Archive of SID
علمی-پژوهشی

ارزیابی عملکرد سیستم‌های ایستای انرژی (دیوار ترومپ و پدیده گلخانه‌ای) بر میزان مصرف انرژی ساختمان در اقلیم سرد*

Performance Evaluation of the Passive Energy System (Trombe Wall and Conservatory) in Cold Climate for Energy Saving

مهسا قدیری مقدم[۱]، وحید وزیری[۲] (نویسنده مسئول)، هانیه صنایعیان[۳]، حجت‌اله رشید کلویر[۴]

تاریخ ارسال:	تاریخ بازنگری:	تاریخ پذیرش:	تاریخ انتشار:
۱۳۹۶/۰۱/۲۲	۱۳۹۶/۰۵/۱۱	۱۳۹۶/۰۸/۱۴	۱۳۹۸/۰۳/۰۳

چکیده

در دهه‌های اخیر به دنبال افزایش مصرف انرژی و استفاده بیش از حد از منابع تجدیدناپذیر در بخش ساختمان، گرمایش خورشیدی ایستا یکی از استراتژی‌های طراحی معماری برای استفاده کارآمد از انرژی می‌باشد. دیوار ترومپ و پدیده گلخانه‌ای از مهمترین سامانه‌های ایستا می‌باشند. این پروژه طی مطالعات آزمایشگاهی-میدانی به سنجش میزان تأمین انرژی در پنج حالت متفاوت از ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه با اتاقک مورد نظر درشش ماه اول و دوم سال در اقلیم سرد وکوهستانی شهر اردبیل پرداخته است. حالت‌های مورد بررسی عبارتند از: اتصال دیوار ترومپ، اتصال پدیده گلخانه، اتصال ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه، اتصال دیوار ترومپ و پنجره و اتصال دیوار ترومپ و پنجره و سایه‌بان به اتاقک مذکور. دراین پژوهش منظور عدم مصرف نیست بلکه هدف به کارگیری انرژی سبز و به حداقل رساندن مصرف انرژی از طریق جذب انرژی‌های تجدیدپذیر درساختمان می‌باشد که در این خصوص طراحی معماری می‌تواند نقش بسیار مهمی را داشته باشد. این پژوهش بصورت نیمه تجربی بوده و روش تحقیق شبیه‌سازی است. در راستای دستیابی به اهداف پروژه از نرم افزار تحلیل‌گر دیزاین بیلدراستفاده شده است. با توجّه به جستار حاضر می‌توان دریافت که ازمیان گزینه‌های مختلف بکارگیری دیوار ترومپ وپدیده گلخانه‌ای، تعبیه دیوار ترومپ و سایه‌بان همراه با پنجره‌های مناسب در جداره جنوبی ساختمان با کسب امتیاز ۲۵/۸۳ دارای بهترین عملکرد در تأمین انرژی می‌باشد: میانگین دمای ۲۰/۶۷ درجه سانتیگراد در زمستان و میانگین دمای ۲۲/۸۴درجه سانتیگراد در تابستان و دمای آسایش (۱۸تا۲۲درجه سانتیگراد) در تمام ماه‌های سال و دریافت نور روز مناسب از شرایط این انتخاب می‌باشد. بنابراین با حفظ شرایط آسایش محیطی وکاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌توان در راستای دستیابی به پایداری زیست‌محیطی و همچنین کاهش هزینه‌ها قدم برداشت.

واژه‌های کلیدی:

مصرف انرژی، سامانه‌های ایستا، دیوار ترومپ، سیستم گلخانه، سایه‌بان.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. Mahsa.qadiri@gmail.com
۲. استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. vaziri.vahid@gmail.com
۳. استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. sanayeayan@iust.ac.ir
۴. استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. h_rashid@uma.ac.ir

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهسا قدیری مقدم با عنوان "طراحی معماری ساختمان پژوهشکده انرژی در شهر اردبیل با تأکید بر پایداری زیست‌محیطی با بهره‌گیری از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)" است، که به راهنمایی آقای دکتر وحید وزیری در گروه فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

اگرچه استفاده از منبع خورشیدی به آغاز خلقت انسان باز می‌گردد امّا استفاده از این منبع مهم محدودیت‌هایی دارد که انسان را به آن واداشته تا به منظور برطرف کردن نیازهای خود به کشف سوخت‌های فسیلی بپردازد (Simões et al., 2015). انرژی خورشیدی نقش مهمی برای بشر ایفا می‌کند. ساختمان‌ها ۳۳درصد از کل گازهای گلخانه‌ای در جهان را منتشر می‌کنند. ساختمان‌های سبز و معماری پایدار، تکنیک‌های جدید برای پرداختن به بحران‌های زیست محیطی و انرژی می‌باشد (Zohdi et al., 2015). مصرف انرژی ساختمان مسئله‌ای کلیدی برای مقابله با چالش تغییر آب و هوا می‌باشد (Irshad et al., 2015). برآورده ساختن نیازها و خواسته‌های انسانی هدف عمده توسعه است. امّا در حال حاضر نیازهای ضروری شمار بسیار زیادی از مردم کشورهای درحال توسعه برای غذا، پوشاک، سرپناه و شغل تأمین نمی‌شود و فراتر از آن این مردم خواستار بهبود شرایط زیستی خود هستند. توسعه پایدار نیازمند تأمین نیازهای اولیه همگان و ایجاد فرصت برای آن‌ها، جهت برآورده‌سازی خواسته‌ها برای زندگی بهتر است. توسعه پایدار در سه حیطه دارای مضامین عمیقی است: پایداری محیطی، پایداری اجتماعی، پایداری زیست‌محیطی. در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار، «پایداری محیطی» در ارتباط با معماری اهمیت زیادی دارد و مسائل زیست‌محیطی که آینده بشر را به خطر انداخته است معماران را به چاره اندیشی واداشته است (آذربایجانی، ۱۳۸۲). گرمایش خورشیدی ایستا یکی از استراتژی‌های کارآمد طراحی معماری در استفاده از انرژی خورشید برای گرم کردن خانه و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. طراحی زیست‌اقلیمی است که نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود بلکه منجر به کاهش هزینه‌های مربوط به لوازم گرمایش و تعمیر آنها می‌شود (Cue et al., 2016). سیستم‌های خورشیدی ایستا، یکی از گزینه و راه‌حل‌هایی است که به توسعه و نصب سیستم‌های ساخت و ساز پایدار در ساختمان‌سازی جدید و ساختمان‌های موجود کمک می‌کنند (Simões et al., 2015).

