بررسی تطبیقی معماری بومی خانه های اقلیم گرم و خشک و کاربرد مواد دو فازی در ساختمان های امروزی در کاهش مصرف انرژی

میلاد امیدی: دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، ایران
milad.omidi93@yahoo.com
اردلان افلاکی: استادیار دانشکده معماری و هنر، دانشگاه گیلان، ایران

چکیده

خانه های بومی اقلیم گرم و خشک ایران، همواره شرایط آسایش حرارتی را برای ساکنین خود به همراه داشته اند. اما ساختمان های امروزی بی توجه به طراحی های اقلیمی، سهم بالایی از مصرف انرژی را برای ایجاد تهویه مناسب به خود اختصاص داده است. امروزه آلودگی های ناشی از تولید انرژی و صرفه جویی در مصرف آن، از مباحث جدی در رشته های مرتبط از قبیل معماری است. یافتن و استفاده از مواد و مصالحی که مصرف انرژی را به حداقل برساند از وظایف محققان و معماران می باشد. مواد تغییر فاز دهنده می تواند با جذب و ذخیره انرژی حرارتی خورشید در طول ساعات روز و آزاد کردن آن در ساعات سرد، به طور مستقیم در صرفه جویی مصرف انرژی سهیم باشند. این تحقیق از طریق مطالعه و بررسی منابع کتابخانه‌ای و تحلیل و توصیف آن‌ها، به بررسی ویژگی های مورد استفاده در ساختمان‌های بومی و سنتی، و با علم به اینکه تغییرفازدهنده‌ها در کاهش مصرف انرزی ساختمان موثر هستند، به بررسی روش‌های بکاربردن این مواد در بخش‌های مختلف ساختمان می پردازد. نتایج پژوهش نشان می دهد امکان بهره گیری از طراحی های اقلیمی به کار رفته در سقف های گنبدی و مسطح، دیوارهای قطور و ابعاد و تعداد پنجره خانه های سنتی اقلیم گرم و خشک در خانه های امروزی که بدون توجه به مسائل اقلیمی و با مصالح غیر بومی و نامناسب برای این اقلیم ساخته می شوند وجود ندارد و لازم است از روش هایی مانند تعبیه مواد دوفازی در همان بخش های ساختمان های بومی استفاده کرد.

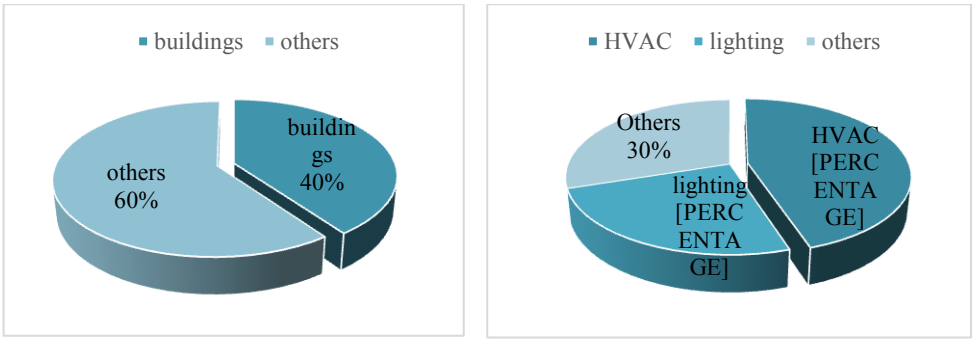
کلید واژه: اقلیم گرم و خشک، خانه های بومی، معماری بومی، مواد تغییر فاز دهنده، PCM

