سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه (دیوار خورشیدی)

● مجتبی رضائیان باجگیران

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی مکانیک

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

چکیده

دیوار خورشیدی یک جمع کننده خورشیدی نفوذی می‌باشد که، یک جمع‌کننده غیر شیشه‌ای عمودی شامل یک جاذب فلزی سوراخ سوراخ می باشد که می‌تواند روی سطح خارجی ساختمان نصب شود، هوا بوسیله یک لایه ساکن و نازک هوا روی سطح جاذب گرم می شود و سپس از میان سوراخ هایی به قطر ۱/۳۲ اینچ و به فواصل ۱ سانتی‌متر از یکدیگر به داخل سیستم تهویه ساختمان مکش می‌شود. در یک روز آفتابی، جمع کننده می تواند دمای هوای ورودی را با یک راندمان بالای ٪۷۵ تا F ۵۰-۳۰ بالا ببرد. جمع کننده علاوه بر اینکه هوای ورودی سیستم تهویه را پیش گرم می‌کند می‌تواند از اتلافات حرارتی در بخشی از ساختمان که با جمع‌کننده پوشیده شده جلوگیری کند. در فصل سرما، هوای تهویه مستقیماً از بیرون از میان مجاری جانبی مکش می شود و هوای گرم شده در جمع‌کننده بدرون مجاری بالای جمع‌کننده هدایت می شود.

واژه‌های کلیدی:

دیوار خورشیدی، جمع کننده، هوای تهویه.

مقدمه

سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه که به وسیله‌ی مهندسان به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی ابداع گردید، سیستمی مطمئن برای گرمایش اولیه‌ی هوای تهویه در ساختمان‌ها است. این سیستم ابتدا برای مصارف مربوط به روکاری دیوارهای خارجی نصب شد(که رو به استوا دارند). (طاهری، ۱۳۸۲)

دیوار خورشیدی، سیستم های گرمایش خورشیدی روی بسیاری از برج های متوسط و بلند نصب شده‌اند. روکش فلزی برای گرم کردن هوای تهویه و همچنین محافظت دیوارهای بنا در برابر رطوبت عمل می کند. هوای گرم شده در بالای پانل های دیوار

خورشیدی جمع می شود و بسوی فن های بالای پشت بام که هوای ساختمان را تامین می‌کنند جریان پیدا می کند.

همه برج های بزرگ راهروها و کانال‌های تنظیم فشار شده‌ای جهت تنظیم فشار و امنیت برج دارند، هوای مورد نیاز این راهروها را نیز می توان به وسیله هوای گرم شده توسط دیوار خورشیدی تامین نمود. در تاسیسات ساختمان، میزان دیوار خورشیدی سیستم‌های خورشیدی بر طبق هوای مورد نیاز برای تهویه اندازه گیری می‌شوند. در برخی موارد به این معناست که فقط یک بخش از وجوه جنوبی دیوارهای ساختمان نیاز به پوشیده شدن بوسیله پوشش فلزی دیوار خورشیدی دارد. حتی ممکن است یک وجه جنوبی سوئیت روی پشت بام برای تامین انرژی مورد نیاز برای استفاده از انرژی خورشیدی برای گرم کردن هوا کافی باشد.

