

مقایسه عملکرد مجموعه مجهر به تمهیدات فعال و غیر فعال خورشیدی

شاھین حیدری^۱، شهلا غفاری جباری^{۲*}و*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۵/۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱۰

کلمات کلیدی:

اقلیم سرد، تکنیک غیر فعال،
تکنیک فعال، بار گرمایی،
انرژی گرمایی، محاسبات
گرمایشی ایستا

هدف از ارائه این مقاله بررسی عملکرد سیستمهای خورشیدی فعال در ساختمان می باشد. دلیل انتخاب این موضوع، در طی مطالعه سه ساله، به دنبال نبود تشکلی منسجم که معرف معماری همساز با اقلیم باشد، حاصل شد. پرسش اصلی مقاله این است که مجموعه طراحی شده، چقدر جوابگوی نیاز حرارتی استفاده کنندگانش است و اگر این بناها تنها با انکا به شرایط اقلیمی منطقه طراحی شود، در مقایسه با مجموعه مجهر به سیستم های خورشیدی، چقدر بر کاهش مصرف انرژی اثر می گذارد. برای پاسخگویی به این موضوع، در ابتدا مجموعه ای بدون سیستم خورشیدی در نظر گرفته شد و محاسبات بار گرمایی آن انجام گرفت. سپس سیستمهای خورشیدی به طرح اضافه گردید و میزان تاثیر سیستم های خورشیدی در بهبود شرایط حرارتی به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که میزان گرمایش مورد نیاز در این مجموعه با استفاده از سیستم های خورشیدی در حدود ۶۵٪ کاهش می یابد.

(۱) استادیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران
(۲) کارشناس ارشد معماری- انرژی، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران
E-mail:shahla.ghafari@yahoo.com *

مقدمه

در گذشته، معمار یک ساختمان، بر همه جوانب طراحی و اجرا بنا، شامل پلان و سازه و گرمایش و سرمایش و ... تسلط کامل داشت. اما امروزه با تخصصی شدن رشته های مهندسی و ابعاد گسترده آن، مهندسان قادر به آشنایی کامل با تخصصهای دیگر نیستند. این امر باعث ایجاد ناهماهنگی بین مهندسان ساختمان شده است. در بسیاری از کتابها و مقاله های چاپ شده نیز، کمتر این هماهنگی به چشم می خورد. با توجه به اینکه امروزه دست یابی به توسعه پایدار هدف بسیاری از کشورهای جهان است و این امر نیازمند ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در عملکرد همه مهندسان است تا بتوانیم ساختمانی پایدار داشته باشیم. در این مقاله سعی شده با نگاهی جدید به این موضوع، سعی به برقراری دوباره این ارتباط گردد و روشهای محاسباتی ساده و قابل درک برای معماران ارائه شود تا به تواند در کنار توجه به دیگر مسائل ساختمانی به مبحث تامین انرژی در ساختمان توجه کنند. از جمله راهکارهایی که به بهبود شرایط محیطی در کنار کاهش مصرف انرژی کمک می کند، سیستمهای خورشیدی است. اما اینکه استفاده از این سیستم ها تا چه میزان باعث بهبود عملکرد ساختمان می شود نیاز به بررسی بیشتر دارد. در این زمینه در کشورهای مختلف تحقیقاتی انجام شده است، از جمله می توان به مقاله "اندازه گیری عملکرد ۱۲ ساختمان با مصرف انرژی کم" تالیف دکتر تامسون و شولتز و پل اشاره کرد. این مقاله به طور اختصار میزان ذخیره انرژی در ساختمان های مجهر به سیستم های خورشیدی را نیز ارائه می دهد و مقایسه ای بین میزان مصرف انرژی و شرایط اقلیمی مناطق و روشهای ارزیابی عملکرد این سیستم ها می کند. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می دهد که با استفاده از سیستم های خورشیدی میزان مصرف بسیار کاهش می یابد البته این میزان بیشتر از میزان به دست آمده از محاسبات است. اما همچنان تا ۶۰٪ ذخیره انرژی در مقایسه با یک خانه معمولی به دست می آید [۱۲].

در مقاله تحقیقی دیگری با نام "تأثیر طراحی معماری بر میزان مصرف انرژی ساختمان در اقلیم سرد (تبریز)" تالیف دکتر فرشید نصراللهی در دانشگاه برلن، پژوهشی مشابه با موضوع این مقاله انجام شده است. در این مقاله با استفاده از نرم افزار "دیزان بیلدر" تأثیر طراحی مناسب با اقلیم بررسی شده است [۱۱].