مقدمه

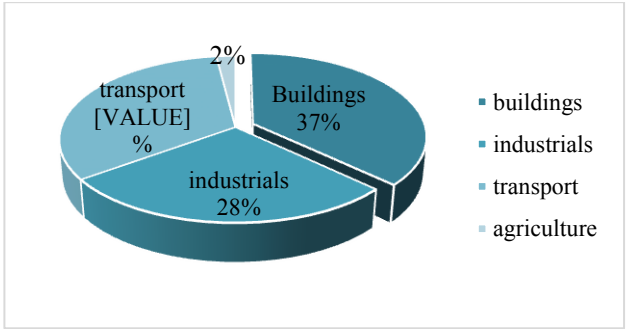
معماری بومی به عنوان مولفه ای با اهمیت در مباحث کالبدی و زیبایی شناسی، معنویات و عرفان، خلوص اندیشه و از همه مهمتر در احترام به طبیعت مطرح می‌گردد و با وجود تغییرات و دگرگونی های بی شمار در طول تاریخ، هویت و ذات خود را حفظ کرده است و بیانگر آداب و رسوم، عواطف و احساسات و ذوق وهنر مردمان خود می باشد (دادخواه، ۱۳۸۴). پس از آن، معماری سنتی، با بهره گیری ناخودآگاه از اصول تجربی معماری بومی، مرحله ای فراتر در معماری هر قومی را شکل داد (نادری قمی، ۱۳۹۱). معماری کهن خانه های هرطبقه از اجتماع اعم از اشراف و مردم عادی، بر پایه اصول فرهنگی و الگوهای ویژه اقلیمی طراحی و ساخته می شدند (معماریان، ۱۳۸۷). در فرهنگ کهن و سنتی مردم ایران، فضای درون خانه و اندرونی و بیرونی آن، حریم اعضای خانه و برای محرمان خانه بدون مرز بود (فاضلی، ۱۳۸۸). اما اصول و ارزش های سنتی با فرهنگ مدرن پوشیده شده و عدم رعایت الگوهای بومی و اقلیمی در طراحی و ساخت، نارضایتی افراد را گسترش داده است. ساختمان های امروزی از جهت توسعه تکنولوژی، تجهیزات، امکانات و ایجاد مصالح پایدار، بهتر شده اند؛ اما از طرف دیگر، بومی نبودن مصالح مورد استفاده و عدم توجه به مسایل اقلیمی در طراحی، وابستگی ساختمان ها به انرژی، افزایش مصرف انرژی و مشکلات ناشی از آن را به دنبال دارد. گسترش بی‌رویه فرهنگ ها در نقاط دیگر و مختلط شدن آن، سنت های اجتماعی را از بین برده است (عبدالحسینی، ۱۳۹۰).

با وجود اینکه کویر پهناور بخش مرکزی ایران، از خشک ترین و گرم ترین نقاط زمین به شمار می آید، در طول تاریخ شهرها و تمدن های بزرگ و بیشماری نظیر کاشان، یزد، تهران و سیلک (در دوران قبل از تاریخ)، در حاشیه آن ایجاد شده است (مفیدی شمیرانی، شایان، ۱۳۸۶). از ویژگی ها و دستاوردهای شاخص معماری سنتی ایران، توجه ویژه به مولفه های اقلیمی در طراحی معماری و شهری بوده است. با رشد تفکر و تمدن بشر، انسان ها به دنبال ایجاد مکان هایی ویژه با فعالیت های خاص بودند. با پیشرفت های حاصله در فرآیند های طراحی و ساخت خانه، امکان طراحی فضاهای وسیع تر مهیا شد. سال های طولانی، سازندگان خانه‌ها، همان استفاده کنندگان از آن بنا بودند که به نیازها و سلیقه های خود آگاه بودند. باافزایش جمعیت، رشد شهرها، پیشرفت تکنولوژی و سازه در ساخت و ساز، طراحی و ساخت بناها به افراد خاص سپرده شد.

از آنجا که اتحادیه اروپا تصمیم به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای خود را با پذیرش پروتکل کیوتو از UNFCCC - کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوایی در سال ۱۹۹۷- گرفت، اقدامات جدی بسیاری در این زمینه انجام شده است. وعده داده شده بود که در سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲، سطح انتشار گازهای گلخانه ای ۸ درصد کاهش می یابد و در سال ۲۰۲۰ تا ۲۰ درصد نیز خواهد رسید (سازمان ملل ۱۹۹۸). امروزه از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی در جهان، ساختمان ها هستند. طبق آمار ارائه شده، حدود ۴۰ درصد از کل انرژی، در این بخش مصرف و از این میزان، ۴۵ درصد، تنها صرف گرمایش و سرمایش محیط (شکل۱) می شود (آیین،۲۰۱۳). در سال ۱۹۹۹ کل مصرف انرژی در اروپا معادل ۱۷۸۰ میلیون تن نفت بود که ۳۷ درصد آن در بخش مسکونی (شکل۲) مورد استفاده قرار گرفت (Baetens, 2010). از این آمار مشخص می شود که کاهش تلفات گرما در ساختمان ها یا به طور کلی مصرف انرژی ساختمان ها می‌تواند تاثیرعمده ای بر مصرف سوخت های کربنی و انتشار گازهای گلخانه ای داشته باشد. افزایش جمعیت در جهان، کاهش منابع موجود انرژی، هزینه های تولید انرژی از سوخت های فسیلی، افزایش آلودگی و آسیب های زیست محیطی ناشی از این سوخت ها، جهان را به بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر سوق می دهد و گرایش به مصالح و موادی که بتواند با استفاده از انرژی های تجدید پذیر و با کم ترین هزینه و بدون ضرر، تهویه مطبوع و سرمایش و گرمایش نسبی را فراهم کند رو به افزایش است.