مکانیزم کاری دیوار خورشیدی

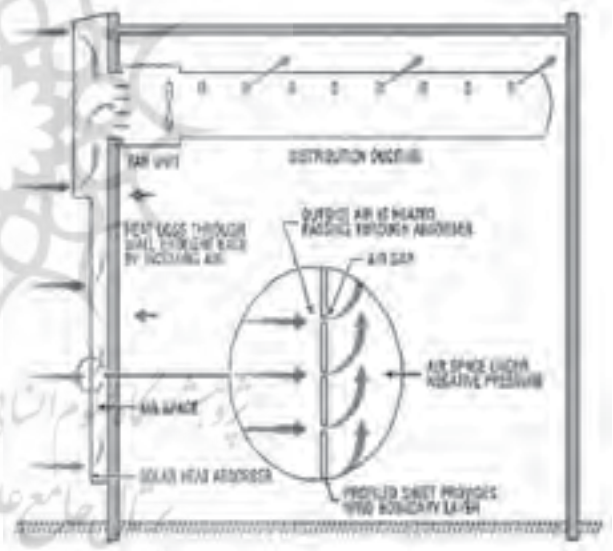
سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه بر اساس یک روکش فلزی (آلومینیوم یا فولاد) که روی دیوار جنوبی ساختمان نصب می‌شود کار می کند. این سیستم در یک حالت خیلی ساده انرژی خورشیدی را بطور فراگیر و اقتصادی برای گرم کردن ساختمان ها استفاده می کند. (شکل۱)

- پوشش فلزی تیره شده بوسیله تشعشع خورشید گرم می شود.
- فن های تهویه قرار گرفته شده در بالای دیوار یک فشار منفی در فضای بین پوشش فلزی و ساختمان ایجاد می کنند.
- هوای بیرون از طریق سوراخ های ریز روی دیوار خورشیدی مکش می شود و بوسیله پانل‌های فلزی گرم می شود.
- هوا در داخل فضای بین دیوار و ساختمان بسمت بالای دیوار جریان پیدا می کند.

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست : www.irsen.org

◆ هوای گرم شده ورودی به سمت نزدیکترین فن جریان پیدا می کند.

◆ هوای تازه و گرم شده در داخل ساختمان پخش می شود.

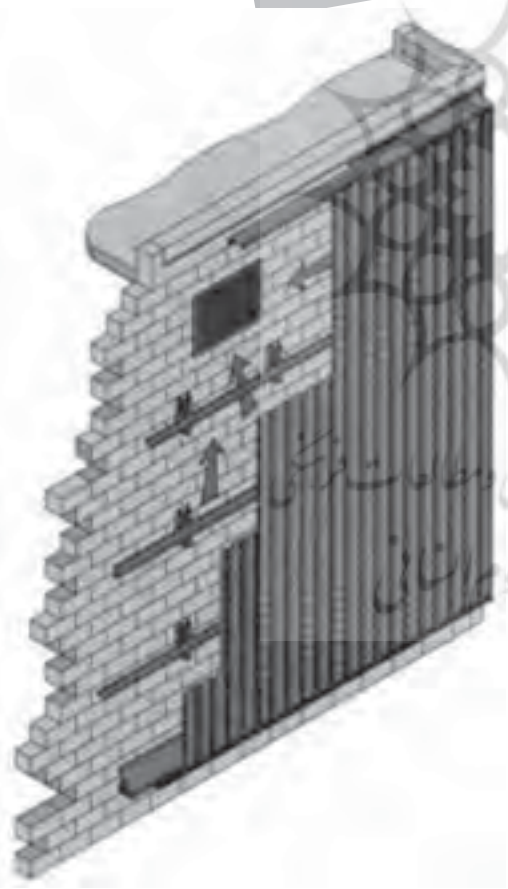


شکل ۱: سیکل کاری دیوار خورشیدی(w.solarwall)