روش تحقیق

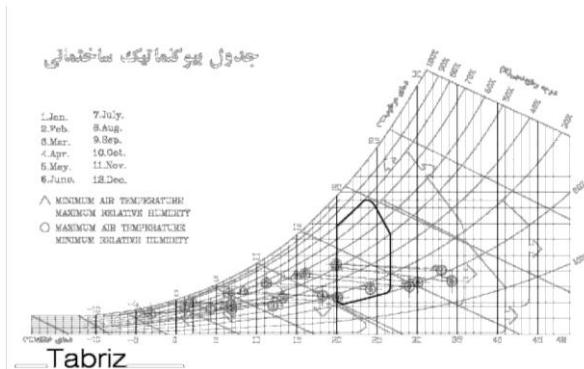
روش تحقیق با توجه به روش ارائه شده توسط وزارت انرژی ایالات متحده (DOE) در ۱۹۷۹ برای بررسی پتانسیل ساختمان های کارآمد از لحاظ انرژی انتخاب شده است. هدف از این برنامه، ساختن پیکره ای از اطلاعات عملی در زمینه طراحی، اجرا و عملکرد ساختمان های کارآمد از لحاظ انرژی و بررسی پتانسیل های فن آوری های خورشیدی ایستا بود [۹].

روش تحقیق به این صورت است که در مرحله اول یک ساختمان غیر خورشیدی به عنوان نمونه مطالعاتی با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اقلیمی طراحی گردید. در انتخاب سایت مجموعه، با توجه به اقلیم های متنوع کشور ایران، سعی شد اقلیمی که دارای شرایط حرارتی بحرانی است انتخاب گردد. اقلیم سرد با توجه به اینکه فصل تابستان بسیار کوتاه دارد و در اکثر اوقات دمای محیط در زیر محدوده آسایش قرار است، دارای شرایط بحرانی است. از این رو در این مقاله میدان مطالعاتی، اقلیم سرد و خشک انتخاب شده است. در مرحله دوم، انرژی لازم در ساختمان برای گرمایش و سرمایش (با در نظر گرفتن بارهای داخلی سکونت در ساختمان) محاسبه گردید. سپس برای این طرح، روش های خورشیدی ایستا برای گرمایش سرمایش و روشنایی ساختمان پیشنهاد گردید و عملکرد حرارتی طرح مجهر به سیستم های خورشیدی، با استفاده از شیوه محاسباتی LCR (نسبت بار به جمع کننده) محاسبه گردید و در انتهای مقایسه ای انجام شد بین عملکرد حرارتی این دو طرح و نتایج به صورت گرافها و جداول ارائه گردیده است [۷]. البته باید توجه داشت که این روش محاسباتی قابل اجرا برای اقلیم های مختلف می باشد و می توان با دادن داده های هر منطقه به فرمولهای محاسباتی، نتایج را برای آن مناطق نیز به دست آورد. اما با توجه به اینکه هر اقلیمی، طراحی خاص خود را

می طلبید و طرح داده شده باید مطابق با شرایط آب و هوا بیان منطقه باشد. در این مقاله، مجال طراحی برای اقلیمهای متنوع ایران نیست. بطور مثال، اقلیم گرم و مرطوب نیاز به تهویه بیشتر دارد اما در اقلیم سرد، این موضوع اهمیت کمتری دارد و طراحی در این دو اقلیم متفاوت می‌باشد. بنابراین در اینجا یک اقلیم انتخاب و طراحی اولیه برای آن اقلیم انجام می‌گردد.

شناخت سایت و امکانات طرح

اولین مرحله در شروع طراحی، شناخت سایت و پتانسیل‌های موجود منطقه‌ای است. تهیه نمودارهای خورشیدی و جدول بیوکلماتیک و محدوده آسایش اولین قدم در شناخت محیط می‌باشد. به کمک این اطلاعات و با بررسی عوامل تاثیر گذار دیگر همانند، نحوه استقرار مناسب ساختمان، میزان تابش و سایه موجود در سایت، موقعیت پنجره و ... می‌توان اولین قدم‌ها را در راستای طراحی همساز با اقلیم برداشت. شکل (۱) نمودار بیوکلماتیک است و به کمک آن می‌توان استراتژی‌های سرمایش و گرمایش غیرفعال را متناسب با اقلیم ساختمان تشخیص داد. همانگونه که این شکل نشان می‌دهد، در اکثر ماه‌های سال، نیازمند تابش هستیم و به عکس در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در اکثر ساعت‌های روز وجود سایه ضروری است [۲۶].



شکل ۱: جدول بیوکلماتیک تبریز

با کمک این داده‌ها و راهکارهای طراحی اقلیمی، طرح اولیه آماده می‌گردد. از جمله این راهکارهای عبارتند از:

- استقرار طرح در راستای محور شرقی و غربی تا وسیع ترین جبهه به سمت جنوب باشد-۲- پوشاندن دیوارهای شمالی و بخشی از دیوارهای خارجی شرقی و غربی با خاک (استفاده از ظرفیت حرارتی خاک)-۳- استفاده از شیشه‌های دوجداره و سه‌جداره-۴- استفاده از آتریم و ایجاد شکستگی در سقف-۵- استفاده از شیشه‌های متحرک در پشت پنجره برای کنترل تابش خورشید-۶- پیش‌بینی نرده‌های مشبك در مقابل نماهای رو به باد برای جلوگیری از نفوذ برف به پنجره ها و ورودیها-۷- استفاده از درهای یکپارچه و عایق شده در نماهای رو به باد-۸- مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد و تیره رنگ در بخش‌های آفتابگیر فضاهای داخلی [۴۳].