شکل۱- آمار ارائه شده از مصرف انرژی در جهان (مأخذ:نگارنده بر مبنای مجله انرژی جهان)



شکل۲- آمار ارائه شده از مصرف انرژی اروپا (مأخذ: نگارنده بر مبنای مجله انرژی جهان)

وسیع‌تر شدن فضاهای خانه، مشکل سرما و گرما و ایجاد آسایش حرارتی را برای ساکنین بیشتر می کرد. اما امروزه با سپرده شدن طراحی ها به دست متخصص و با پیشرفت علوم انرژی، می توان تکنولوژی های ساخته شده به منظور کاهش مصرف انرژی را در فرایند و روش های طراحی و ساخت وساز به کارگرفت.

۱- بیان مسئله و مشکل

یکی از مشکلات اصلی جامعه امروز، خطر اتمام سوخت های فسیلی و سوخت های تجدید ناپذیر است که به عنوان منبع اصلی تولید انرژی های مورد نیاز انسان مورد استفاده قرار می گیرند که از یک جهت مسئله تجدید ناپذیر بودن سوخت های فسیلی و از جهت دیگر آلودگی های ناشی از مصرف این سوخت ها و آثار زیان بار آن بر طبیعت، نیاز به پیداکردن جایگزین مناسب و بهره بردن از انرژی های تجدیدپذیر را ضروری می کند.

۲- پرسش های پژوهش

پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به سوالات زیر است:

- ویژگی های اقلیمی خانه های سنتی و بومی ایران که سبب کاهش مصرف انرژی می شود چیست؟
- مواد تغییرفازدهنده به چه طرقی باعث کاهش مصرف انرژی در ساختمان های امروزی می شوند؟
- با توجه به شرایط ساختمان های امروزی و عدم توجه به معماری اقلیمی و بومی در ساخت آن ها، آیا می توان همانند ساختمان های بومی، مصرف انرژی در آن‌ها را نیز کاهش داد؟

۳- پیشینه تحقیق

ویژگی‌های خاص اقلیمی و آرامش و آسایش حرارتی ناشی از آن در خانه های سنتی هر منطقه، همواره مورد توجه پژوهشگران و معماران بوده است. شاطریان (۱۳۸۸) به تحلیل ویژگی های بافت مناطق اقلیم گرم و خشک می پردازد. توسلی (۱۳۶۱) نیز ویژگی های بناهای این اقلیم را مورد بررسی قرار داده است. همچنین کسمایی (۱۳۸۷)، عوامل اقلیمی، انسان و اقلیم و طبیعت و اقلیم را در کتاب اقلیم و معماری مطرح کرده است. در مباحث معماری بومی، فلامکی (۱۳۸۴)، معماری بومی را شاخه ای از معماری شکل گرفته برپایه نوع مصالح موجود و نیازهای منطقه که آشکارکننده فرهنگ و سنتت منطقه است می داند و آنرا اینگونه تعریف می کند: "معماری بومی یعنی مجموعه واحدهای معماری – شهری ای که در سرزمینی معین گرد هم آمده اند و دارای ویژگی هایی می باشند... " که هماهنگی در عین داشتن تفاوت و بیان کننده سلیقه ها و آداب و رسوم و فرهنگ محیطی از این دسته ویژگی ها هستند. در بررسی روابط بین محیط مصنوع انسان و طبیعت، به عقیده راپاپورت، تعامل و تعادل با طبیعت به جای تسلط بر آن، عامل برتری معماری بومی بر سبک های معماری امروزی است (راپاپورت، ۱۳۸۸). سعدوندی (۱۳۸۸)، ساختمان بومی را مجوعه ای از مصالح بومی با روش های ساخت محلی می داند که توسط افراد بومی ساخته می شود و انعکاس دهنده فرهنگ و سنت و شیوه زندگی مردم جامعه و جهت پاسخگویی به نیازهای محیط می باشد و می توان معماری بومی را در سه ویژگی زیر خلاصه نمود:

۱. استفاده از مواد و مصالح بومی همراه با دانش منطقه؛
۲. توجه به سلیقه و فرهنگ بومی با مشارکت و بکارگیری نیروهای بومی؛
۳. کاهش هزینه ها بااستفاده از مصالح بومی و حفظ کیفیت آن ها (سعدوندی، ۱۳۸۸).

بی تردید معماری بومی ایران تحت تاثیر اقلیم شکل گرفته است و منابع با ارزشی از طیف وسیع طراحی اقلیمی و معمارانه فضاهای مسکونی دائمی چون خانه، فضاهای عمومی نظیر مسجد و مدرسه و فضاهای وسیع شهری را با در نظر گرفتن تمام مولفه های فرمی، کیفی، انتخاب مصالح بومی و رنگ آن ها را در بر می‌گیرد. از این رو، با توجه به دشوار بودن بکارگیری اصول و ضوابط اقلیمی حاکم بر معماری بومی خانه های کوتاه سنتی و روش های مورد استفاده برای کاهش مصرف انرژی در آن ها در ساختمان های بلند امروزی، این سوال مطرح می شود که با توجه به شرایط ساختمان های امروزی و عدم توجه به معماری اقلیمی و بومی در ساخت آن ها، آیا می توان همانند ساختمان های بومی، مصرف انرژی در آن ها را نیز کاهش داد؟ مضطرزاده و حجتی (۱۳۹۴) و دهقان منشادی (۱۳۸۵)، بافت فشرده و متراکم محله های اقلیم گرم و خشک و مشترک بودن دیوار خانه ها را سبب کاهش سطح تابش و تماس خورشید، تبادل حرارتی کمتر محیط داخلی بنا با محیط گرم بیرونی، سایه اندازی وسیعتر و درنتیجه کاهش مصرف انرژی می دانند.

