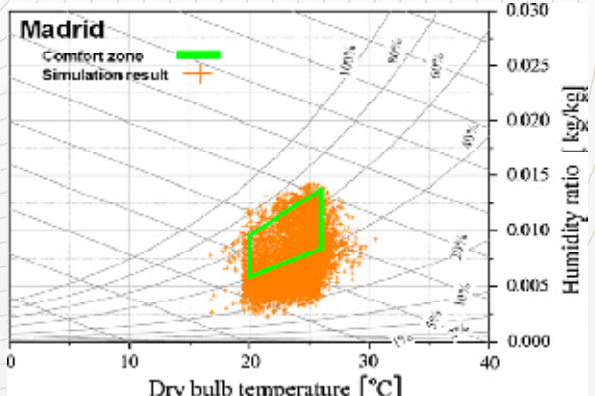
(kW h/m2)	ساختمان ۱		ساختمان ۲	
	شانگهای	مادرید	مادرید	شانگهای
بارگرمایش	۱۶/۸	۱۲/۶	۴/۹	۸/۹
بارسرمایش	۵۳/۰	۴۲/۳	۳۸/۹	۴۱/۹
بار آبگرم بهداشتی	۴۱/۰	۴۳/۱	۳۰/۳	۲۹/۸
مصرف برق	۸۹/۵	۸۵/۷	۶۸/۴	۷۵/۱
تولید برق	۹۴/۱	۱۱۹/۶	۲۰۳/۸	۱۵۲/۰
درصد دمای آسایش	۹۶/۸۴	۹۲/۷۶	۹۹/۳	۹۰/۰۷
درصد منطقه آسایش	۴۵/۵۸	۳۸/۶۲	۴۶/۷۶	۴۰/۲۷

وانگ و همکاران [۶] به بررسی راه‌حل‌های ممکن برای ساخت یک ساس تحت شرایط آب‌وهوایی انگلیس پرداختند. آنها طرح‌های گوناگونی را با هم مقایسه کردند و استراتژی‌های طراحی بهینه در انگلیس را ارائه کردند و نهایتاً ساخت یک ساس را شامل سه مرحله-ی کلی زیر بیان کردند:

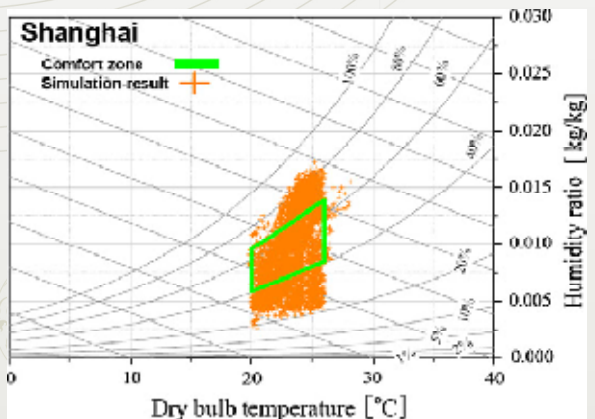
۱- تجزیه و تحلیل شرایط آب و هوایی منطقه از لحاظ دما، رطوبت، سرعت باد و تابش خورشید



شکل ۱: نتایج ساختمان ۱ (شانگهای)



شکل ۲: نتایج ساختمان ۱ (مادرید)



شکل ۳: نتایج ساختمان ۲ (شانگهای)

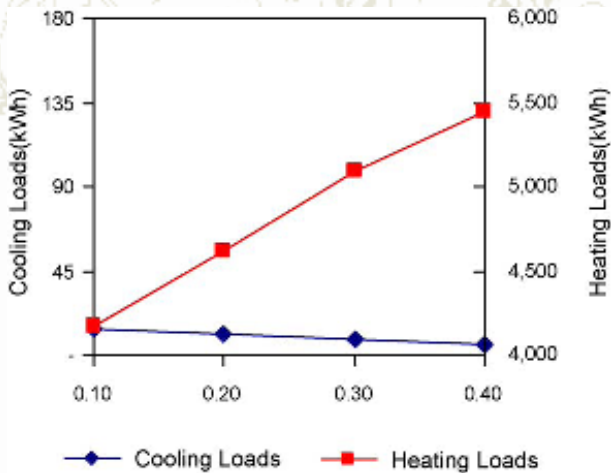
دومیر کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۹۰