گلخانه از عناصر کلاسیک معماری به عنوان سیستم‌های گرمایش خورشیدی می‌باشد. بهره‌وری بهینه از انرژی درساختمان نه تنها در فصل زمستان بلکه باید در طول سال انجام گیرد. گرمایش و سرمایش عناصر ساختمانی، سایه، کیفیت هوای فضاهای داخلی، نور طبیعی مناسب و طراحی ساختمان از مهمترین مسائل در این راستا می‌باشد. استفاده اصلی گلخانه، گرمایش خورشیدی است و بر بهره‌وری انرژی در خانه در فصل زمستان اثرات مطلوب دارد (Barrio et al., 2015). دیوارترومپ یکی از استراتژی‌های طراحی برای دریافت غیرمستقیم انرژی خورشیدی است که حرارت و گرما را از تابش خورشید در روز جذب و در طول شب آزاد می‌کند. مصالح مورد استفاده در دیوار ترومپ معمولاً یک عنصر ذخیره‌سازی در قالب جرم حرارتی است چون در تابستان هوای گرم در روز را حذف می‌نمایند و بسته می‌شود و در شب به کاهش تلفات حرارتی کمک می‌کند (Cue et al., 2016). از جمله مزایای مهم این سیستم گرمایشی، عملکرد اقتصادی بهتر برای چرخه زندگی است که اگر به طور گسترده‌ای استفاده شود مزایای بزرگ اجتماعی و اقتصادی را در عرصه‌های مختلف تولید تا مصرف به همراه خواهد داشت (Li et al., 2016). این سیستم از مهمترین سیستم‌های خورشیدی می‌باشد که عملکرد مهمی در راستای بهبود مصرف انرژی دارد (Kundakci et al., 2013). درساختاردیوار ترومپ، دیوار رو به خورشید از طریق شیشه و یک فضای خلا (هوا) از فضای بیرون جدا می‌شود (Irshad et al., 2015). استفاده از دیوار ترومپ به عنوان سیستم گرمایشی غیرفعال خورشیدی به طور گسترده‌ای در آب و هوای سرد دیده می‌شود (Liu et al., 2013). تعداد زیادی از پارامترها و طیف گسترده‌ای از شرایط آب و هوایی، از جمله اثر متفاوت سرعت و دمای هوای مجرای ورودی، تابش خورشیدی، سرعت باد، ارتفاع دیوار، درجه حرارت محیط و غیره در بهره‌وری از دیوار ترومپ مؤثر است (Dragicevic et al., 2011).

- استان اردبیل در منطقه ای سردسیر و درشمال غربی فلات ایران می‌باشد. وضعیت جوی در فصل بهار عمدتاً ناپایدار بوده و هوا دوره انتقالی خود را می‌گذراند و قسمت اعظم ریزش‌های جوی حاصل از سامانه کم فشار دینامیکی مدیترانه‌ای در بخش غرب کشور اتفاق می‌افتد. درفصل زمستان هوای بسیارسرد، افت شدید دما و بارش برف را به همراه دارد. پژوهش حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نوشته‌های تخصصی و روش مدل‌سازی و شبیه‌سازی حالت مختلف دیوار ترومپ، پدیده گلخانه، ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره و ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان برای یک اتاقک، با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر، به تحلیل و بررسی

www.SID.ir

Arc SID

عملکـرد آن‌هـا پرداختـه اسـت و هـدف، رسـیدن بـه بهینه‌ترین حالت از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی و نور روز مناسب، از بین این پنج حالت بـا اسـتفاده از آمـار و ارقام بدست آمده می‌باشد.

۲- پیشینه پژوهش

یکـی از انـواع روش‌هـای مـورد اسـتفاده جهـت تـأمین آسایش حرارتی ساختمان، کاربرد سامانه‌هـای ایسـتا اسـت. استفاده از سامانه‌هـای ایسـتا قـدمتی بسـیار داشـته و ایـن سامانه‌ها همواره در طراحی ساختمان‌ها مورد استفاده بـوده است. در سال‌های اخیر گسترش مشکلات تأمین سـوخت و آلودگی‌های زیسـت محیطـی اهمیـت ایـن سـامانه‌هـا را دو چندان کرده است (وکیلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). اسـتفاده از سامانه‌های ایستا برای گرمایش و سـرمایش سـاختمان‌هـا راهکاری جدید نیست و طی قرن‌های متمادی بشر از آن هـا استفاده کرده است. دریافت مستقیم نور خورشـید از طریـق یک پنجره معمولی با جهت‌گیری جنوبی ساده‌ترین نوع ایـن سامانه‌هاست. با این توصیف تاریخچه استفاده از سامانه‌هـای ایستا به دوران خانه سازی‌های اولیه باز مـی‌گـردد البتـه بـا رواج شیشـه در سـاختمان‌هـا روش‌هـای اسـتفاده از ایـن سیستم‌ها دامنه بیشتری یافت تا جـایی کـه قـرن هجـدهم میلادی به "عصر گلخانه" مشهور گشت. امّا ایده اسـتفاده از گرمایش خورشیدی برای عموم تا دهه ۱۹۲۰ در اروپـا آغـاز نشد (مور، ۱۳۸۲).

Table 1: Types of Static Systems (Source: Vakilinejad et al., 2013)

Passive cooling	Passive heating
Cooling through ventilation	Direct absorption
Evaporative cooling (Direct and indirect evaporation)	Thermal storage wall (Trombe wall)
Radiation cooling (Direct and indirect)	Solar space (conservatory and atrium)
Cooling through the effect of moisture and dehydration	Air Cycle (Bidding and two-way system)

از اواخر ۱۹۵۰تا اواسط دهه۱۹۷۰ اعتقاد بر این بود کـه سامانه‌های خورشیدی بیشترین پتانسیل را برای مهار انرژی خورشید دارند. امّا با تحولات این دوره و تحریم نفتـی اپـک در سال۱۹۷۳سامانه‌های ایستا بیشتر مورد توجّه قرار گرفت. هزینه اولیه سامانه‌های ایستا در مقایسه با پویا بسـیار کمتـر بوده و علاوه بر نیـازکمتر بـه نگهـداری، قابـل اطمینـان‌تـر هستند. نربـرت لکنـر در کتـاب «گرمـایش، سـرمایش و روشنایی»، تمهیـدات بکـار رفتـه بـرای تـأمین آسـایش در سـاختمان را بـه سـه مرحلـه «طراحـی اولیـه سـاختمان، سیستم‌های ایستا، سیستم‌های مکانیکی» تقسیم‌بندی کرده است. به اعتقاد وی این سه مرحله بـه صـورت آگاهانـه و یـا ناآگاهانه همواره در طراحی یک ساختمان وجود دارنـد. لازم به ذکر است که استفاده از سامانه‌های ایستا با پـیش فـرض طراحی مناسب ساختمان در مرحله اول و رعایت اصول اولیه طراحی اقلیمی می‌تواند مؤثر واقع شود (لنکر، ۱۳۸۵).