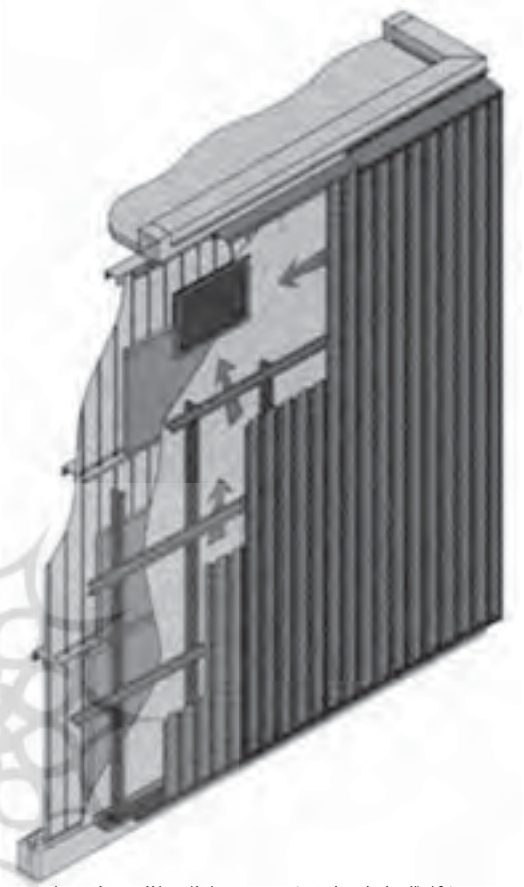
همچنین دیوار خورشیدی اتلافات حرارتی ساختمان را در زمستان کاهش می دهد. همه ساختمان ها گرما را به بیرون هدر می دهند اما روی دیوار جنوبی حرارت در فضای بین پانل های فلزی و ساختمان اسیر می شود و با هوای تازه گرم شده بوسیله دیوار خورشیدی مجدداً به ساختمان باز می گردد. حتی در شب دیوار خورشیدی اتلافات حرارتی ساختمان را کاهش می دهد. (w.solarwall)

دیوارهای خورشیدی برای ساختمان‌های جدید و بازسازی شده مناسب می‌باشد. در ساختمان‌های جدید دیوار خورشیدی با پوشش های فلزی متفاوتی قابل تعویض

می‌باشند. همچنین در رنگ های متفاوت و جذابی در دسترس هستند. (شکل۲و۳)



شکل ۲ـ ساختار دیوار خورشیدی روی دیوار آجری (w.solarwall)



شکل ۳ـ ساختار دیوار خورشیدی روی دیوار فلزی (w.solarwall)

عملکرد سیستم

عملکرد این سیستم بنابر نوع ساختمان طبقه بندی گردیده (مثلاً، صنعتی، تجاری، مسکونی) و برای ساختمان‌های جدید و نیز بازسازی شده به کار می‌رود. بیشتر ساختمان‌های تجاری، مسکونی چندواحدی و صنعتی نوعی سیستم جابه‌جایی هوا دارند. در بعضی از حالات(مانند، آپارتمان‌ها و مدارس)، این سیستم مختص تهویه است. در ساختمان‌های دیگر (مثلاً، اداری) سیستم جابه‌جایی هوا به گرمایش فضا، سرمایش آن و تهویه با استفاده از هوای تهویه (۱۰ الی ۲۰ درصد کل جریان) به کار می‌رود. در هر حالت سیستم دیوار خورشیدی به ورودی هوای خارج متصل گردیده و هوا از طریق لوله‌کشی‌های موجود توزیع می‌شود.

در ساختمان‌های صنعتی (مانند انبارها، تاسیسات صنایع و ...) که فاقد سیستم توزیع هوا هستند، اجزای داخلی سیستم دیوار خورشیدی شامل هواکش با سرعت ثابت، سیستم دریچه‌های چرخش مجدد هوا و لوله‌کشی توزیع است.

اندازه‌ی جمع کننده‌های سیستم دیوار خورشیدی به سرعت تهویه و سطح موجود دیوار بستگی دارد. اندازه‌ی این سیستم‌ها بستگی به این دارد که کارایی (راندمان) بالا انتخاب گردد یا افزایش دما. (w.SolarAirHeatingformunicipalbuildings)

کابردهای سیستم دیوار خورشیدی

دیوارهای خورشیدی به طور خیلی موثر در ساختمان های مسکونی صنعتی و انبارها استفاده می شوند. بلندترین جمع کننده خورشیدی جهان روی یک ساختمان تجاری ۲۴