شکل ۲ و ۳ سایت طراحی و مکات اتود طرح را نشان می‌دهد [۵]. بعد از این مراحل، برای محاسبه بار گرمایشی طرح، نوع مصالح مورد استفاده در مجموعه باید مشخص می‌شوند. این مصالح با توجه به میزان ظرفیت حرارتی مصالح، بومی بودن، زیبایی و میزان تأخیر زمانی انتخاب گردیدند [۶۰]. در جدول ۱ مصالح انتخاب شده، آمده است.

جدول ۱: مصالح و جداره‌های ساختمان

عناصر ساختمان	صالح انتخابی	U-value (w/m ² k)
دیوار خارجی شمالی و غربی و شرقی در تماس با خاک	ورمیکولیت+آجر تو خالی ۰.۴۶ فوت + ۰.۲۶ فوت عایق + آجر تو خالی	۰.۳
دیوار خارجی شرقی و غربی و شمالی در تماس با هوا	ورمیکولیت+آجر تو خالی ۰.۴۶ فوت + ۰.۱۳ فوت عایق + هوا ۰.۰۷۲ فوت + سرامیک Argeton	۰.۲
دیوار جنوبی	شیشه دوجداره ۰.۰۴ فوت + هوا ۰.۱۶ فوت + عایق ۰.۳۲ فوت + هوا ۰.۰۳ فوت + آجر ۰.۷۲ فوت	۰.۵
جدارهای شیشه‌ای	دو لایه شیشه ۰.۰۱۶ فوت + لایه آرگون ۰.۰۳ فوت	۱.۱
سقف	مزاییک سقف ۰.۱ فوت + ملات ۰.۱ فوت + عایق رطوبتی + ملات + عایق حرارتی ۰.۲۶ فوت + بتن ۰.۲۲ فوت + بتن سازه‌ای ۰.۶ فوت + هوا ۰.۰۴ فوت + پشم شیشه ۰.۰۴ فوت + رابیتس	۰.۲
کف در تماس با خاک	سرامیک ۰.۱ فوت + عایق حرارتی ۰.۲۶ فوت + عایق رطوبتی + بتن + مخلوط رودخانه‌ای	۰.۴۳

بار گرمایشی مورد نیاز برای ساختمان بدون سیستم خورشیدی

برای بدست آوردن میزان گرمایش مورد نیاز بدون تمہیدات خورشیدی در ابتدا باید میزان انتقال حرارت ساختمان محاسبه گردد. به کمک مقرارت ۱۹ می توان مقدار مقاومت حرارتی و مساحت جداره‌ها را محاسبه کرد و میزان **UA** که همان میزان انتقال حرارت کل است را به دست آورد. مقاومت حرارتی از تقسیم ضخامت مصالح بر ضریب هدایت حرارتی آن به دست می‌آید. سپس ضریب بار گرمایشی (**TLC**)، محاسبه می‌گردد. ضریب بار مجموع شامل تمامی بارهای حرارتی ساختمانی می‌شود. این ضریب در تعريف دقیق تر خود به عنوان بار (یا دفع حرارت) یک ساختمان در حالت پایدار خود و در هر درجه اختلاف دمای خارج و داخل در یک روز تعريف می‌شود؛ با توجه به اینکه روز درجه گرمایش، میزان نیاز به گرمایش سالانه را تعیین می‌کند، با ضرب این مقدار به ضریب بار مجموع می‌توان مقدار گرمایشی که باید توسط سیستم مکانیکی تأمین گردد را محاسبه کرد. در جدول (۲) نتایج به دست آمده از این محاسبه آمده است [۴].

$$R = d/\lambda \quad (1)$$

که در آن **R** مقاومت حرارتی، **d** ضخامت مصالح و **λ** ضریب هدایت حرارتی می‌باشد.

$$U = 1/R \quad (2)$$

که در آن **U** میزان انتقال حرارتی از واحد سطح و **R** مقاومت حرارتی می‌باشد. برای محاسبه میزان انتقال حرارتی سطح از فرمول (۳) استفاده می‌شود.