وکیلی‌نژاد و همکاران به "اصول سامانه‌های سـرمایش ایسـتا در عناصرمعماری سنتی ایران" پرداخته‌اند که طی این پـژوهش بر اساس اسناد و مدارک و تحلیل‌های انجام گرفته پس از معرفی روش‌های مختلف کنترل حرارتـی سـاختمان بـه تشـریح انـواع سامانه های ایستا پرداخته‌اند و با بررسی نحـوه عملکـرد عناصـر معماری به کار رفته در معماری سنتی ایران، جهت ایجاد آسایش حرارتی، به تشریح اصول سـامانه سرمایشـی ایسـتای مـرتبط بـا هریک از این عناصر پرداخته و عناصر سنتی را که از نظـر فـرم و کالبد معماری درتناظر با عناصر امروزی قرار مـی‌گیرنـد، معرفـی کرده‌اند (وکیلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). صفرعلیپور و شاهگلی در پژوهش خود با عنوان "مزیت ترکیب سیستم گلخانه خورشیدی و دیوارترومپ در طراحـی اقلیمـی مسـکن امـروز اصـفهان" بـه بررسی سیسـتم دیـوار ترومـپ و سیسـتم گلخانـه خورشـیدی پرداخته‌اند و با تشریح ساختار بومی این دو سیسـتم بـه بررسـی مزایا و چگونگی ترکیب آن‌ها پرداخته‌اند (صفرعلیپور و همکاران، ۲۰۱۳). شهبازی رز در جستار خود بـا عنـوان "واکـاوی جایگـاه سامانه‌های غیر فعال در معماری پایـدار" بـا اشـاره بـه برخـی از الگوهای ساخت از قبیل دیوار ترومپ و دیوار آبی و حوضچه‌هـای سقفی آتریوم‌های ترکیبی سعی بر سنجش میزان مصرف انـرژی با اعمال روش‌های مذکور در ساختمان‌ها داشته است (شـهبازی، ۱۳۹۱). پژوهشگران در مقاله‌ای تحـت عنـوان "بررسـی کـاربرد سیستم دیوار ترومپ در ساختمان‌ها" مطالعات انجام شده در ۱۵ سال اخیر برای این سیستم را بررسی کرده و براین باورند کـه در طراحی دیوار ترومپ سه پارامتر مهم تأثیر گذارند که عبارتند از : پـارامترهـای سیسـتم ترومـپ، پـارامترهـای سـاختمان‌سـازی، پارامترهای محیطی (Zhongting et al., 2017). در پژوهشـی بـا عنوان "عملکرد دیوار ترومپ برای توسعه پایدار ساختمان‌سازی" با بررسی عملکرد این دیوار و ارائه جزئیات اجرایی آن بـه معرفـی کامل آن پرداخته و محاسـبات دیـوار ترومـپ را کامـل بررسـی کرده‌اند (Irshad et al., 2015). محققان در مقاله ای بـا عنـوان "اثرات زیست‌محیطـی بهـره‌بـرداری از انـرژی خورشـیدی" بـه بررسی ۳۲ اثر استفاده از انـرژی‌هـای خورشـیدی در سـاختمان

www.SID.ir

Archive of SID

پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که ۲۲ اثر از ۳۲ اثر مذکور در زمینه سلامت و رفاه انسان، زندگی گیاهان و حیوانات، تغییرات آب و هوایی اثرات سودمند شناخته می‌شوند (Turney et al., 2011). شارما و همکارش در پژوهش خود با عنوان "استفاده از دیوار ترومپ به عنوان تکنیک منفعل خورشیدی با رویکرد پایداری" به بررسی دقیق ساختار دیوار ترومپ پرداخته‌اند (Sharma et al., 2016). همچنین در پژوهشی با عنوان "عملکرد دیوار ترومپ در ساختمان‌های کم مصرف" به معرفی دیوار ترومپ و مزایای آن پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که دیوار ترومپ گرمایش خورشیدی ایستا را بدون ایجاد نور خیره‌کننده فراهم می‌کند و به عنوان بارهای خنک‌کننده‌های اضافی می‌تواند عملکرد سیستم خنک‌کننده را تحت تأثیر قرار دهد (Torcellini et al., 2004). دان و همکارانش در مقاله خود با عنوان "تجزیه و تحلیل انواع مختلف دیوار ترومپ با رویکرد پایداری انرژی" به مقایسه انواع مختلف دیوار ترومپ که از لحاظ ساختار و مصالح با یکدیگر متفاوتند پرداخته‌اند (Duan et al., 2016). پژوهشگران در پژوهش خود تحت عنوان "تجزیه و تحلیل عملکرد دیوار ترومپ و تأثیر دهانه تهویه و دستگاه‌های سایه انداز بر آن" به مقایسه حالت‌های متفاوت از نظر میزان جذب حرارت پرداخته‌اند (Briga Sa et al., 2017). کیافر در مقاله‌ای تحت عنوان "طراحی ساختمان پایدار با سیستم دیوار آبی خورشیدی" تاریخچه استفاده از دیوار آبی و پایه‌های طراحی خورشیدی غیرفعال با استفاده از دیوار آبی را بررسی کرد و جهت مناسب قرارگیری ساختمان و در و پنجره‌ها و دیوارها را در قسمت نتیجه‌گیری ارائه داده است (کیافر، ۱۳۹۱). مداح و ترکجزی در پژوهشی تحت عنوان "معماری پایدار و شیوه‌های مؤثر در طراحی معماری پایدار" به معرفی دیوار ترومپ، پنل‌های حرارتی آبی خورشیدی و سیستم‌های فتوولتائیک پرداخته و استفاده از این سیستم‌ها را راهی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی معرفی کرده‌اند (مداح و همکاران، ۱۳۹۱). آیت‌اللهی در مقاله خود با عنوان "ارزیابی پنج ساله کارایی خانه خورشیدی" خانه‌ای را به عنوان نمونه موردی با هدف کاهش مصرف انرژی و استفاده از معماری همساز با اقلیم گذشته مورد مطالعه قرار داد تا در جهت راه یابی به الگوهای جدید با هدف کاهش مصرف انرژی، ایده‌های "جذب مستقیم" و استفاده از دیور ترومپ اقدام کند (آیت‌اللهی، ۱۳۸۵). زهدی و همکارانش در پژوهش خود با عنوان "کاربرد دیوار ترومپ در محیط داخلی" به تجزیه و تحلیل عملکرد دیوار ترومپ پرداخته و این نتیجه حاصل شده که دیوار ترومپ برای گرم کردن اتاق مناسب است (Zohdi et al., 2015). پژوهشی تحت عنوان "مقایسه عملکرد دیوار ترومپ در چند حالت مختلف" به مقایسه حالت‌های مختلف دیوار ترومپ بدون شیشه، با شیشه دوجداره و پانل‌های شیشه پرداخته است (Koyunbaba et al., 2012).

۳- روش‌شناسی تحقیق

دراین پژوهش روش کار شبیه‌سازی می‌باشد. چارچوب نظری با استفاده از روش مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نوشته‌های تخصصی بوده و سپس مدل‌سازی و شبیه‌سازی حالت مختلف دیوار ترومپ، پدیده گلخانه، ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره و ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان برای یک اتاقک، با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر (ورژن ۵) صورت گرفته است. نرم افزار دیزاین بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و بطور کلی تمامی جزئیات مربوط به ساختمان کاربرد داشته و قابلیت مدل سازی همه جنبه های ساختمان را دارد. با استفاده از این نرم افزار می‌توان مدل‌سازی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، لوازم خانگی، آب گرم مصرفی و غیره را مدل‌سازی کرد. طراحی معماری به عنوان متغیر مستقل، پایداری زیست‌محیطی متغیر وابسته و میزان بهره‌گیری از سامانه‌های ایستا و عناصر تأثیرگذار متغیرهای میانه می‌باشند. این پژوهش بصورت نیمه تجربی بوده تا با بررسی رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته، به توصیف عینی و کیفی محتوای مفاهیم بصورت نظام‌دار بپردازد و عناصر و مطالب موردنظر را گردآوری، طبقه‌بندی و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. تمامی حالات در دو دوره شش ماه اول و دوم سال (زمستان و تابستان) بصورت جداگانه از لحاظ میزان دریافت انرژی خورشیدی و نور روز بررسی و با استفاده ازآمار و ارقام و میانگین دمای سال در هریک از حالت‌ها، طی نمودارهای مجزا ارائه شده‌اند. نتایج مربوط به بحث نور روز و روشنایی نیز براساس میزان دستیابی به نور در پنج تصویر بصورت بصری کاملاً مشهود است.