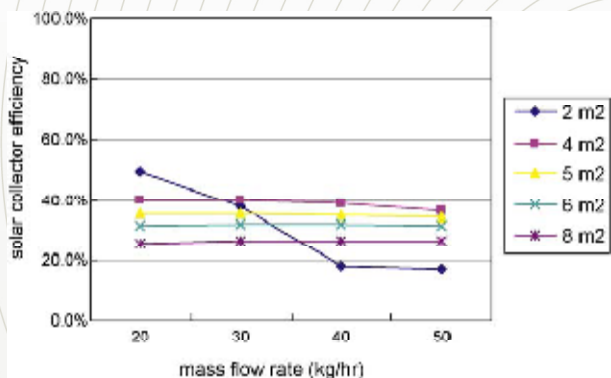


EMX
www.emxiran.com



شکل ۵: تغییرات بار گرمایش و سرمایش با تغییر ضریب انتقال حرارت کلی

وانگ و همکاران. [۶] سه سیستم آب داغ، گرمایش فضا و سیستم تولید برق را در طراحی به کار بردند. معمولاً برای جلوگیری از یخ‌زدگی در سیستم آب داغ، از ۲۵٪ ضد یخ استفاده می‌کنند.



شکل ۶: تغییر بازدهی کلکتورها با تغییر مساحت و دبی جرمی

آنها برای بررسی تغییرات بازدهی کلکتورها با مساحت و دبی جرمی، به کمک ترانسپس شکل ۶ را رسم کردند. مشاهده می‌شود با افزایش دبی جرمی، راندمان کاهش می‌یابد و این کاهش در مورد مساحت ۲ متر مربع شدیدتر می‌باشد. همچنین افزایش مساحت به طور کلی باعث کاهش راندمان می‌شود. برق تولیدی توسط توربین‌های بادی و فتوولتائیک‌ها در مبدل به جریان متناوب تبدیل شده و توسط برد توزیع بین مصرف‌کننده‌ها و شبکه تقسیم می‌شود. اضافی تولید برق به فروش و کمبود آن از شبکه خریداری می‌شود. شکل ۷ یک نمونه از طرح اتصال شبکه به سیستم‌های تولید برق بادی و خورشیدی را نشان می‌دهد.

۲- به حداقل رساندن بار گرمایی و سرمایی ساختمان به کمک انتخاب سیستم‌های انفعالی مناسب توسط شبیه‌ساز انرژی پلاس
۳- شناسایی سیستم‌های مکانیکی پربازدهی تولید انرژی به کمک نرم‌افزار ترانسپس
بیاو و همکاران. [۸] یک ساختمان را در مونته‌رنال به کمک ترانسپس شبیه‌سازی کردند که این ساختمان مجهز به پانل‌های فتوولتائیک و هیت پمپ ژئوترمال برای گرمایش و سرمایش بود. آنها ثابت کردند به کمک تجهیزات ذکر شده می‌توان یک ساختمان با مصرف خالص انرژی صفر ساخت.
نورتون و کریستسون. [۹] با بررسی سالیانه‌ی داده‌های مربوط به انرژی در یک ساختمان سه خوابه که در آن از لوازم، تجهیزات و سیستم روشنایی پربازده، سیستم فتوولتائیک و گرم‌کن‌های خورشیدی (پسیو و اکتیو) استفاده شده بود اثبات کردند ساخت یک ساص در مناطق آب و هوایی سرد نیز امکان‌پذیر می‌باشد.
وانگ و همکاران. [۶] از ترانسپس برای آنالیز انرژی‌های برگشت-پذیر و بازدهی انرژی و از انرژی پلاس برای طراحی نما، سازی ساختمان و جهت یابی صحیح استفاده کردند. آنها ۶۰ طرح مختلف را شبیه‌سازی کردند و مقادیر متفاوت ضریب انتقال حرارت کلی را برای دیوارهای خارجی در نظر گرفتند، بار گرمایی و سرمایی را برای هر حالت مقایسه کردند و نهایتاً نتیجه گرفتند عایق کاری دیوارهای خارجی باعث کاهش ضریب انتقال حرارت کلی و کاهش اتلاف حرارتی در زمستان می‌شود ولی در مقابل از خروج گرمای داخل به خارج در تابستان جلوگیری می‌کند و افزایش بار سرمایی را در پی خواهد داشت. بنابراین باید یک مقدار بهینه را برای ضریب انتقال حرارت کلی دیوارهای خارجی به دست آورد که در شکل ۵ این مقدار برای ساختمان رو به جنوب وانگ و همکاران ۰/۱ نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که جهت و موقعیت پنجره‌ها بسیار مهم است تا در زمستان حداکثر تابش خورشیدی جذب شود. برای جلوگیری از تابش در تابستان از سایه‌بان استفاده می‌شود.
همچنین در بعضی ساختمان‌ها از پنجره‌های دوجداره با فاصله-۷ سانتیمتر بین شیشه‌ها استفاده شده است که در طول شب برای جلوگیری از اتلاف حرارتی به کمک یک کمپرسور کوچک ذرات آکاسیو را به فضای بین شیشه‌ها می‌دمد.
تهویه‌ی طبیعی در ساختمان‌ها به دلیل اینکه دمای آسایش را ۲ درجه‌ی سلسیوس بالا می‌آورد باعث می‌شود بار سرمایی ساختمان کاهش یابد، همچنین به‌کارگیری سیستم گرمایش از کف نیز به دلیل چرخش هوا تحت نیروی ترموسیفون، ۲ درجه دمای آسایش مورد نیاز را نسبت به سیستم‌های رادیاتوری پایین آورده و نتیجه اینکه بار گرمایی ساختمان کاهش می‌یابد [۶].