معماریان (۱۳۷۱)، شاخص جهت گیری خانه ها به عنوان یکی از اصول اولیه سخت و ساز در اقلیم گرم و خشک را جهت شمال شرقی-جنوب غربی یا اصطلاحا رون راسته معرفی می کند که سبب پیدایش عملکرد های اقلیمی منقطی شامل فضاهای تابستانی و اتاق های زمستانی و کوچ در فضای داخلی خانه می گردد و خیرآبادی (۱۳۷۶) تکمیل می کند که قرارگیری این اتاق ها اینگونه است که فضاهای تابستان نشین رو به حیاط مرکزی و همواره پشت به حرارت شدید آفتاب و اتاق های زمستان نشین، برای بهره بردن حداکثری از تابش آفتاب، مخالف بخش تابستانی طراحی می شدند. کاک نیلسن (۱۳۸۹) حیاط مرکزی را به عنوان یکی از مولفه‌های کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک، فضایی باز و بدون سقف در پیرامون و یا مرکز ساختمان جهت افزایش آسایش حرارتی استفاده کنندگان تعریف می کند. مزیت های وجود حیاط مرکزی در معماری سنتی و بومی ایران در اقلیم گرم و خشک را به صورت زیر می توان دسته بندی کرد:

جدول۱- مزایای وجود حیاط مرکزی در خانه های سنتی

	مزایای وجود حیاط مرکزی
۱	گردآورنده فضایی طبیعی از نور، باد، اب و گیاهی (احمدی، ۱۳۸۴).
۲	خنک کردن و تصفیه هوا قبل از ورود آن به بخش های داخلی بنا (کاک نیلسن، ۱۳۸۹)
۳	ایجاد نسیم ملایم در اثر پیدایش پدیده دودکشی در حیاط مرکزی (مضطرزاده و حجتی، ۱۳۹۴)
۴	جذب و انباشتن هوای خنک در طول شب و تصفیه و هدایت آن به بازشوهای فضاهای داخلی (مضطرزاده و حجتی، ۱۳۹۴).
۵	وزش نسیم، کاهش فشارهوای ساختمان و تهویه همیشگی فضاهای داخلی (کاک نیلسن، ۱۳۸۹)
۶	ساخت گودال باغچه در حیاط مرکزی جهت استفاده از خاک آن در ساخت، دسترسی به قنات و بهره بردن از اتاق های خنک اطراف گودال باغچه و در نتیجه کاهش مصرف انرژی (خدابخشی و مفیدی شمیرانی، ۱۳۸۰)

(مأخذ: نگارنده)

۴- روش تحقیق

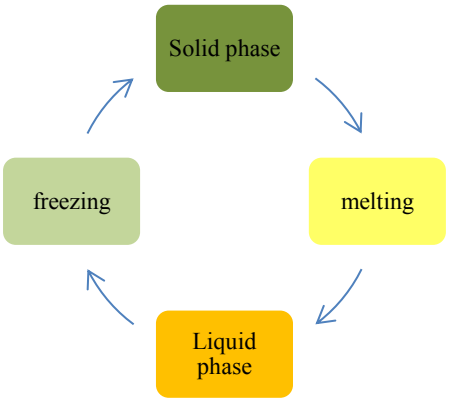
در این پژوهش برای یافتن ویژگی های اقلیمی خانه های بومی و روش های کاهش مصرف انرژی مواد تغییر فاز دهنده و با توجه به مطالعات محدود بر روی مواد دو فازی و تاثیر آن ها بر کاهش مصرف، با روش کتابخانه ای، مطالعه اسناد اقلیمی خانه های بومی و با توصیف و تحلیل این مطالعات، نتایج لازم به دست آمد.