طبقه در سال ۱۹۹۲ در کشور کانادا نصب گردیده است.(شکل ۴)

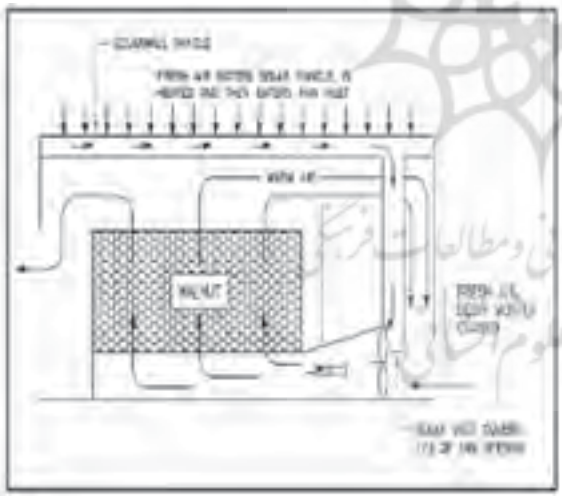
شکل ۴ـ بلندترین جمع کننده خورشیدی جهان(w.TorontoFacilities)

بزرگترین سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه در جهان به مساحت ۸۸۲۶ m۲ در ساختمان Canadair در کشور کانادا در سال ۱۹۹۶ مورد بهره برداری قرار گرفته است.(شکل ۵)

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست : www.irsen.org

شکل ۵ـ بزرگترین سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه جهان (w.TorontoFacilities)

شکل ۶ـ پانل های دیوار خورشیدی که روی پشت بام ساختمان خشک کن قرار گرفته اند (w.GPEKSconstruction)



شکل ۷ـ مکانیزم دیوار خورشیدی خشک کن (w.GPEKSconstruction)

آنها چندین کار زیر را انجام می دهند:

- گرمایش خورشیدی هوای تهویه
- کاهش اتلافات حرارتی دیوارها
- جلوگیری از طبقه بندی هوای گرم در سطح سقف
- بهبود کارائی کانال های احتراق و فن های خروج گاز

یکی دیگر از کاربردهای دیوارهای خورشیدی در سیستم‌های خشک کن محصولات کشاورزی می باشد. پانل‌های دیوار خورشیدی روی پشت بام ساختمان خشک کن قرار می گیرند یک کانال از پشت بام به فن خشک کن متصل می باشد جمع کننده های خورشیدی هوای بیرون را گرم می کنند. (شکل ۶و۷) (w.solarwall)

ذخیره انرژی در سیستم گرمایش خورشیدی هوای تهویه

سیستم دیوار خورشیدی به سه طریق انرژی گرمایشی فضا را می‌تواند ذخیره کند:

◆گرمایش هوای تهویه از طریق گرمایش فعال خورشیدی

◆کسب مجدد گرمای تلف شده از دیوار رو به استوا توسط هوای تهویه و چرخش مجدد آن به داخل ساختمان

◆از بین بردن لایه‌های دمایی هوای ساختمان در ساختمان‌های دارای سقف بلند، مثلاً انبارها یا تاسیسات صنعتی (w.solarwall)

مزایای سیستم دیوار خورشیدی

کاهش اتلافات حرارتی

دیوار خورشیدی از اتلافات حرارتی ساختمان در فصل زمستان می‌کاهد. همه‌ی ساختمان‌ها از طریق دیوارها و جداره‌ها مقداری گرما از دست می‌دهند. در دیوار رو به جنوب، گرمای هدر رفته در فضای خالی بین پانل فلزی و ساختمان، همراه با هوای ورودی جذب شده و مجدداً به داخل ساختمان منتقل می‌گردد. حتی به هنگام شب نیز دیوار خورشیدی از اتلافات حرارتی ساختمان می‌کاهد.