دومیر کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

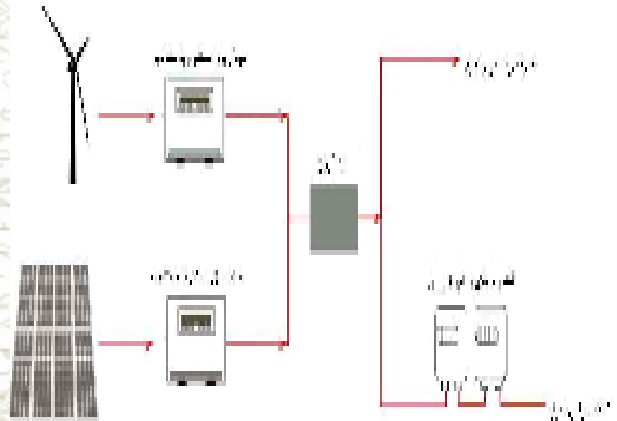
۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۹۰



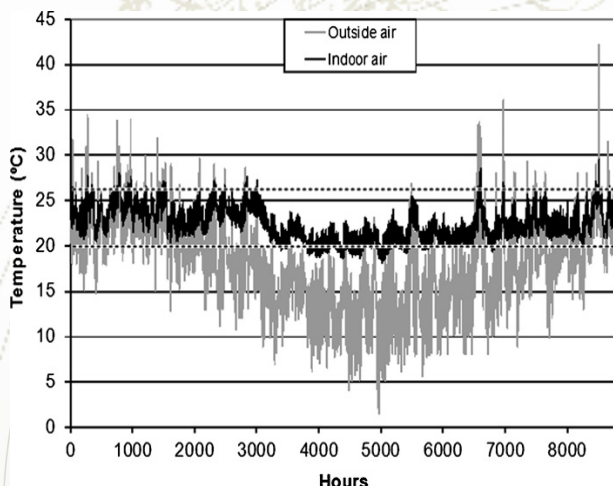
EMX

www.emxiran.com

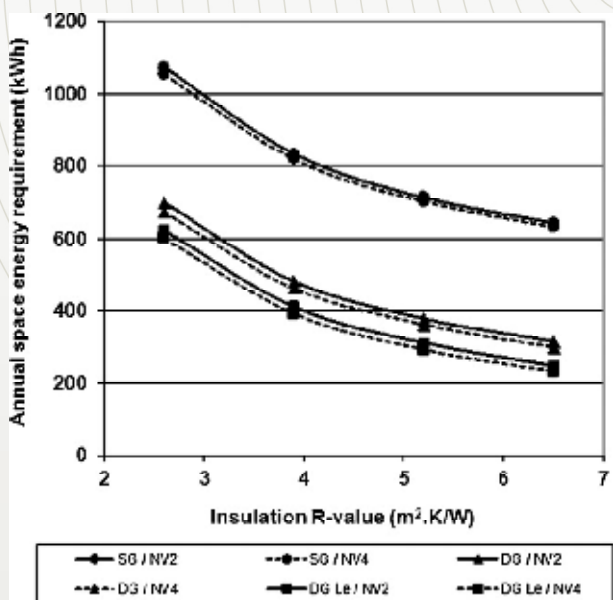
کانال کشی داخلی برای پمپ حرارتی پربازده، عایق‌بندی عالی، سیستم سقف سفید بازتاب‌کننده، آب‌گرم‌کن خورشیدی، لوازم پربازده، سیستم روشنایی کم‌مصرف و پربازده، برق خورشیدی نتیجه اینکه در یک سال، مصرف انرژی برق برای ساختمان دوم ۶۹۶۰ کیلووات‌ساعت در مقابل ۲۲۶۰۰ کیلووات‌ساعت مصرف انرژی ساختمان اول، تفاوت صرفه‌جویی در انرژی حدود ۷۰٪ را نشان می‌داد [۱۱].