$$U * A \quad (3)$$

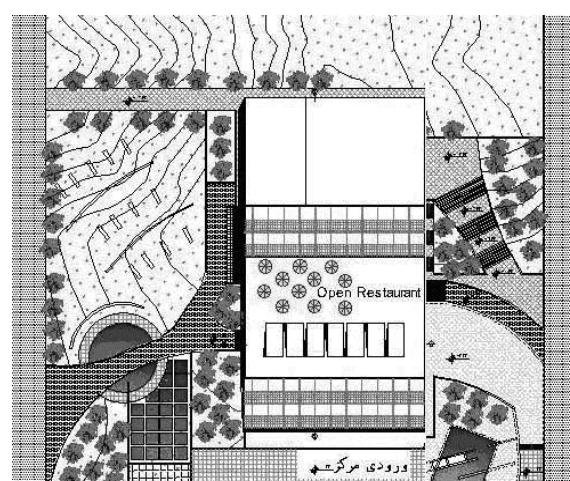
مساحت سطح مورد نظر می باشد

$$TLC = U * A * 24 \quad (4)$$

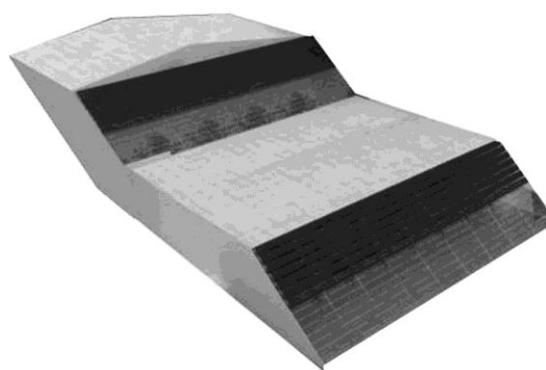
ضریب با مجموع می باشد، TLC

$$Q_{heating} = TLC * DD \quad (5)$$

گرمایی تولیدی سیستم مکانیکی و DD روز درجه گرمایش است.



شکل ۲: سایت طرح اولیه



شکل ۳: ماکت اتود طرح مقدماتی

جدول ۲: بار گرمایشی مجموعه بدون سیستمهای خورشیدی

U*A	مقاومت حرارتی	مساحت	
w	k.m²/w	m²	
۲۷۹	۳.۲	۹۳۰	دیوار ها
۷۱۷۶	۴۶۹	۳۵۸۸	سقف
۳۹.۵	۱.۹۵	۹۱.۹	دال
۵۹	۱.۷	۱۱۸	دیوار جنوبی
۱۷۵۵.۳	۰.۹	۱۵۹۵	شیشه
۳۲۳۶.۶			مجموع
۷۷۶۸۰ W/DD		UA* ۲۴	ضریب بار TLC مجموع
۱۹۱.۲۶ MWh	Qheating=TLC*DD		گرمایی تولیدی سیستم مکانیکی

گرمایش مورد نیاز برای ساختمان با سیستم گرمایشی ایستا

برای محاسبات این مرحله، سیستمهای خورشیدی غیرفعال به طرح اضافه می‌گردد و میزان تاثیر آنها محاسبه می‌شود. روش محاسبه بر اساس فرمولهای ارائه شده توسط لابراتوار ملی لوس آلاموس با حمایت مالی وزارت انرژی امریکا توسط گروه خورشیدی ایستا انتخاب شده است. گروه لوس آلاموس در مطالعات خود دریافت که فاکتور اولیه ای که عملکرد یک ساختمان خورشیدی را در اقلیمی خاص تعیین می‌کند نسبت بار افت حرارتی ساختمان به مساحت منافذ خورشیدی – نسبت بار به جمع کننده – می‌باشد. به عبارت دقیق تر نسبت بار جمع کننده (**LCR**) طبق تعریف نسبت ضریب بار خالص (**NLC**) به مساحت تصویر شده جمع کننده (**A_p**) می‌باشد.

این سازمان روشی برای تخمین ضریب صرفه جویی خورشیدی در ساختمان‌های گرم شده به شیوه ایستا (روش **LCR** نسبت به بار جمع کننده) را پیشنهاد کرده است [**A**]. در این روش، میزان انتقال حرارت جداره‌ها (**UA**) و سپس میزان ضریب بار خالص (**NLC**) محاسبه می‌گردد. این ضریب برابر است با ضریب بار مجموع منهای ضریب بار دیوار خورشیدی. باید توجه داشت که در محاسبات خورشیدی در ابتدا نباید میزان **UA** عناصر خورشیدی را منظور کرد. این مقادیر در انتهای به صورت **UAcollector** (میزان انتقال حرارتی سیستم‌ها) محاسبه می‌گردند. سپس سیستم خورشیدی متناسب با اقلیم منطقه انتخاب می‌گردد. در این مقاله سیستم‌های منتخب عبارتند از:

سیستم جذب مستقیم (**DGC**) با توانایی ذخیره حرارتی $w/m^2k = ۳۲۲.۸$ با ضخامت ۱۰ سانتیمتر است که نسبت مساحت جرم به شیشه ۶ می‌باشد و دارای عایق شبانه با $w/m^2k = U_{collector} = ۱.۴$ است.