به کارگیری دیوار خورشیدی برای ساختمان‌های جدید و نیز در هنگام بازسازی ساختمان مناسب است. در ساختارهای جدید، دیوار خورشیدی جایگزین روکاری متداول دیوار می‌گردد و در رنگ‌های متنوعی که همگی به منظور افزایش بهره‌ی گرمایی خورشیدی تیره‌اند، موجود است.

سرمایش تابستانی

دیوار خورشیدی با جلوگیری از برخورد مستقیم تابش خورشیدی به دیوار جنوبی ساختمان، سرمایش تابستانی را تامین می‌کند. هوای گرم، بین دیوار خورشیدی و ساختمان بالا رفته و از میان سوراخ‌های روکاری به بیرون جریان می‌یابد. در نتیجه از میزان بار سرمایشی ساختمان کاسته شده و هوای تهویه‌ای تازه مستقیماً از طریق دریچه‌های فرعی هوا به داخل ساختمان کشیده می‌شود.

بهبود کیفیت هوای داخلی

با فراهم آوردن حجم کافی و مستمر هوای تازه‌ی بیرون، کیفیت هوای داخل بهبود می‌یابد. بنا به اظهار جامعه ی امریکایی مهندسان گرمایش، تبرید و تهویه‌ی مطبوع، بهترین روش پیش‌گیری از بیماری‌های ناشی از هوای نامطلوب داخلی، افزایش حجم هوای تازه‌ی ورودی به ساختمان‌است. با توجه به اینکه تاثیر منفی ورود کنترل نشده‌ی هوای خارج افزایش هزینه‌های گرمایشی است، سیستم‌های دیوار خورشیدی، با استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش اولیه‌ی هوای تهویه، این مشکل را برطرف می‌کنند.

توزیع بهتر هوا

سیستم دیوار خورشیدی حجم و نحوه‌ی توزیع هوای تازه‌ی ورودی به ساختمان را کنترل می‌کند. توانایی کنترل مؤثر جریان هوا مزایای متعددی دارد که از جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- هواکش‌های خروجی برای پاک‌سازی آلاینده‌های هوای داخل مؤثرتر کار می‌کنند.
- از سرعت بالای کوران‌های هوایی، از پنجره‌ها و درهای باز کاسته می‌شود.
- جریان‌های خطرناک رو به پایین هوا که با فرایند احتراق تداخل می کند، حذف می‌شوند.
- اختلاف فشار هوا در داخل ساختمان از بین می‌رود.

حفاظت در برابر رطوبت

پیش‌روی رطوبت از میان دیوارهای سنگی روکار ساختمان باعث فروریختن آجرها می‌شود. با نصب دیوار خورشیدی می‌توان دیوارهای نمای ساختمان را از باران و رطوبت محفوظ نگه داشت. دیوار خورشیدی با بهره‌گیری از انرژی رایگان خورشیدی باعث صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی و در نتیجه پایین آوردن هزینه‌های سوخت می‌شود و به این ترتیب می‌تواند هزینه‌های نصب آن را جبران کند.

سایر جنبه های فنی و اقتصادی

- کارایی این سیستم به ٪۷۵ می‌رسد.
- در یک روز آفتابی، دیوار خورشیدی می‌تواند دمای هوا را به میزان ۱۶ الی ۴۰ درجه ی سانتی‌گراد، بسته به آهنگ جریان، افزایش دهد.
- هزینه‌ی نصب دیوار خورشیدی در ساختمان‌های جدید عموماً از دیوار آجری یاختی دیوار باروکاری فلزی کمتر است.
- حتی در روزهای ابری، دیوار خورشیدی می‌تواند به صورت سیستم گرمایش اولیه‌ی هوا به نحو چشمگیری در مصرف انرژی صرفه جویی کند.
- به طور معمول با نصب دیوار خورشیدی $۵۰۰-۷۰۰ kWh/m^۲$ انرژی تولید می‌شود.
- طی فصل گرما، به میزان ۱۰ الی $۶۰m^۲$، سطح دیوار در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود.
- سود اقتصادی حاصل از نصب سیستم دیوار خورشیدی، بنا به تجربه‌ی نصب آن در مرکز پخش فدرال اکسپرس در کلرادو، سالانه ۱۲۰۰۰ دلار است و از انتشار ۱۱۵۰۰۰ کیلوگرم دی اکسید کربن در اتمسفر جلوگیری می‌شود.
- زمان بازگشت سرمایه برای اغلب این سیستم‌ها ۱ الی ۶ سال (نوساز: ۳-۱ سال و بازسازی: ۶-۳ سال) می‌باشد. (طاهری، ۱۳۸۲)