شکل ۷: طرح اتصال شبکه به تولید برق محلی



شکل ۸: مقایسه‌ی دمای هوای بیرون با دمای داخلی پس از بهینه‌سازی



شکل ۹: اثر تغییر مقدار مقاومت حرارتی، نوع پنجره و نرخ تعویض هوای شبانه بر نیازمندی‌سالیانه انرژی

مزایای یک ساص

- کاهش نوسانات دمایی در این ساختمان‌ها به دلیل عایق‌بندی مناسب، شرایط آسایش را به خوبی تأمین می‌کند.

بامبروک و همکاران [۶] برای به حداقل رساندن مصرف انرژی یک ساختمان مسکونی در سیدنی از نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی و شرایط داخلی^{۱۲} و نرم‌افزار بهینه‌سازی^{۱۳} که با هم کوپل شده بودند، استفاده کردند.

آنها برای بهینه‌سازی از سیستم‌های پسیو خورشیدی در کنار حداقل کردن تلفات تعویض هوا، عایق‌های مناسب، جرم حرارتی، پنجره‌های پربازده، تهویه‌ی طبیعی در تابستان و جهت‌یابی مناسب استفاده کردند و نهایتاً نتیجه گرفتند دمای هوای داخلی در تمام طول سال بین ۲۰ تا ۲۶ درجه‌ی سلسیوس متغیر بوده و حتی در زمستان نیز نیازی به سیستم‌های گرمایشی نمی‌باشد (شکل ۸).

این موضوع اهمیت و تأثیر بهینه‌کردن سیستم‌های پسیو را نشان می‌دهد. آنها همچنین نتیجه گرفتند که به طور کلی با افزایش مقاومت حرارتی عایق^{۱۴} و ضخامت جرم حرارتی، استفاده از پنجره‌ی دوجداره^{۱۵} با شیشه‌ای با ضریب انتشار کم^{۱۶} و افزایش نرخ تعویض هوای شبانه در تابستان^{۱۷}، نیازمندی‌های سالیانه‌ی انرژی کاهش می‌یابد. شکل‌های ۹ و ۱۰ به خوبی این تغییرات را نشان می‌دهد.

مشاهده می‌شود استفاده از پنجره‌های دوجداره با شیشه‌ی کم انتشار و نرخ تعویض هوای شبانه‌ی ۴ بار در ساعت، کمترین نیازمندی سالیانه به انرژی را ایجاد کرده است.

در سال ۱۹۹۸ در فلوریدا دو ساختمان مشابه از لحاظ پلان و سازه، ساخته شد. ساختمان اول، یک ساختمان معمولی و در ساختمان دوم تمهیدات زیر در نظر گرفته شد:

- IDA^{۱۲}
- Genopt^{۱۳}
- R-value^{۱۴}
- Double Glazing (DG)^{۱۵}
- Low Emission (Le)^{۱۶}
- Number of Ventilation (NV)^{۱۷}