۴- بحث و تحلیل

۴-۱- داده‌پردازی و تحلیل پژوهش‌های میدانی

در این پژوهش پنج حالت متفاوت از جمله: ۱- سیستم دیوار ترومپ، ۲- سیستم پدیده گلخانه، ۳- ترکیب سیستم گلخانه با دیوار ترومپ، ۴- ترکیب دیوار ترومپ با پنجره ۵-ترکیب دیوار ترومپ همراه با پنجره و سایه‌بان می‌باشد.

www.SID.ir

Arc SID

تمام این سیستم‌های خورشیدی برای اتصال به یک اتاقک ۱۰*۷ متری در نظر گرفته شده‌اند.

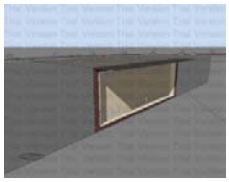
Fig. 1 Trombe wall with Conservatory

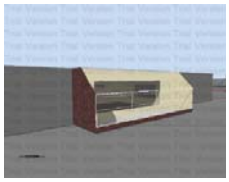
Fig. 2 Conservatory

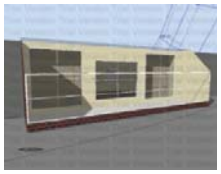
Fig. 3 Trombe wall

Fig. 4 Trombe wall with window

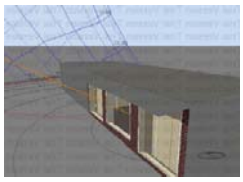
Fig. 5 Trombe wall with window and Shading

مطابق تصویر ۱ که برای شش ماه سرد سال (پاییز و زمستان) از ماه مهر تا اسفند (اکتبر تا مارس) در نظر گرفته شده است در ماه‌های دسامبر و ژانویه، کاهش دما و حداکثر میزان برودت هوا، نیاز به گرمایش در محیط داخلی را افزایش داده است. برای اقلیم سرد و کوهستانی اردبیل با توجّه به شاخص‌های دما، رطوبت و باد، دمای آسایش از ۱۸تا۲۲درجه سانتیگراد می‌باشد. (کسمایی، ۱۳۸۲) در این ماه‌ها دمای هوای بیرون از ۳- تا ۱۰ درجه سانتیگراد متفاوت است و همان طور که مشاهده شده از مقایسه پنج حالت می‌توان نتیجه گرفت که نمودار سبز رنگ (نمودار حالت دیوار ترومپ همراه با پنجره و سایه‌بان) بهینه‌ترین حالت را از جهت تأمین گرمای مورد نیاز داخل و آسایش حرارتی به خود اختصاص داده است. این سیستم در سردترین ماه‌های سال دمای محیط داخل را با میانگین دمای ۲۲/۸۴درجه سانتیگراد بین ۱۸ تا ۲۲ درجه و در محدوده قابل قبول نگه می‌دارد. طبق نمودار، چهار، حالت دیگر از این جهت بهینه محسوب نمی‌شوند چون در ماه‌های دیگر دمای محیط داخل را به شدت بالا برده و از محدوده آسایش خارج می‌کنند. به عنوان مثال حالت اول، دیوار ترومپ در ماه اکتبر(مهر) دما را تا ۳۰ درجه و حالت سوم ترکیب گلخانه و ترومپ دما را تا ۳۷ درجه بالا می‌برند و خارج از محدوده آسایش می‌باشند. در مهرماه (اکتبر) میانگین دمای هوای بیرون بین ۵ تا۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ (نمودار آبی) دمای داخلی را بین ۲۸تا۳۰ درجه سانتیگراد بالا می‌برد و حالت دوم، پدیده گلخانه (نمودار قرمز) دما را ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه(نمودار نارنجی) دمای داخلی را بین ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتیگراد بالا برده و از محدوده آسایش خارج هستند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره (نمودار آبی تیره) می‌باشد که براساس ارقام حاصل از تحلیل‌ها دمای محیط داخلی ۲۵درجه سانتیگراد و نسبت به حالات قبل نزدیک‌تر به محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان (نمودار سبز رنگ) می‌باشد که دمای محیط داخلی را بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و در محدوده آسایش است. در آبان ماه (نوامبر) دمای هوای بیرون بین ۵ تا ۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ دمای داخلی را بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتیگراد بالا می‌برد و این ارقام خارج از محدوده دمای آسایش اردبیل است. حالت دوم، پدیده گلخانه دما را تا ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را بین ۲۵ تا۳۰ درجه سانتیگراد بالا برده و از محدوده آسایش خارج هستند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتیگراد از محدوده آسایش خارج می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان (نمودار سبز رنگ) با دمای محیط داخلی بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد در محدوده آسایش می‌باشد. در آذر ماه (دسامبر) میانگین دمای هوای بیرونی بین ۰ تا ۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ دمای داخلی را بین ۲۲ تا ۲۴ درجه سانتیگراد بالا می‌برد و این ارقام خارج از محدوده دمای آسایش اردبیل است. حالت دوم، پدیده گلخانه دما را ۱۸ تا۲۰ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد بالا برده و درمحدوده دمای منطقه آسایش می‌باشند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد در محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان دمای محیط داخلی را بین ۱۸ تا۲۰ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد. در دی ماه(ژانویه) میانگین دمای هوای بیرونی ۳- تا صفر درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ با دمای داخلی بین ۱۸ تا۲۰ درجه سانتیگراد در محدوده منطقه آسایش است و حالت دوم، پدیده گلخانه میانگین دما را ۱۸ درجه سانتیگراد در محیط داخلی فراهم کرده و حالت

www.SID.ir

Archive of SID

سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه با دمای داخلی بین ۱۸تا۲۰ درجه سانتیگراد و حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۰ درجه سانتیگراد در محدوده آسایش می‌باشند. حالت پنجم، دمای محیط داخلی را بین ۱۸ تا۲۰ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و کاملاً مطلوب است. در بهمن ماه (فوریه) دمای محیط بیرونی با میانگین ۰ تا ۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، دیوار ترومپ با دمای داخلی بین ۱۸تا۲۰درجه سانتیگراد در محدوده منطقه آسایش است و قابل قبول می‌باشد. حالت دوم، پدیده گلخانه میانگین دمارا ۱۶ درجه سانتیگراد در محیط داخلی فراهم کرده و خارج از منطقه آسایش است. حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه با دمای داخلی ۲۰ درجه سانتیگراد قابل قبول است. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره می‌باشد که بر اساس ارقام حاصل از تحلیل‌ها با دمای محیط داخلی ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد در محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان دمای محیط داخلی را بین ۱۸ تا۲۰ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد. در اسفند ماه (مارس) دمای هوای بیرونی بین ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد می‌باشد. دیوار ترومپ با دمای داخلی بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد در محدوده منطقه آسایش است. پدیده گلخانه میانگین دما را ۲۵ درجه سانتیگراد در محیط داخلی فراهم کرده و خارج از منطقه آسایش است. حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را تا۳۰ درجه سانتیگراد افزایش داده و قابل قبول نمی‌باشد. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۲ درجه سانتیگراد در محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان دمای محیط داخلی را ۲۰ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و چون در محدوده منطقه آسایش است قابل قبول می‌باشد.