تحلیل سیستم در ابعاد ذخیره و تامین انرژی، اقتصادی و زیست محیطی

نصب دیوار خورشیدی در ساختمان Canadair در اکتبر ۱۹۹۶ پایان یافت. این سیستم مساحت $۸.۸۲۶m^۲$ از دیوار های ساختمان را پوشانده است همچنین در ۲۴ ساعت شبانه روز کار می کند، تقریباً نیمی از سیستم در یک جریان هوای ثابت کار

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست : www.irsen.org

می‌کند و بقیه آن با یک نرخ متغیر عمل می کند.همه پارامترها از قبیل دمای ورودی هوا، دما برای باز کردن مجاری جانبی تابستانی، دماها برای روشن کردن فن های تخلیه و کنترل دستی سیستم می توانند بوسیله یک کامپیوتر مرکزی کنترل شوند، علاوه بر این، کامپیوتر شامل یک برنامه می باشد که زمان واقعی عمل کردن مشخصه‌های سیستم را تعیین می کند.هوای تهویه مورد نیاز ساختمان $۱۰۷۰۰۰۰ m^۳/h$ می‌باشد که بوسیله ۲۹ فن تغذیه که به طور شبکه ای کار می‌کنند تامین می شود. جریان هوای واقعی در فصل گرما $۱۱۴۹۲۸۰ m^۳/h$ اندازه‌گیری شده است. نتایج بدست آمده در سال ۱۹۹۶/۹۷ نشان داد که دیوار خورشیدی ساختمان Canadair با یک میانگین راندمان ٪۶۳، $۱/۲۱ GJ/m^۲$ انرژی را از انرژی خورشیدی در سال تامین می کند.علاوه بر این نتایج به دست آمده نشا ن می دهد که سیستم دیوار خورشیدی $۱/۴۲ GJ/m^۲$ در سال انرژی ذخیره می کند بنا بر این سیستم دیوارخورشیدی مجموعاً $۲.۶۳ GJ/m^۲$ در سال در ذخیره و تامین انرژی کمک می‌کند.(بر اساس هشت ماه فصل گرما)

دیدگاه ذخیره و تامین انرژی سیستم

در یک سیستم کامل و یکپارچه دیوار خورشیدی $۲.۶۳ GJ/m^۲/yr$ و یا مجموعا $۲۳۰۰۰ GJ$ در سال به ما انرژی تحویل می دهد. البته با هزینه سوخت $۰/۲۵ / m^۳$ دلار کانادا مقدار ذخیره سوخت سالیانه برابر ۱۵۳۵۰۰ دلار کانادا می باشد از طرفی مقدار مصرف برق فن های سانتریفوژ نسبت به واحد هواساز مشابه خود کمتر می‌باشد. سیستم فن‌های موجود در تمام سال بدون توقف کار می‌کنند شرایط مصرف مورد نیاز آن‌ها $۳۷۶ KW$ می باشد بر اساس هزینه برق $۰/۰۶۲ KWh$ دلار کانادا، مجموع هزینه عملکرد فن‌ها ۲۰۴۰۰۰ دلار کانادا در سال می باشد. مقدار کل توان مصرفی یک سیستم حدودا $۴۰۰ KW$ می‌باشد و هزینه آن ۲۱۸۰۰۰ دلار کانادا می باشد، بنابراین مجموع ذخیره انرژی سالیانه ۱۶۷۰۰۰ دلار کانادا می گردد که در یک زمان برگشت سرمایه ۱/۷ سال دوباره می گردد.