info@emxiran.com

۹۵ و ۹۳ و ۱۴۳۹۱۰۸۸۰

دومیر کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۹۰



www.emxiran.com

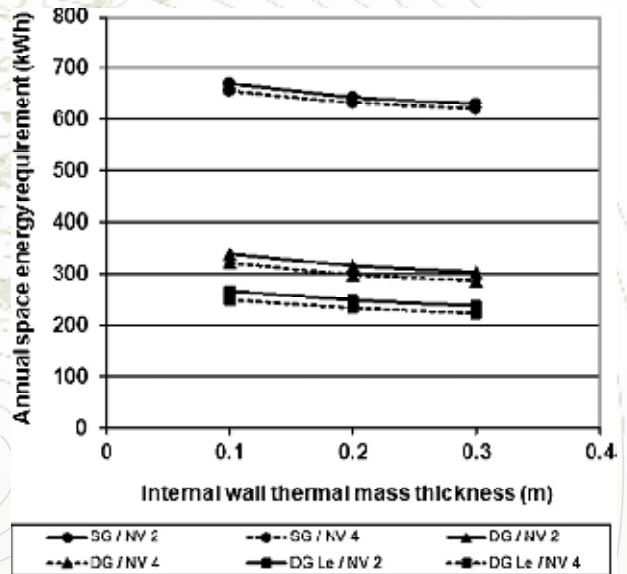
از مزایای این سیستم می‌توان به کاهش اتلاف انرژی حرارتی، سرمایش تابستانی، بهبود کیفیت هوای داخلی، توزیع بهتر هوا، حفاظت در برابر رطوبت، کارایی بالا (تا ۷۵٪)، هزینه نصب پایین، زمان بازگشت سرمایه کوتاه (۱ تا ۶ سال) و صرفه جویی در انرژی اشاره کرد.

در گمرک مهرآباد تهران ۱۸۸ مترمربع دیوار خورشیدی با هزینه‌ی اولیه‌ی ۱۲۲۵۷ دلار و توان تولیدی سالیانه ۵۹.۱ مگاوات نصب شده است.

۳- سیستم هیت پمپ با منبع زمینی: از آنجا که دمای زمین از عمق یک متری به بعد در تمام طول سال تغییرات بسیار اندکی دارد، می‌توان در زمستان برای گرمایش و در تابستان برای سرمایش از این خاصیت استفاده کرد. برای این کار از لوله‌های پلاستیکی با ضریب انتقال حرارت بالا استفاده می‌کنند که به صورت افقی و یا عمودی در زمین قرار می‌گیرد. در حالت افقی لوله‌ها به صورت حلقه ای و در عمق ۳ تا ۴ متری قرار می‌گیرند. در حالت عمودی لوله‌ها را در چند انشعاب و تا عمق ۴۵ تا ۵۰ متری در زمین قرار می‌دهند.

در این سیستم‌ها در زمستان، مخلوط آب و ضد یخ در دمای 3°C - وارد زمین شده و پس از گرفتن گرمای زمین با دمای 2°C + وارد اواپراتور شده باعث تبخیر می‌شود، بخار می‌برد در کمپرسور فشرده می‌شود و دمایش بالا می‌رود. سپس در کندانسور گرمایش را به آب سیستم گرمایش می‌دهد و تقطیر می‌شود. آب در سیکل گرمایش با دمای 60°C وارد کندانسور و با دمای 65°C خارج می‌شود و به مصرف گرمایش می‌رسد. شکل ۱۱ این سیکل را نشان می‌دهد.

- تأمین انرژی حتی در صورت قطع شدن شبکه‌ی سراسری توزیع انرژی
- در امان بودن از رشد روزافزون بهای انرژی
- تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای
- صرفه جویی در مصرف انرژی

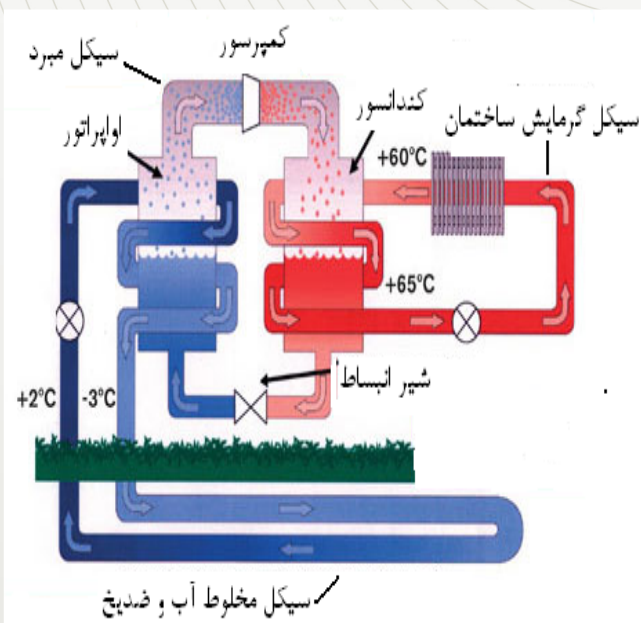


شکل ۱۰: اثر تغییر ضخامت جرم حرارتی، نوع پنجره و نرخ تعویض هوای شبانه بر نیازمندی سالیانه‌ی انرژی