سیستم دیوار ترمب بی منفذ (**TW**) با توانایی ذخیره حرارتی $w/m^2k = ۱۶۱.۴$ که ضخامت دیوار آن ۳۰ سانتی متر با دو لایه شیشه با سطح انتخاب گر بدون عایق شبانه و $U_{collector} = ۱.۱۰$ می‌باشد.

دو سیستم دیوار ترمب و جذب مستقیم در جبهه جنوبی ساختمان به سمت آفتاب زمستان جهت گیری می‌شوند. با در نظر گرفتن مساحت هر سیستم و با استفاده از فرمول (۶) میزان **LCR** هر سیستم به دست می‌آید.

$$LCR = NLC / Ap \quad (6)$$

NLC نسبت بار به جمع کننده، ضریب بار بدون سیستم خورشیدی و **Ap** مساحت سیستم‌ها است. جدول (۳) درصد صرفه جویی سیستمهای را نشان می‌دهد. در این مجموعه سیستم مرکبی از دیوار ترمب و جذب مستقیم استفاده شده است بنابراین میزان صرفه جویی کل بستگی به میزان سطوح خورشیدی دارد. در جدول (۴) محاسبات طرح پیشنهادی آمده است. در مرحله بعد، مقدار **U_{collector}** هر کدام از جمع کننده‌ها بر مساحت آنها ضرب شده و **UA_{collector}** کل محاسبه می‌گردد تا به کمک آن ضریب بار مجموع (مجموع ضریب بار خالص و ضریب بار خورشیدی) و مقدار گرمایش مورد نیاز به دست آید (جدول ۵). فرمول (۷) و (۸) نحوه محاسبه را نشان می‌دهد.

$$TLC = NLC + [24 * UA_{col}] \quad (7)$$

ضریب بار مجموع **NLC** ضریب بار بدون سیستم خورشیدی و **UA_{col}** انتقال حرارتی سیستم خورشیدی است.

جدول ۳: میزان صرفه جویی خورشیدی [A]

		SSF (%; DD base = 55°F)						
LCR	100	70	50	40	30	25	20	15
DGC	16	27	35	44	50	59	65	72
TW	22	37	46	57	64	72	78	84

جدول ۴: محاسبات LCR طرح پیشنهادی

۱۰۳۶.۱					کل UA
۲۴۸۶۶.۴					NLC
جز SSF صحیح	جزء صحیح Ap	SSF درصد صرفه جویی	LCR	Ap m²	سیستم
%۳۰	.۷	%۴۴	۴۰	۶۲۱	DGC
%۶	.۳	%۲۲	۱۰۰	۲۴۸۶	TW
%۳۶	صرفه جویی کل				

جدول ۵: میزان ضریب انتقال حرارت سیستمهای

U _{Collector}	U _{Collector} (w/m ² k)	سیستم
۸۶۹.۴	۱.۴	DGC
۲۷۳.۴	۱.۱	TW
۱۱۴۲.۸		مجموع
۵۲۲۹۳.۶		TLC
۸۲.۴		Q(MW.h)

$$Q = TLC * DD (1 - SSF) \quad (8)$$

Q مقدار گرمایش مورد نیاز، DD روز درجه گرمایش می باشد

خازن حرارتی

عامل موثر دیگر در صرفه جویی انرژی، استفاده از حرارت‌های موجود در حول و حواشی ساختمانهایی است که نیاز فراوان به مصرف انرژی در زمستانها داشته و در تابستان با فراوانی انرژی روبرو هستند. بنابراین برای بهبود بیشتر عملکرد ساختمان خورشیدی راهکار دیگری که مد نظر قرار گرفت خازن حرارتی است. برای محاسبه تاثیر خازن حرارتی با داشتن اطلاعات اولیه نظیر ارتفاع فضای سطح فضای مورد نظر، ابعاد خازن و ... حجم هوای لازم در یک ثانیه سپس سرعت هوا در خازن بر اساس فرمول (۹) و (۱۰) محاسبه می‌گردد.

$$V = W \times N / 3600 \quad (9)$$

که در آن **W** حجم هوای مورد نیاز، **N** دفعات تعویض هوا است.

$$F = V / A \quad (10)$$

که در آن **F** سرعت هوا در خازن، **V** حجم هوای لازم د یک ثانیه و **A** سطح مقطع خازن است.

$$T = P / 1350 \times 1.2 \times F \quad (11)$$

که در آن **T** توان حرارتی زمین در طول کanal، **P** توان حرارتی زمین، و **F** سرعت هوا در خازن می‌باشد.

با استفاده از توان حرارتی زمین، درصد استهلاک اختلاف حرارت و باقیمانده اختلاف درجه حرارت پس از عبور از کanal محاسبه و بر اساس فرمول (۱۲) درجه حرارتی که از زمین گرفته می‌شود به دست می‌آید.