دیدگاه اقتصادی سیستم

هزینه کلی دیوار خورشیدی نصب شده شامل کارگر و همه لوازم و وسایل لازم ۲۲۷۵۰۰۰ دلار کانادا می باشد، از طرفی مقدار هزینه لازم برای یک دیوار جدید، عایق بندی و واحدهای تهویه هوا که شامل هزینه های تناوبی متناسب با سیستم می باشد برابر با ۲۲۹۰۰۰۰ دلار کانادا می گردد، بنابراین هزینه نهائی سیستم دیوار خورشیدی ۲۸۵۰۰۰ دلار کانادا می شود. بنابراین هزینه هر مترمربع از سیستم دیوار خورشیدی در این ساختمان برابر ۳۲ دلار کانادا می‌باشد. البته این محاسبات مربوط به کشور کانادا می باشد که مسلما برای کشور ما ایران هزینه ساخت و نصب دیوار خورشیدی بسیار پائین تر از این مقدار می باشد.

دیدگاه زیست محیطی

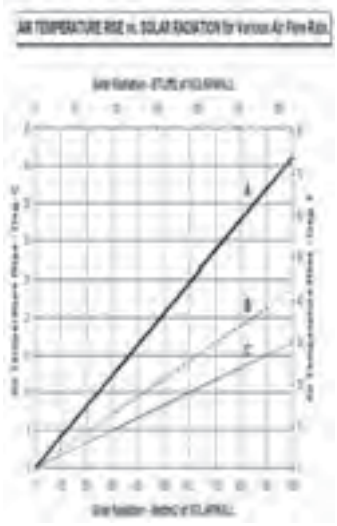
دیوار خورشیدی از انتشار سالیانه ۵۵ تن گازهای گل خانه‌ای جلوگیری می کند. که معادل $۱۵۵ m^۲/kg$ در یک سیستم دیوار خورشیدی می باشد. (w.CADDET)

شرایط طراحی

سیستم‌های دیوار خورشیدی می توانند هوای گرم شده برای تهویه را با نرخی بین $۳ cfm/ft^۲$ تا $۷-۸ cfm/ft^۲$ در ماکزیمم راندمان خود تامین کنند. برای مثال یک دیوار $۲۵۰۰ ft^۲$ به ابعاد $۲۵ ft \times ۱۰۰$ می تواند بین $۷۵۰۰ cfm$ تا $۲۲۵۰۰ cfm$ هوای گرم شده فراهم کند. با یک تحلیل بین افزایش دما و دبی هوای ورودی داریم، در نرخ دبی هوای ورودی پائین دمای هوا افزایش می یابد اما حجم هوای ورودی کاهش می یابد و بالعکس.

شکل ۸، نمودار افزایش دمای هوا بر حسب میزان تابش خورشید به ازای دبی‌های متفاوت را نشان می دهد.

(w.FocusOnEnergy)



شکل ۸ـ دمای هوا برحسب تابش خورشید(w.solarwall)

مراجع

۱.طاهری . ترانه."بررسی امکان بکارگیری انرژی خورشیدی در مناطق شهری"۱۳۸۳.

2.www.solarwall.com
3.www.SolarAirHeatingformunicipalbuildings.com
4.www.google.com
5.www.EmergingTechnologiesandPractices.com
6.www.CADDET.com
7.www.TorontoFacilities.com
8.www.CombustionSuccessStory.com
9.www.GPEKSconstruction.com
10.www.FocusOnEnergy.com
11.www.eere.energy.gov/invention