سیستم‌های پر بازدهی کاربردی

۱- سیستم چرخشی آب: برای صرفه‌جویی در مصرف آب، آب‌های مصرفی در سینک دست شویی و ظرف شویی و حمام را نه تنها راهی فاضلاب نمی‌کنیم بلکه در یک منبع نصب شده در کف ساختمان ذخیره کرده و به مصرف آبیاری فضای سبز می‌رسانیم. همچنین آب باران را از طریق ناودانی‌ها راهی آبنبارهای زیرزمینی کرده و برای آبیاری باغچه‌های کشت سبزیجات مصرف می‌کنیم. گاهی اوقات پساب خروجی از سینک دست‌شویی و روشویی را در مخزن کوچکی ذخیره و پس از گذر از یک صافی در فلاش تانک توالت استفاده می‌کنند.

۲- سیستم دیوار خورشیدی: بر روی دیوار خارجی و به فاصله‌ی ۷ تا ۱۰ سانتیمتر از آن یک روکش فلزی کشیده می‌شود. تابش خورشید بخش روکار فلزی را گرم می‌کند. هواکش‌های تهویه در بالای دیوار، در فضای خالی بین روکش فلزی و ساختمان، فشار منفی ایجاد می‌کند. هوای خارج از طریق سوراخ‌های ریز موجود در پایین دیوار کشیده و به وسیله پانل‌های فلزی گرم می‌شود. هوای تازه و گرم در فضای خالی به طرف کانالی در بالای دیوار هدایت و در کل ساختمان توزیع می‌شود.



شکل ۱۱: هیت پمپ با منبع زمینی برای گرمایش

ضخامت جرم حرارتی، موقعیت پنجره‌ها، جهت نورگیری بنا و نوع سیستم‌های تهویه مطبوع مناسب با منطقه، تنها و تنها به کمک نرم-افزارهای شبیه سازی و بهینه سازی ممکن می‌باشد تا یک نقطه‌ی سربه‌سری در مورد تمامی پارامترهای بالا به دست آورد که بیشترین بازدهی انرژی را نتیجه دهد.

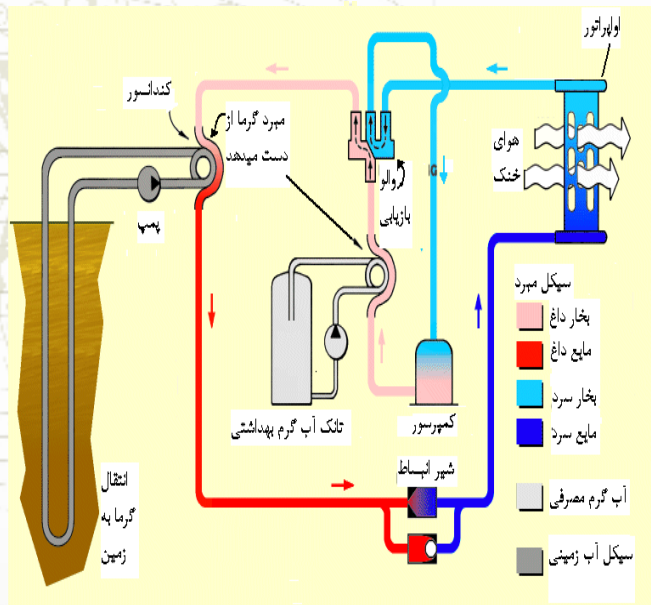
می‌توان به جای استفاده از گرمای زمین از گرمای خورشیدی توسط کلکتورها استفاده کرد که در این حالت، هیت پمپ با منبع خورشیدی خواهیم داشت.

پیشنهادهای

۱- استفاده از سیستم‌های کنترلی هوشمند و چند منطقه‌ای در یک سازه فاکتور بسیار کلیدی می‌باشد که در این مقاله مجال پرداختن به آن نبود. پیشنهاد می‌شود یک سیستم جامع برای دریافت اطلاعات شرایط داخلی و خارجی از سنسورها و ارسال فرمان راه-اندازی به سیستم‌ها بررسی شود و نتایج را از لحاظ شرایط آسایش و مصرف انرژی با حالتی که کنترل به صورت دستی انجام می‌شود مقایسه گردد.