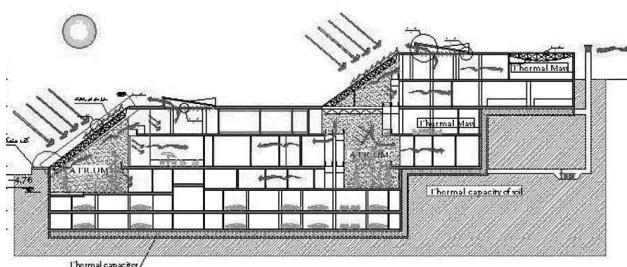
$$T_1 = T_0 \times b^l \quad (12)$$

که در آن **T₀** بیشترین اختلاف دما در زمستان، **b** باقیمانده اختلاف درجه حرارت پس از عبور از کanal و **l** طول کanal می‌باشد.

به این ترتیب درجه حرارت هوا پس از عبور از خازن برابر با $17.5 - 12.4 = 5.1$ است و می‌توان میزان صرفه جویی را به دست آورد. در جدول (۶) فرمولها و نحوه محاسبات مربوط به تاثیر خازن حرارتی در زمستان ارائه شده است [۱]. شکل (۶) مقطعی از مجموعه طراحی شده را نشان می‌دهد. در این مقطع مکان خازن حرارتی را در زیر کف ساختمان و در تماس با کف نشان می‌دهد. به این ترتیب، علاوه بر اینکه اتلاف حرارتی بسیار کاهش می‌یابد، امکان استفاده بیشتر از حرارت خازن حرارتی فراهم می‌گردد.

جدول ۶: محاسبات خازن حرارتی برای فصل زمستان

m^2	۵۲۳.۴	سطح فضای مورد نظر	۱۵	ارتفاع فضای مورد نظر
m^3	۵۱۴۱	حجم هوای مورد نظر	$97 * 53 * 1$	ابعاد خازن
m^2	۵۳	سطح مقطع خازن	۰.۷۵	هوای در ساعت دفعات تعویض
$w/m^2\text{C}$	۱.۷۸۶	ضریب انتقال حرارتی زمین با کف بتونی	۱۷.۰	T_0 بیشترین اختلاف دما در زمستان
m^3/h	۳۸۵۰.۷	حجم دفعه تعویض		هوای لازم در یک ساعت
m^3/sec	۱.۰۷	حجم هوای لازم در یک ساعت / 3600		حجم هوای لازم در یک ثانیه
m/sec	۰.۰۲	هوای لازم در ثانیه/سطح مقطع خازن		سرعت هوا در خازن
W/m^2	۲۱.۳	$P=U*T$		توان حرارتی زمین
	۰.۹۶	$T=P/1350*1.2*F$		توان حرارتی زمین در یک متر طول کanal
$a=T*100/T_0$	۰.۶۰۶	درصد استهلاک اختلاف حرارت در یک متر طول کanal	۰.۰۰۶۱	درصد باقی اختلاف حرارت در بقیه طول کanal
	۰.۹۹	$b=1-a$		باقیمانده اختلاف درجه حرارت پس از عبور از کanal
سانیگراد	۱۲.۴	$T_1=T_0*b*L$		درجه حرارتی که از زمین گرفته می‌شود
۵.۱		درجه حرارت هوا پس از عبور از خازن		$=$ درصد صرفه جویی در زمستان٪۲۹



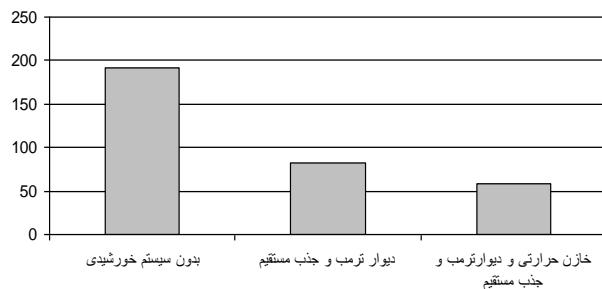
شکل ۶: مقطع از مجموعه طراحی شده

نتایج کلی

برای رسیدن به یک نتیجه کلی، تأثیر تک تک سیستم‌ها بر مصرف انرژی به صورت درصدی محاسبه شده است (جدول ۷). در شکل (۵) تأثیر سیستم‌ها بر انرژی گرمایی مورد نیاز **Q**، نشان داده شده است. همانگونه که از نمودار مشخص است، میزان گرمایش مورد نیاز در حدود ۱۹۱.۲۶ مگا وات ساعت است در حالیکه با اضافه کردن سیستم‌های خورشیدی این میزان به ۵۸.۵ مگا وات ساعت کاهش یافته است. به طور کل، همان گونه که مشاهده می‌شود میزان گرمایش سالانه در این مجموعه در مقایسه با مجموعه بدون تمہیدات خورشیدی بسیار کمتر و در حدود ۶۵٪ در مصرف انرژی صرفه جویی شده است.