۵- روش های عایق بندی ساختمان در گذشته

پیشرفت بشر در تکنولوژی و بلند مرتبه شدن ساختمان ها، معماران را به سمت طراحی ساختمان‌هایی با وزن کمتر سوق داد. از مؤلفه های اصلی سنگینی و سبکی وزن ساختمان، دیوارها هستند که سبکتر شدن وزن ساختمان، سبب کاهش حداکثری ضخامت دیوارها گردید. این موضوع، تلفات گرما و سرما را از جداره-های خارجی به شدت افزایش داد و برای مقابله بااین مشکل، استفاده از عایق های حرارتی افزایش یافت (فروتنی، ۱۳۸۶). در ساختمان های قدیمی و سنتی، مصالحی مانند سنگ، خشت و آجر، با ظرفیت حرارتی بالا به عنوان عایق حرارتی بکار گرفته می شدند. این مصالح در طول ساعات روز مقداری قابل توجه از انرژی گرمایی خورشید را جذب و ذخیره می کردند و در ساعات سرد شب، این انرژی را به محیط برمی گرداندند. اما از معایب این روش ها، سنگین شدن ساختمان به علت استفاده زیاد از مصالح و مقرون به صرفه نبودن آن می باشد (منصوری، ۱۳۹۴). از مواد دیگر عایق بندی در گذشته، می توان از پشم سنگ و حتی کاه گل نام برد. مواد عایق بندی سنتی به منظور دستیابی به مقاومت حرارتی اندک در لایه ای ضخیم و یا بصورت چند لایه استفاده می شوند که می توانند تا حدودی مصرف انرژی را کمتر کنند؛ اما جزئیات ساختاری واجرایی پیچیده، ایجاد یک ناحیه ضخیم، عدم امکان استفاده بصورت یکپارچه درتمامی سطح مورد نظر و سنگین وزن کردن ساختمان از معایب عایق های سنتی بشمار می رود. اما برای صرفه جویی در مصرف ساختمان، استراتژی دیگری به دست آورده شد (منصوری، ۱۳۹۴).

۶- روش های نوین عایق بندی ساختمان

از منابع اصلی انرژی گرمایی، انرژی تجدید پذیر تابشی خورشید می باشد که مورد توجه پژوهشگران جهان قرار گرفته است. اما به علت شدت و ضعف تابش نور در ساعات مختلف شبانه روز، استفاده از موادی برای ذخیره انرژی خورشید را ضروری می کند که از مهمترین راهکارهای استفاده از انرژی گرمایی خورشید، ذخیره این انرژی در ساعات گرم روز و استفاده از انرژی ذخیره شده، در ساعات سرد است. از روش های نوین ذخیره سازی انرژی خورشید، بهره گیری از مواد حرارتی با قابلیت ذخیره بالای انرژی می باشد و توانایی جذب، ذخیره، نگهداری و آزادسازی گرما را دارند. مواد تغییر فاز دهنده یا PCM ها از جمله ی اجرام حرارتی هستند که در ساعات گرم، با دریافت و جذب انرژی گرمایی، با تغییر فاز، این انرژی را بصورت نهان بدون تغییر و افزایش دما در خود ذخیره می کند و در زمان مورد نیاز، انرژی ذخیره شده را آزاد می کند و به فاز اولیه باز می گردد (شکل۳). ظرفیت بالای ذخیره سازی انرژی گرمایی در این مواد به نسبت حجم کم مورد استفاده، امکان تولید ذخیره کننده های فشرده ی کوچکی را فراهم کرده است که هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ محدودیت ابعادی در ساختمان مقرون به صرفه باشد (پیرکندی، ۱۳۸۱).



شکل۳- روش کار مواد تغییر فاز دهنده (نگارنده)