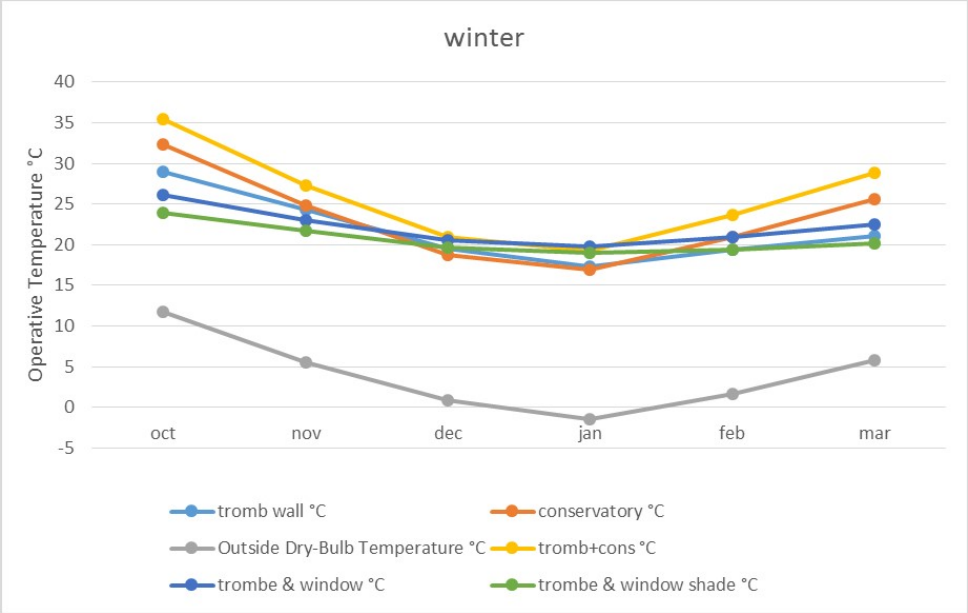

Fig. 6 Access to solar energy (in terms of temperature) for all examined types in the six cold months of the year, Software: Design Builder

مطابق با نمودار شماره ۲ و ۳ که برای شش ماه گرم سال (بهار و تابستان) از ماه فروردین تا شهریور (آوریل تا سپتامبر) می‌باشد دمای هوای بیرون از ۱۰ تا ۱۸ درجه سانتیگراد متفاوت است. سیستم‌ها در دو حالت و طی دو نمودار خروجی بررسی شده‌اند که در حالت اول شیشه دیوار ترومپ متحرک است و در تابستان حذف می‌شود و در حالت دوم شیشه دیوار ترومپ ثابت است که طبق نمودار شمار ۲ و ۳ مشاهده می‌شود تفاوت چندانی با هم ندارند. سیستم گلخانه و سیستم ترکیب گلخانه با دیوار ترومپ، دمای هوای داخل را از محدوده آسایش انسان خارج کرده و حتی تا ۳۵ درجه سانتیگراد بالا می‌برد. دیوار ترومپ، سیستم ترکیب دیوار ترومپ باپنجره و سیستم ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان دما را بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد نگه می‌دارند، امّا حالت بهینه مورد نظر، حالت پنجم، ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان (نمودار سبز رنگ) با دمای ۲۰/۶۷درجه سانتیگراد و در محدوده آسایش می‌باشد و در گرمترین ماه‌ها (تیر و مرداد) دمایی معادل با ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتیگراد دارد و قابل قبول است. در فروردین ماه (آوریل) میانگین دمای

www.SID.ir

Arc SID

هوای بیرون بین ۸تا۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ در این ماه میانگین دمای داخلی را ۲۲ درجه سانتیگراد بالا می‌برد و این عدد در محدوده دمای آسایش اردبیل است. حالت دوم، پدیده گلخانه دما را تا ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را تا ۲۷ درجه سانتیگراد بالا برده و از محدوده آسایش خارج هستند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۳ درجه سانتیگراد، نسبت به حالات قبلی نزدیک‌تر به محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان می‌باشد که دمای محیط داخلی را ۲۲ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد. در اردیبهشت ماه(ماه می) میانگین دمای هوای بیرون ۱۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، دیوار ترومپ دمای داخلی را ۲۳ درجه سانتیگراد بالا می‌برد و نزدیک به محدوده دمای آسایش اردبیل است. حالت دوم، پدیده گلخانه دما را تا ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را تا ۲۷ درجه سانتیگراد بالا برده و از محدوده آسایش خارج هستند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره می‌باشد که بر اساس ارقام حاصل از تحلیل‌ها با دمای محیط داخلی ۲۳ درجه سانتیگراد نزدیک به محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان می‌باشد که دمای محیط داخلی را ۲۲ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد. در خرداد ماه (ماه ژوئن) میانگین دمای هوای بیرونی بین ۱۵تا۱۷ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، دیوار ترومپ دمای داخلی را تا ۲۴درجه سانتیگراد بالا برده و حالت دوم، پدیده گلخانه دما را تا ۲۸ درجه سانتیگراد افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را تا ۳۰ درجه سانتیگراد بالا برده و خارج از منطقه آسایش می‌باشند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۴ درجه سانتیگراد خارج از محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان می‌باشد که دمای محیط داخلی را ۲۲ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و کاملاً در محدوده آسایش است. در تیر ماه (ماه جولای) میانگین دمای هوای بیرونی ۱۵تا۱۷ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ دمای داخلی را تا ۲۵ درجه سانتیگراد و حالت دوم، پدیده گلخانه میانگین دما را تا ۲۸ درجه سانتیگراد در محیط داخلی بالا برده‌اند و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه با دمای داخلی ۳۰ درجه سانتیگراد، غیرقابل قبول هستند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۵ درجه سانتیگراد خارج از محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان (نمودار سبز رنگ) می‌باشد که با دمای محیط داخلی ۲۳ درجه سانتیگراد نزدیک به محدوده آسایش می‌باشد. در مرداد ماه (ماه آگوست) دمای هوای بیرون با میانگین ۱۸تا۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. در این ماه، طبق نمودار، حالت اول، دیوار ترومپ با دمای داخلی ۲۳ درجه سانتیگراد نزدیک به محدوده منطقه آسایش است. حالت دوم، پدیده گلخانه میانگین دما را تا ۲۸ درجه سانتیگراد در محیط داخلی افزایش داده و خارج از منطقه آسایش است. حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه با دمای داخلی ۳۰ درجه سانتیگراد و حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۵ درجه سانتیگراد، خارج از محدوده آسایش می‌باشند. حالت پنجم، ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان دمای محیط داخلی را ۲۲ تا ۲۳ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و بهینه است. در شهریور ماه (ماه سپتامبر) دمای محیط خارجی بین ۱۴ تا ۱۶درجه سانتیگراد می‌باشد. حالت اول، دیوار ترومپ در این ماه با دمای داخلی ۲۳درجه سانتیگراد نزدیک به محدوده منطقه آسایش است. حالت دوم، پدیده گلخانه میانگین دما را ۲۷ درجه سانتیگراد در محیط داخلی افزایش داده و حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و گلخانه دمای داخلی را تا ۲۹ درجه سانتیگراد افزایش داده و قابل قبول نمی‌باشند. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ و پنجره با دمای محیط داخلی ۲۶ درجه سانتیگراد خارج از محدوده آسایش می‌باشد. حالت پنجم، ترکیب دیوارترومپ با پنجره و سایه‌بان دمای محیط داخلی را ۲۲ تا ۲۳ درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و چون در محدوده منطقه آسایش است قابل قبول می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