جدول ۷: درصد صرفه جویی هر سیستم

نام سیستم	میزان صرفه جویی خورشیدی
خازن حرارتی	%۲۹
سیستم جذب مستقیم	%۳۰
دیوار ترمب	%۶
مجموع	%۶۵



شکل ۵: نمودار گرمایش مورد نیاز مجموعه

اعتبار سنجی

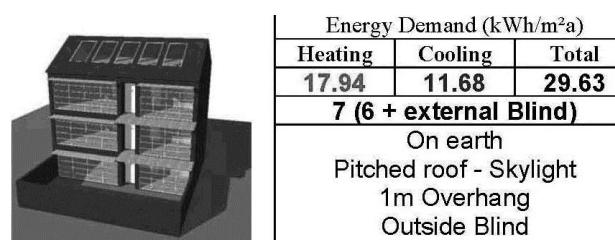
برای اطمینان از صحت نتایج به دست آمده، این داده‌ها با داده‌های به دست آمده از نرم افزار "دیزاين بیلدر" در پروژه تحقیقاتی "تأثیر طراحی معماری بر میزان تقاضای انرژی ساختمان" مقایسه گردید.

این نرم افزار شبیه نرم افزار انرژی پلاس است و قابلیت این را دارد که با دادن داده‌های هوایی ساعتی و شبیه سازی ساختمان موجود، میزان انرژی مورد نیاز ساختمان را ارائه دهد. در این پروژه، ۳۰ بنای مختلف در شهر تبریز شبیه سازی شده اند و تأثیر تک تک سیستم‌ها بر میزان مصرف انرژی به دست آمده است. نمودارهای به دست آمده نشان می‌دهند

که در اقلیم سرد تبریز با استفاده از سقف شیبدار به سمت جنوب تا ۲۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی کرد (شکل ۶). این میزان نزدیک به مقدار به دست آمده از محاسبات برای جذب مستقیم می باشد.

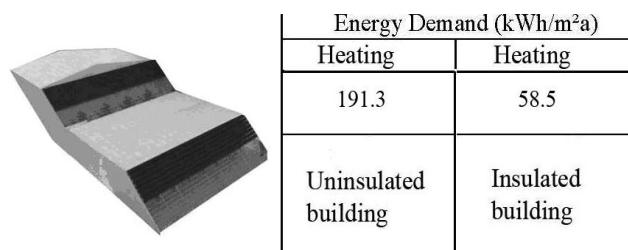


شکل ۶: انرژی مورد نیاز برای ساختمان با سقف تخت [۲]



شکل ۷: انرژی مورد نیاز برای ساختمان با سقف شیبدار [۲]

آنالیز و شبیه سازی های انجام شده در این پژوهش همچنین نشان می دهد که با استفاده از عایق حرارتی نما و شیشه های چند جداره و تمہیدات خورشیدی غیر فعال می توان میزان مصرف انرژی را کاهش داد. این میزان بستگی به نوع عملکرد بنا و مصالح استفاده شده بنا دارد. در این پژوهه با در نظر گرفتن تمہیدات مختلف غیر فعال خورشیدی و شبیه سازی آن میزان صرفه جویی انرژی ۶۰٪ به دست آمده است که به درصد صرفه جویی به دست آمده در این مقاله نزدیک است (شکل ۸).



شکل ۸: انرژی مورد نیاز برای طرح پیشنهادی

در مورد تاثیر خازن حرارتی، درصد صرفه جویی بستگی به حجم ساختمان دارد. همچنین اگر سطح تماس کف ساختمان با خازن بیشتر باشد میزان گرمایش محیط بیشتر خواهد بود.

در یک نمونه عینی محاسبه میزان تاثیر خازن حرارتی ساختمان نقاهتگاه شهید انصاری لاهیجان، توسط دکتر پانس هاوزر و محمد تقی رضایی حریری که در سمینار انرژی خورشیدی خرداد ماه سال ۱۳۷۴ ارائه گردیده میزان تاثیر خازن حرارتی به دست آمده نشان می دهد که خازن حرارتی تاثیر زیادی بر کاهش مصرف انرژی دارد. در این مقاله روش محاسبه برای تعیین میزان تاثیر خازن حرارتی همان روش محاسباتی پروژه نقاهتگاه شهید انصاری است و نتایج به دست آمده نشان می دهد که خازن حرارتی نسبت به دیگر تمهیدات غیر فعال تاثیر بیشتری داشته است.