۲- همچنین تأثیر پوشش گیاهی و نوع خاک در گرمایش و سرمایش زمینی در گلخانه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

۳- دامنه‌ی رسیدن به مصرف انرژی صفر تنها محدود به ساختمان‌های مسکونی نیست و این موضوع را می‌توان به بخش صنعت، کشاورزی و حتی پزشکی تعمیم داد. مثلاً استفاده از خاصیت گلخانه-ای در گلخانه‌هایی با مصرف انرژی صفر



شکل ۱۲: هیت پمپ با منبع زمینی برای سرمایش

در تابستان برای سرمایش، جهت جریان در سیکل مبرد، عکس شده، جای اواپراتور و کندانسور عوض می‌شود. در نتیجه گاز داغ خروجی از کمپرسور پس از تبادل حرارتی با آب سیکل زمینی که در تابستان نقش خنک کننده را دارد، به مایع داغ تبدیل و بر اثر افت فشار در شیر انبساط به مایع سرد تبدیل می‌شود. مایع مبرد سرد برای سرمایش اتاق استفاده می‌شود و تبخیر می‌شود و سیکل دوباره تکرار می‌شود. برای تأمین آب گرم بهداشتی نیز می‌توان مانند شکل ۱۲ توسط یک مبدل حرارتی از گرمای بخار داغ خروجی از کمپرسور برای گرم کردن آب استفاده کرد.

نتیجه گیری

در طراحی یک سازه، معماری نقش حائز اهمیتی دارد، همچنین استفاده از نور و گرمای خورشید به صورت مستقیم و غیرمستقیم، استفاده از جریان طبیعی هوا، جهت گیری مناسب بنا و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در رده های دیگر اهمیت قرار دارند.

همچنین باید به این موضوع توجه نمود که در طراحی یک سازه، اصل مهم، تولید انرژی نیست بلکه کاهش مصرف انرژی به کمک سیستم‌های پسیو است که این اصل سبب کاهش ۷۰ درصدی مصرف انرژی در مقایسه با ساختمان‌های معمولی شده است.

بررسی جامع و همزمان تمامی پارامترها مانند مقادیر ضریب انتقال حرارت کلی، نوع پنجره‌ها و شیشه‌ها، نرخ تعویض هوا،

مراجع

- [1] U.S. department of energy, 2003. Moving Toward Zero Energy Homes. On the WWW, at <http://www.buildings.gov> Click on "Programs and Initiatives."
- [2] Energy Star overview of 2010 achievements, 2011. Energy Star. On the WWW, at <http://www.energystar.gov>, PDF file.
- [3] Bambrook, S.M., Sproul, A.B., and Jacob, D., 2011. "Design optimisation for a low energy home in Sydney". Energy and Buildings, 43, pp. 1702-1711.
- [4] Hernandez, P., Kenny, P., 2010. "From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings(LC-ZEB)". Energy and Buildings, 42, pp. 815-821.
- [5] TRNSYS 17, 2009. A Transient System Simulation program. On the WWW, at <http://sel.me.wisc.edu/trnsys>, PDF file.
- [6] Wang, L., Gwilliam, J., and Jones, P., 2009. "Case study of zero energy house design in UK". Energy and Buildings, 41, pp. 1215-1222.
- [7] Deng, S., Dalibard, A., and Mrtin, M., 2011. "Energy supply concepts for zero energy residential buildings in humid and dry climate". Energy Conversion and Management, 52, pp. 2455-2460.
- [8] Biauou, A.L., Bernier, M.A., Yan, F., 2006. "Simulation of zero net energy homes". <http://>

دومیر کنفرانس و نمایتگاه مدیریت و بهینه‌سازی انرژی

پژوهشگاه نیرو

۲۰ و ۲۱ دی ماه ۱۳۹۰



EMX

www.emxiran.com

perso.univ-
lr.fr/fcherqui/IBPSAmars2006/12_MBernier.pdf,
2006.

- [9] Norton, P., Christensen, C., 2008. "Performance results from a cold climate case study for affordable zero energy homes". ASHRAE Transactions 114 (part1).
- [10] Getting Started with EnergyPlus, 2010. Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus. On the WWW, at <http://www.energyplus.gov>, PDF file.
- [11] Florida Solar Energy Center, 2008. Very Low Energy Homes in the United States: Perspectives on Performance from Measured Data. On the WWW, at <http://www.fsec.ucf.edu>, PDF file.
- [۱۲] راهنمای نرم افزار بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور، <http://www.ifco.ir>