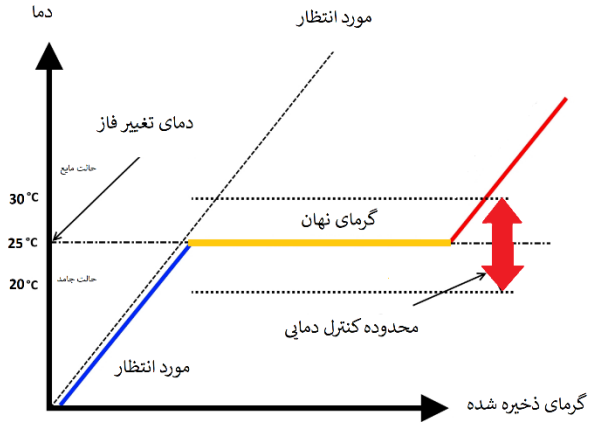
۷- تاریخچه تغییر فاز دهنده ها

طرح اولیه مواد تغییر فاز دهنده و استفاده از آن در ذخیره سازی انرژی و تهویه مطبوع در سال ۱۹۴۰ مطرح گردید اما زیاد مورد توجه قرار نگرفت. اما از اوایل سال ۱۹۸۰ و با مطرح شدن بحران انرژی، پژوهشگران تحقیقاتی بر بهینه سازی و بکارگیری این مواد در سیستم های تهویه ساختمان کردند(قاسمی، پیرکندی، ۱۳۸۸). کاربرد مواد تغییر فاز دهنده به عنوان ذخیره کننده انرژی در ساختمان، ابتدا در استرالیا به تولید و بهره برداری رسید و سپس در کشورهای پیشرفته جهان راه یافت. کاربرد مهم PCM ها در ساختمان، بهره گیری از آن ها برای ذخیره سازی انرژی گرمایی خورشیدی و استفاده از این انرژی ذخیره شده در جهت گرمایش طبیعی و تامین بخشی از بار گرمایشی ساختمان ها می باشد. از دیگر کاربردهای این مواد، استفاده در جهت تأمین بار برودتی ساختمان از طریق ذخیره سازی انرژی سرمایشی ناشی از تولید آب سرد دستگاه های مولد مانند چیلر و تهویه مطبوع نیز می باشد که بحث جدیدی است که در سال های اخیر مطرح شده است(منصوری،جبار،۱۳۸۹).

قابل توجه است که این چرخه، براثر مقاومت و عایق حرارتی ساختمان ایجاد نمی شود؛ بلکه هوشمند بودن مواد PCM تحت تأثیر دمای محیط و سطوح مختلف عمل می کند. هوشمند بودن مواد تغییر فاز دهنده، امکان ذخیره مقدار قابل توجه انرژی حرارتی خورشید در حجم کمی از این مواد، صرفه جویی اقتصادی در هزینه تولید مخازن ذخیره انرژی، واکنش سریع مواد تغییر فاز دهنده در جذب و دفع گرما و قیمت نسبتا ارزان این مواد از عواملی است که انتخاب آن ها را در تهویه ساختمان ضروری می کند (منصوری، پیرکندی،افشاری، ۱۳۹۴). زیرا برای استفاده از این سیستم ها، تنها اختلاف دمای شب و روز و وجود انرژی گرمایی خورشید در طول روز کافی می باشد. حال به مزیت های این مواد اشاره خواهیم کرد:

از مزایای این مواد، فاسد نشدن به دلیل منشأ آبی آن هاست که سبب می شود در مقایسه با سایر تکنولوژی های این دسته، عمر بیشتری داشته باشد. همچنین بحران آلودگی هوا، موضوعی بود که از ابتدا سبب ورود مواد تغییرفازدهنده به عرصه تکنولوژی ساختمان شد. از دیگر مزایای مواد تغییر فاز دهنده می‌توان نتیجه تحقیق پیپو و همکارانش را بیان کرد که کاربرد مواد تغییرفاز دهنده با در نظر گرفتم اقلیم، می تواند ۵ تا ۲۰ درصد دخیره مستقیم انرژی را داشته باشد (Pieppo, 1991).

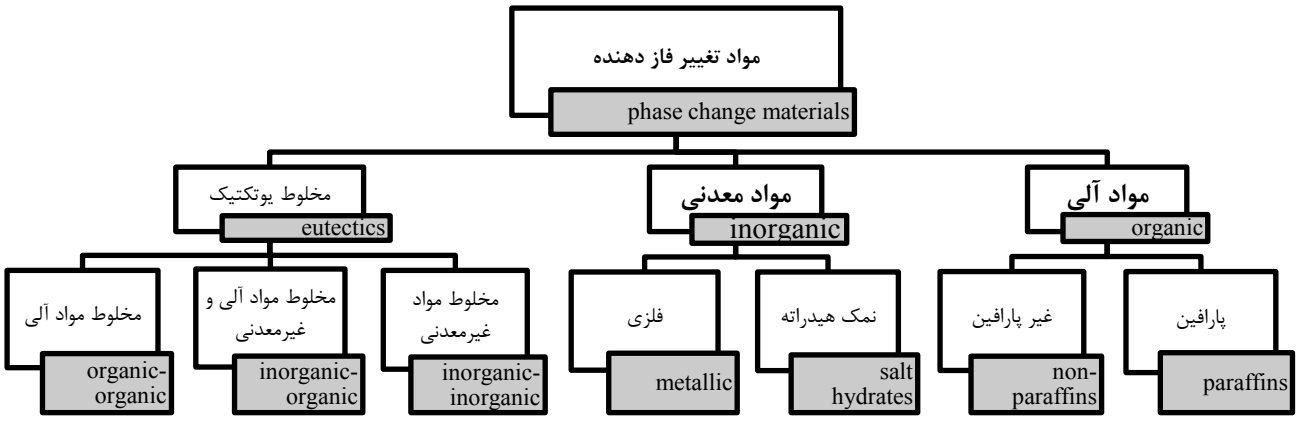
در تحقیق دیگری که کاستلان و همکارانش برای بررسی تاثیر تغییرفاز دهنده ها بر دمای داخلی ساختمان انجام دادند، دو اتاقک با شرایط یکسان از دیوارهای سیمانی ساختند و دیوارهای یکی از اتاق ها با مواد تغییرفاز دهنده با نقطه ذوب ۲۶درجه سانتی گراد و گرمای همجوشی ۱۱۰ کیلوژول بر کیلوگرم پوشانده شد. بررسی‌ها درر چند روز متوالی در تابستان و پاییز، نشان داد هنگامی که حداکثر دمای خارج، ۳۲ درجه سانتی گراد باشد، دمای دیوار غربی اتاقک بدون ماده PCM به ۳۹ درجه و اتاقک حاوی ماده PCM به ۳۶ درجه رسید. در این حالت حداکثر دمای داخلی اتاقک بدون ماده تغییرفاز دهنده، ۳ درجه بیشتر از اتاقک دیگر بوده است و دو ساعت بعد از آن، دمای هوای اتاقک حاوی ماده PCM شروع به بالارفتن کرد. این نشان می دهد بااستفاده از این مواد، علاوه براینکه دمای محیط نسبت به حالت معمولی کاهش پیدا می کند و به دمای آسایش نزدیک تر شده و مصرف انرژی را پایین می آورد، باعث ایجاد یک تأخیر چند ساعته در انتقال حرارت به داخل خواهد شد. مواد تغییر فاز دهنده با دمای ذوب بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد (شکل ۴)، می تواند در سیستم های گرمایشی مستقیم و مواد با دمای ذوب بین ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد، در گرمایش غیرمستقیم ساختمان و یا تأمین آب گرم بهداشتی بکاربرده شوند.