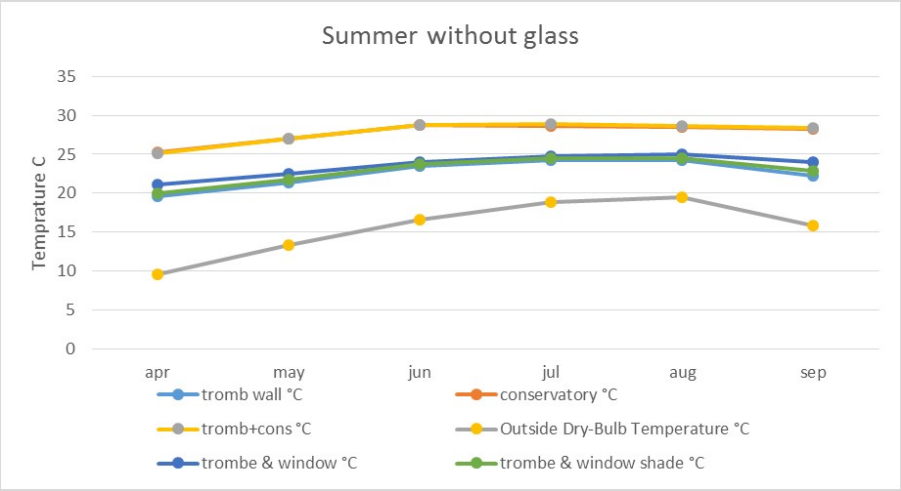

Fig. 7 Access to solar energy (in terms of temperature) for all examined types in the six hot months of the year (Trombe wall without glasses), Software: Design builder

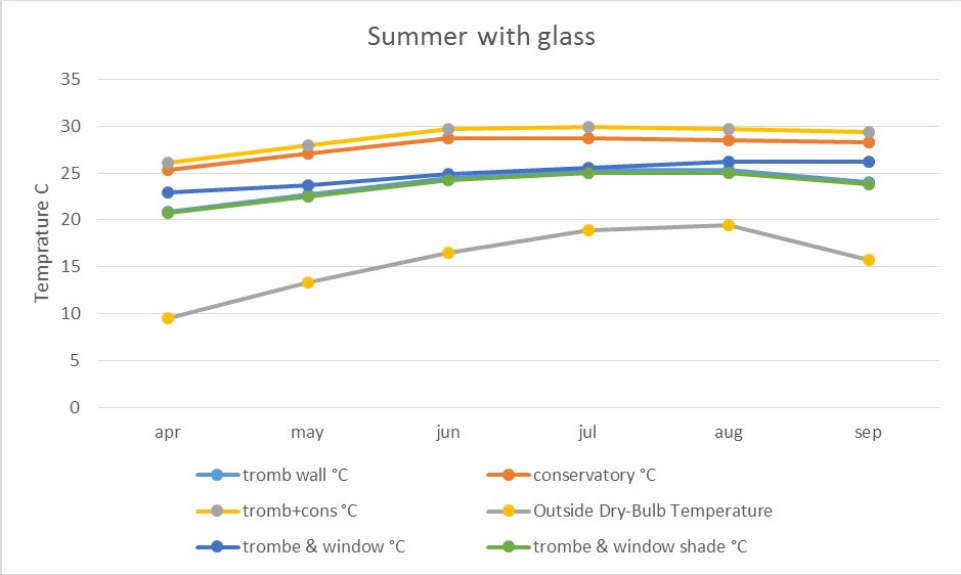

Fig. 8 Access to solar energy (in terms of temperature) for all examined types in the six hot months of the year (Trombe wall with glasses), Software: Design builder

Table 2: Examine the five models through summer and winter

System type	Average temperature in cold months of the year (October to March centigrade)	Score the highest increase in winter temperatures	Average temperature in warm months of the year (April-September)	Score the highest temperature drop in summer	Daylight ratings	Collect points
1- Trombe wall	22.54	7.5	21.75	8.25	2	17.75
2- Conservatory	22.75	2.25	23.20	6.8	10	19.05
3- Tromb wall+conservatory	27.78	2.22	25.92	4.08	9	15.30
4- Tromb wall+window	23.56	6.44	22.15	7.85	8	22.29
5- Tromb wall with window and shading	22.84	7.15	20.67	9.33	9	25.83

www.SID.ir

Arc SID

با توجّه بـه مطالعـات بررسـی شـده مـی‌تـوان دریافـت بسیاری از پژوهشگران به عملکرد پدیده‌های اقلیمی ایستا از جمله دیوار ترومپ، پدیده گلخانـه و... بـه صـورت جداگانـه پرداخته اند. جنبه نوآوری جسـتار حاضـر، ارزیـابی عملکـرد سیستم‌های ایستای انرژی دیوار ترومپ و پدیـده گلخانـه‌ای بر میزان مصرف انـرژی سـاختمان در اقلـیم سـرد بصـورت ترکیبی و مقایسه حالات متفاوت سیستم‌ها باهم می‌باشد که براساس نتایج حاصل، بهینه‌ترین پدیده اقلیمی ایسـتا بـرای شهر اردبیل با اقلیم سرد، دیوار ترومپ بـه همـراه پنجـره و سایه‌بان می‌باشد.

۴-۲- نور روز

از جهت نور روز و روشنایی، دیوار ترومپ (نمودار۴) مانع از ورود نور از سـمت جنـوب مـی‌شـود و از ایـن رو نـور روز کاهش می‌یابد امّا چهـار نمـودار دیگـر فضـای داخلـی را از جهت نور و روشنایی در منطقه آسایش قرار می‌دهند. میزان دستیابی به نور روز پدیده گلخانه و ترکیب پدیده گلخانه بـا دیوار ترومپ (نمودار ۵ و ۶)، بهینه می‌باشند و نور بیشـتری دریافت می‌کنند اما ترکیب دیوار ترومپ با پنجره و سایه بان (نمودار ۸) نیز نور روز مورد نیـاز را فـراهم مـی‌کنـد و اکثـر نقاط فضـای داخـل را بـین ۵۰۰ تـا ۱۰۰۰ لـوکس روشـن می‌کند و قابل قبول است.