روش محاسبه استفاده شده برای سیستم های جذب مستقیم و دیوار ترمب نیز برگرفته از روش محاسباتی مورد تایید توسط وزارت انرژی ایالات متحده بوده و توسط گروه مطالعاتی "لوس آلاموس" ارائه گردیده است و در چندین مجموعه اجراشده پاسخ صحیح داده است. البته باید توجه داشت که چون محاسبات در این مقاله بر روی یک طرح فرضی انجام شده است، نمی توان ثابت کرد که این طرح در عمل چقدر موفق خواهد بود. چرا که در حین اجرا خطاهای غیر قابل اجتناب پیش می آید و در عمل میزان تاثیر سیستمها، کمتر از درصد به دست آمده توسط محاسبات می شود. بنابراین باید ضریب خطای نیز در نظر گرفته شود. این ضریب بستگی به دقت اجرا، استفاده از مصالح مرغوب و سیستمهای خورشیدی با بازدهی بالا ... دارد. البته در این مقاله هدف آشنایی اولیه با روش‌های محاسباتی ساده در مراحل طراحی می باشد تا دیدی در مورد عملکرد حرارتی مجموعه طراحی شده به طراح دهد و در مراحل ساخت و اجرا نیاز به محاسبات پیشرفته تر میباشد.

نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد به کمک محاسبات ساده میزان تاثیر سیستمهای خورشیدی در مصرف انرژی تعیین گردد. تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که یک طراحی همساز با اقلیم می‌تواند باعث بهبود شرایط حرارتی فضای مورد استفاده گردد. اما در شرایط بحرانی تنها با انکا به پتانسیل های محیط نمی‌توان محدوده آسایش را کاملاً ایجاد کرد و نیازمند استفاده از تاسیسات مکانیکی هستیم. همچنین همانگونه که محاسبات و نمودارها نشان دادند، استفاده از سیستم های خورشیدی می‌تواند تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. این امر به نوبه خود میزان حجم نیاز به تاسیسات مکانیکی را کاهش و باعث کاهش هزینه های مربوط به سوت و انرژی در مدت طول عمر ساختمان می‌گردد. باید به این امر توجه داشت که هرچند در ابتدای ساخت هزینه نصب سیستم های خورشیدی وجود دارد، اما این هزینه ها کمتر از هزینه های مربوط به نصب سیستم های حجیم تاسیساتی و به خصوص هزینه بالای مصرف انرژی می‌باشند.

منابع

- [۱] پانس هاوزر، اریک. رضایی حریری، محمد تقی. (۱۳۷۴)، خازن حرارتی، دانشگاه فنی وین، ترجمه: دکتر محمد تقی رضایی حریری، مجموعه مقالات سمینارهای انرژی خورشیدی، دانشگاه تهران، دانشکده هنرهای زیبا.
- [۲] دکی ، مارک. (۱۳۸۶)، خورشید، باد، نور، طراحی اقلیمی(استراتژی های طراحی در معماری)، سعید آقایی، ویرایش دوم، انتشارات گچ هنر، تهران.
- [۳] دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. (۱۳۸۹)، صرفه جویی در مصرف انرژی، مقررات ملی ساختمان، مبحث ۱۹.
- [۴] طاهباز، منصوره. (۱۳۸۸)، روش تحلیل آمار هوشناسی برای طراحی معماری همساز با اقلیم، نشریه علمی-پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۳۸، دانشگاه تهران، صفحات ۶۱-۷۲.
- [۵] غفاری جباری، شهرلار. (۱۳۸۸)، طراحی مجموعه تجاری با رویکرد جذب از طریق پوسته، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری انرژی، دانشگاه تهران.
- [۶] موسوی نائینیان، سید مجتبی. (۱۳۸۶)، تاسیسات ساختمانی ۱ و ۲، انتشارات دانش و فن، تهران.
- [۵] Fuller ,Moore, *Environmental control systems: heating ,cooling , lighting*, 2002
- [۶] Johnson T., *Low-E Glazing Design Guide*, Reed Publishing, USA, 2000
- [۷] Lewis,D., Kohler, j., and Reno,v, “*Passive principles: rockbeds*”, Solar Age,March,2001
- [۸] Mazeria, Edward, *The Passive solar home, greenhouse and building design*,2005
- [۹] Kantrowitz, M.,”*Occupant effects and interactions in passive solar commercial buildings: prelimintary findings from the U.S. DOE passive solar commercial buildings*

program,” Proceedings of the eighth National passive solar conference, Boulder, Colorado: American Solar Energy Society,2001

[۱۰] McFarland,R,”*POSOLE:a general simulation program for passive solar energy.”*Los Alamos National Laboratory report LA-7433MS, Springfield, Virginia: National Technical Information Center

[۱۱] Nasrollahi, Farshad, *Effect of Architecture on Building Energy Demand in cold climates*, Berlin University of technology, Institute of Architecture, germany, 2007

[۱۲] Thomsen K. E, Schultz ,J. M. Poe. B,”*Measure*

performance of 12 demonstration projects—IEA Task 13 “advanced solar low energy buildings”, Energy and Buildings, volume 32, February 2005, pages 111-119