شکل۴- روش مستقیم ذخیره سازی انرژی در تغییر فاز دهنده ها

۸- دسته بندی مواد تغییر فاز دهنده

با توجه به شکل ۵، مواد تغییر فاز را می توان بر اساس ساختار و ترکیب شیمیایی آنها به سه گروه تقسیم کرد: (i) ترکیبات آلی یا ارگانیک، (ii) ترکیبات معدنی و (iii) یوتکتیک های معدنی یا مخلوط های یوتکتیک. هر گروه طیف وسیعی از دمای ذوب و گرمای همجوشی را دارد. سوال اساسی این است که کدام ماده تغییرفاز دهنده، بهترین انتخاب برای کاربرد در ساختمان می باشد؟ زیرا با گذشت زمان و وجود چرخه دائمی گرماگیرو گرماده امکان تضعیف کارایی این مواد نیز وجود داشته باشد. با این وجود، استفاده از PCM های ارگانیک در دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته است (Peippo و همکاران ۱۹۹۱، Feldman و همکاران ۱۹۹۳، Athienitis و همکاران، ۱۹۹۷)، که نشان می دهد این دسته از تغییر فاز دهنده ها، اتصال و سازگاری مناسبی با مصالح ساختمانی متخلخل دارد (Kelly,۱۹۹۷).



شکل۵– طبقه بندی مواد تغییر فاز دهنده (نگارنده)

۹- روش های ساخت و ساز خانه های بومی

روش‌های بکار گرفته شده در ساخت و احداث سقف، دیوار، پنجره، استفاده از رنگ های محیطی در نمای ساختمان و افزودن بادگیر در بناهای اقلیم گرم و خشک، موجب افزایش آسایش حرارتی استفاده کنندگان از بنا شده است:

الف- سقف: سقف های اقلیم گرم و خشک به دو صورت گنبدی و مسطح ساخته می شدند. برخی از خانه های دارای حیاط مرکزی، سقفی مسطح داشتند که دیواری با ارتفاعی بالاتر از سطح دید دور تا دور بام را قرار می گرفت. هدف از تعبیه جان پناه، علاوه بر حفظ امنیت و حریم خصوصی افراد، سایه اندازی و تاحد ممکن حفاظت بدنه و سقف ساختمان از تابش نور خورشید بوده است (سفلایی، ۱۳۸۲). بناهای دارای گنبد در جهت کاهش انرژی مصرفی و کاهش انرژی حرارتی خورشید عملکرد بهتری دارند. فرم گنبدی سقف، با افزایش سطح بام، سبب تقسیم انرژی خورشید بر سطح وسیعتر، کاهش دمای متوسط بام و انتقال گرمای کمتر به محیط داخلی می گردد (خیرآبادی، ۱۳۷۶).

ب- دیوار: دیوارهای قطور و به عرض یک متر، از عناصر شاخص معماری بومی اقلیم گرم و خشک به شمار می رود که عمدتا دیوارهای خشتی را شامل می شوند. همانگونه که پیشتر اشاره شد، عریض بودن این دیوارها، مزیت های گرمایی را پدید می آورند که سبب تاخیر در رسیدن انرژی حرارتی تابشی به جداره بیرونی در طول روز به محیط داخلی می گردد. به عبارت دیگر، ضخامت محاسبه شده و عریض بودن دیوارها، با انباشتن گرمای خورشید در درون خود، آزاد کردن و انتقال آن را به محیط داخلی تا چندین ساعت و حتی تا خنک تر شدن هوا به تاخیر بیندازند (سفلایی، ۱۳۸۲).