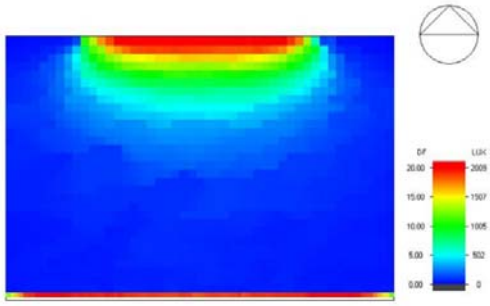

Fig. 9 Trombe wall

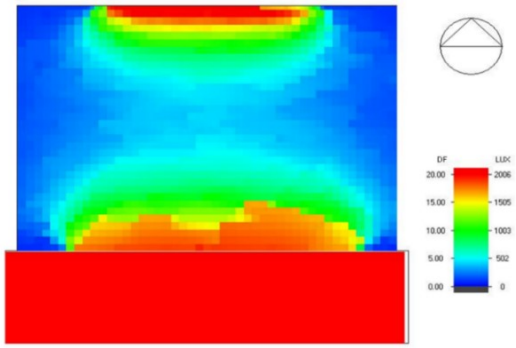

Fig. 10 Conservatory

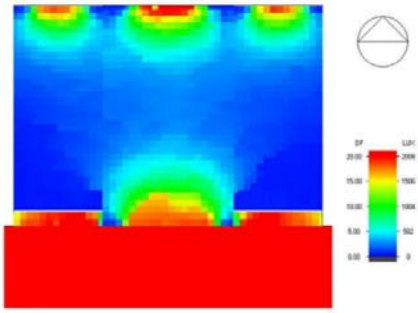

Fig. 11 Trombe wall with Conservatory

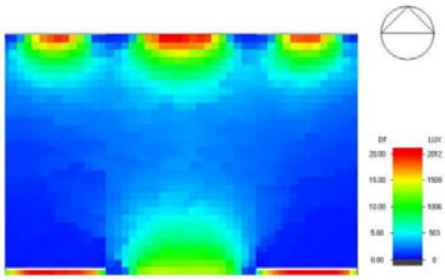

Fig. 12 Trombe wall with window

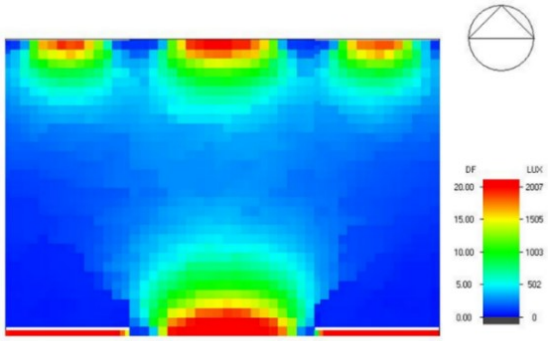

Fig. 13 Trombe wall with window and Shading

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد سیستم‌های ایستای انرژی (دیوار ترومپ و پدیده گلخانه‌ای) برای دستیابی به بهینه‌ترین حالت ممکن از بین ترکیب انواع مختلف سیستم‌های ایستای پدیده گلخانه و دیوار ترومپ و پنجره و سایه‌بان، پنج حالت بررسی شد و با بررسی و مقایسه حالت‌ها مطابق با جدول شماره ۲ برای سیستم‌ها براساس آمار و ارقام از ۲ تا ۱۰ امتیازدهی شده است و نتایج ذیل حاصل گردید. همانطور که در جدول امتیازدهی مشاهده می‌شود دیوار ترومپ با میانگین دمای ۲۲/۵۴ در زمستان و ۲۱/۷۵ در تابستان و کمترین امتیاز از لحاظ دریافت نور روز، دارای امتیاز ۱۷/۷۵ می‌باشد. پدیده گلخانه با میانگین دمای ۲۷/۷۵ در زمستان و ۲۳/۲۰ در تابستان و بیشترین امتیاز از لحاظ دریافت نور، دارای امتیاز ۱۹/۰۵ می‌باشد. حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه با میانگین دمای ۲۷/۷۸ درجه در زمستان و ۲۵/۹۲ درجه در تابستان و نور روز مناسب دارای امتیاز ۱۵/۳۰ می‌باشد. حالت چهارم، ترکیب دیوار ترومپ با پنجره، با میانگین دمای ۲۳/۵۶ درجه در زمستان و ۲۲/۱۵ درجه در تابستان و نور روز قابل قبول دارای امتیاز ۲۲/۲۹ می‌باشد. حالت پنجم، دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان، با میانگین دمای ۲۲/۸۴ درجه در زمستان و ۲۰/۶۷ درجه در تابستان و نور روز قابل قبول دارای امتیاز ۲۵/۸۳ و بیشترین امتیاز می‌باشد و از بین پنج حالت مورد بررسی، به عنوان بهینه‌ترین حالت انتخاب شده است. این حالت از نظر استفاده به عنوان سیستم ایستای ساختمانی، نسبت به سایر سیستم‌ها مناسب‌تر است و رفتار بهتری را در زمستان به عنوان سیستم جذب غیرمستقیم و در تابستان با کنترل نفوذ نور و به تبع آن حفظ شرایط آسایش دارد.

با مقایسه میانگین دمای هوا در هر حالت در دو دوره گرم و سرد سال (شش ماه اول و شش ماه دوم سال) در نمودارها و امتیازدهی به ارقام حاصل، حالت بهینه حاصل شد و نتایج زیر حاصل گردید:

۱- در زمستان در ماه‌های سرد سال (دی و بهمن ماه) با کاهش شدید دمای هوای بیرون، نیاز به گرمایش داخلی به بیشترین میزان خود می‌رسد. حالت‌های سوم و چهارم و پنجم بیشترین جذب انرژی و بیشترین افزایش دمای داخل را به همراه دارند. امّا حالت سوم، ترکیب دیوار ترومپ با پدیده گلخانه در ماه‌های دیگر از جمله مهر و آبان دمای هوای داخلی را بیش از حد (تا ۳۵ درجه سانتیگراد) بالا برده، حالت چهارم، دیوار ترومپ با پنجره نیز دما را تا ۳۰ درجه سانتیگراد بالا برده و دما را از محدوده آسایش خارج می‌کنند. امّا دما در حالت پنجم، دیوار ترومپ با پنجره و سایه‌بان، به دلیل داشتن سایه‌بان در ماه‌های مذکور بین ۱۸تا ۲۲ درجه سانتیگراد و در محدوده آسایش می‌باشد.

۲- در تابستان در ماه‌های گرم سال (تیر و مرداد) با افزایش دمای محیط بیرون، نیاز به سرمایش محیط داخلی بیشتر می‌شود. پدیده گلخانه(حالت دوم) و ترکیب دیوار ترومپ و پدیده گلخانه (حالت سوم) دمای محیط داخل را بیش از حد بالا برده و دما را از محدوده آسایش خارج می‌کنند. امّا در حالت چهارم و پنجم دما در محدوده آسایش می‌باشد.

۳- از جهت نور روز تنها حالت اول (دیوار ترومپ) مناسب کنند ولی حالت پنجم (دیوارترومپ به همراه پنجره و سایه‌بان) به دلیل داشتن امتیاز بیشتر و همچنین نور روز مناسب آسایش انسان، حالت بهینه می‌باشد.

با توجّه به جستار حاضر می‌توان دریافت که با تعبیه دیوار ترومپ و سایه‌بان همراه با پنجره‌های مناسب در جداره جنوبی ساختمان در اقلیم سرد شهر اردبیل، می‌توان به دمای مورد نیاز در تمام ماه‌های سال (دمای محدوده آسایش ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتیگراد) دست یافت و نور روز مناسب را دریافت کرد و در کنار این آسایش محیطی، با کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در راستای دستیابی به پایداری زیست‌محیطی و همچنین کاهش هزینه‌ها قدم برداشت.

فهرست منابع:

- Ana Briga Sa, José Boaventura-Cunha, João-Carlos Lanzinha, Anabela Paiva (2017). An experimental analysis of the Trombe wall temperature fluctuations for high range climate conditions: Influence of ventilation openings and shading devices , Energy and Buildings, Vol. 138, 546–558
- Aurora Monge-Barrio, Ana Sanchez Ostiz (2015). Energy efficiency and thermal behaviour of attached sunspaces, in the residential architecture in Spain. Summer Conditions, Energy and Buildings 108.
- Barrio-Amorós, Chacón-Ortiz, and F. J. M. Rojas- Runjaic (2015). First report of the salamanders Bolitoglossa leandrae and B. tamaense (Urodela, Plethodontidae) for Venezuela. Amphibian and Reptile Conservation.
- Başak Kundakci Koyunbaba, Zerrin Yilmaz (2013). The performance comparison of fan-assisted Trombe wall system, The performance comparison of fan-assisted Trombe wall system, volume 10, 198-211.

www.SID.ir

Arc SID

- Castelli , Trujillo, Vanneschi, L. , Popovič, A. (2015). Prediction of energy performance of residential buildings: A genetic programming approach. Energy and Buildings, 67-74.
- Concessa, Concessao (2011). Environmental concerns for sustainable development. Environmental Science.
- Damon Turney, Vasilis Fthenakis (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 3261–3270
- Dragicevicm, Lambic (2011). Influence of constructive and operating parameters on a modified Trombe wall efficiency, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Volume 11, 825–838
- Irshad, K., Habib, Thirumalaiswamy, N. (2015). Performance evaluation of PV-Trombe wall for sustainable building. 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing
- Kashif Irshad, Khairul Habib, Nagarajan Thirumalaiswamy (2015). Performance evaluation of PV-Trombe wall for sustainable building development, 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing,12th, Procedia CIRP 26, 624 – 629
- L Barniye Agyarko, Enayati, Nader, Mansoori, Ali (2016). Energy sources, Utilization, Legislation, Sustainability, Illinois As Model state
- Nuno Simoes, Ines Simoes, Mario Manaia (2015). Study of Solar And Trombe Walls In A Mediterranean Climate, Installed In Residential Buildings, Congresso de Metodos Numéricos em Engenharia, Lisboa, 29 de Junho a 2 de Julho,1-16
- Piyush Sharma, Sakshi Gupta (2016). Passive Solar Technique Using Trombe Wall - A Sustainable Approach, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 77-82
- Shixin Cui, Moon Keun Kim (2016). A feasibility study of Trombe wall design in the cold region of China, International Conference on Indoor Air Quality Ventilation & Energy Conservation In Buildings, IAQVEC 2016, 9th,1-78
- Shuangping Duan, Chengjun Jingb, Zhiqiang Zhao (2016). Energy and exergy analysis of different Trombe walls, Volume 126, 517–523
- Torcellini, P., Pless, S. (2004). Trombe Walls in Low-Energy
- Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Zhongting Hu, Wei He, Jei Ji, Shengyao Zhang (2017). A review of application of trombe wall system on buildings, a review of application of trombe wall system on buildings, Volume 70, 976–987
- Zohdi, Soghra, mohammadi sani, Ali (2015). Trombe Wall and Its Application for Disinfection of Indoor Air, Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, ISSN: 2090-4274,186-190

- آذربایجانی، مونا (۱۳۸۲). مفهوم معماری پایدار، مجموعه مقالات همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان؛ جلد۱.
- آیت اللهی، محمدحسین (۱۳۸۵). ارزیابی پنج ساله خانه خورشیدی. صفه شماره ۴۳.
- شهبازی رز، محمد (۱۳۹۲). واکاوی جایگاه سامانه‌های غیرفعال در معماری پایدار، همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری.
- صفرعلیپور، یلدا؛ شاهگلی، احمد (۱۳۹۲). مزیت ترکیب سیستم گلخانه خورشیدی و دیوارترومپ در طراحی اقلیمی مسکن امروز اصفهان، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۸۲). اقلیم و معماری، ویراسته‌ی محمد احمدی‌نژاد، نشرخاک.
- کیافر، طاهر (۱۳۹۰). طراحی ساختمان پایدار با سیستم دیوار آبی خورشیدی، دومین همایش معماری پایدار.
- لکنر، نربرت (۱۳۸۵). گرمایش، سرمایش، روشنایی: رویکردهای طراحی برای معماران، ترجمه: محمدعلی کی‌نژاد و رحمان آذری، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- مداح، معصومه‌سادات؛ ترکجزی، میلاد (۱۳۹۱). معماری پایدار و شیوه‌های مؤثر در طراحی معماری پایدار، اولین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک.
- مور (۱۳۸۲). سیستم‌های کنترل محیط زیست (تنظیم شرایط محیطی در ساختمان)، ترجمه: رحمان آذری، ویراستار: سیدمجید مفیدی‌شمیرانی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ۵۲۸.
- وکیلی‌نژاد، رزا؛ مهدیزاده سراج، فاطمه؛ مفیدی شمیرانی، سیدمجید (۱۳۹۲). اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران، نشریه علمی- پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۴۷-۱۵۹.

www.SID.ir

Archive of SID

Performance Evaluation of the Passive Energy System (Trombe Wall and Conservatory) in Cold Climate for Energy Saving

Mahsa Ghadiri Moghaddam[1], Vahid Vaziri[2] (Corresponding Author), Hanieh Sanayeayan[3] Hojjatollah Rashid Kolvir[4] (Corresponding Author)

[1]M.Sc. of Architecture, Department of Architecture Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (mahsa.qadiri@gmail.com)

[2]Assistant Professor, Department of Architecture Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (vaziri.vahid@gmail.com)

[3]Assistant Professor, School of Architecture & Environmental Design, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran (sanayeayan@iust.ac.ir)

[4]Assistant Professor, Department of Architecture Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (phd_rashid@yahoo.com)

Received	Revised	Accepted	Available Online
11/04/2017	02/08/2017	05/11/2017	24/05/2019

In the recent century, due to the reduced energy consumption and excessive use of non-renewable resources in the building sector, passive solar heating is one of the architectural design strategies for efficient energy use. Trombe wall and Greenhouse are the most important passive systems. This project, by conducting field-laboratory studies, evaluated the energy consumption in five different models from the combination of a Trombe wall a the Greenhouse with a chamber in the first and second six months of the year in the cold climate of Ardabil city. In this research, the idea is not to consume, but to use green energy and minimize energy consumption through the absorption of renewable energy in the building, in this regard; architectural design can play a very important role. This research is semi-experimental and uses a simulation research method. In order to achieve the goals of the project, the Design Builder software has been used to analyze the conditions. According to the studies, it is realized that with the installation of the Trombe wall with window and adding shading to the southern side of the building, the average temperature will be 20/67°C in the winter and 22/84°C in summer, and the comfort temperature will be 18-22°C in all months of the year. We can also receive a enough daylight during the day and we can achieve environmental sustainability and reduce costs apart from achieving comfort in the environment, and reducing non-renewable energies.

Key words:

Energy consumption, Static systems, Trombe wall, Greenhouse systems.

www.SID.ir