ج- پنجره: در گذشته، پنجره های اقلیم گرم و خشک ایران به دلیل مقاومت پایین گرمایی، عمدتا کوچک، در قسمت فوقانی دیوار و زیر سقف تعبیه می شدند. دیوارهای خارجی با کمترین میزان پنجره طراحی می شدند و تهویه محیط داخل از طریق پنجره های بیشتر دیوارهای رو به حیاط انجام می گرفت (سفلایی، ۱۳۸۲). از دیگر روش های کاهش گرما در خانه های سنتی این اقلیم، استفاده از پرده های حصیری در محیط بیرونی پنجره می باشد. نصب پرده های حصیری از ایجاد پدیده گلخانه ای جلوگیری و به آسایش حرارتی مربوط به پنجره ها کمک می کند (مضطرزاده و حجتی، ۱۳۹۴).

د- رنگ: رنگ سقف و دیوارهای بنا در اقلیم گرم، به عنوان عناصری که بیشترین میزان تماس و قابلیت جذب انرژی حرارتی خورشید را دارند، از عوامل مهم کنترل کننده دما و میزان مصرف انرژی ساختمان می باشد. استفاده از رنگ روشن در سطوح بیرونی بنا، درجه حرارت بالای ناشی از تابش نور خورشید را کاهش می دهد (Givoni، ۱۹۷۶).

۱۰- روش های ذخیره سازی انرژی حرارتی در ساختمان های حاوی تغییرفاز دهنده

برای ذخیره سازی انرژی حرارتی در مواد تغییر فاز در ساختمان، دو روش وجود دارد: روش مستقیم و روش غیرمستقیم.

در روش مستقیم، هدف، تأمین بار گرمایشی ساختمان با آزاد سازی مستقیم انرژی کرمایی از مواد تغییر فاز دهنده به محیط اطراف می باشد. مواد با نقطه ذوب ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد، دارای دمای ذوب نزدیک به دمای آسایش ساکنین داخل ساختمان می باشد که در روش مستقیم کاربرد دارند. به عبارتی دیگر، استفاده از مواد تغییر فاز دهنده با دمای ذوب ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد، سبب می شود با گرم شدن هوای داخل ساختمان و رسیدن دمای هوا به دمای ذوب ماده PCM، گرمای اضافی توسط این مواد جذب شده و ذوب شوند و بقیه گرمای موجود را بصورت گرمای نهان در خود ذخیره کنند. این امر سبب می شود که در طول ساعات گرم، دمای هوا از دمای ذوب مواد PCM و محدوده آسایش حرارتی خارج نشود. همچنین درساعات سرد، با پایین آمدن دمای هوا، این مواد بطور هوشمند عمل کرده و گرمای ذخیره شده را به محیط داخل پس می دهد و مجددا به فاز اولیه خود بازمی گردد. (منصوری، پیرکندی وافشاری، ۱۳۹۴) در روش مستقیم، در مواردی که مواد تغییر فاز دهنده در دیواره های خارجی و مجاورت با انرژی خورشید تعبیه می شوند، با تابیدن نور خورشید در ساعات گرم روز به ساختمان، گرمای خورشید را جذب می کنند و از تاثیر گرمای آن بر ساختمان جلوگیری می کنند.

توان و ظرفیت ذخیره سازی انرژی در این مواد تا حدی است که می تواند با ذخیره مقدار زیادی انرژی در حجم بسیار کم ماده، آسایش حرارتی ساختمان را فراهم کند. منصوری (۱۳۹۴) در مثالی آورده است که حداقل و حداکثر دمای یک محیط در ساعات سرد و گرم، ۱۵درجه سانتی گراد اختلاف داشته باشد، یک کیلوگرم از مواد تغییر فاز دهنده می‌تواند معادل چهارکیلوگرم آب یا بیست کیلوگرم سنگ یا بتن انرژی گرمایشی را در خود ذخیره کند. درروش غیرمستقیم، دمای مناسب ذوب مواد، ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. در این روش، حرارت جذب شده توسط تغییر فاز دهنده ها، به طور مستقیم باعث گرم شدن هوای محیط اطراف نمی‌شود، بلکه از گرمای آن در گرم کردن سیستم های گرمایشی بکار می رود.

منصوری (۱۳۹۴) در تحقیق خود به این نتیجه رسیده است که در حال حاضر، عمدتا از مواد تغییر فاز دهنده پارافینی و نمک های آبدار در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. نمک های آبداری مانند سولفات سدیم (Na2So4.10H2O) و کلرید کلسیم (CaCl2.6H2O) از ترکیبات غیرآلی هستند که با دمای ذوب حدود ۳۰ درجه سانتی گراد، به روش مستقیم در ساختمان استفاده می شوند. اما پارافین ها با دمای ذوب ۵۵ درجه سانتی گراد، انتخاب مناسبی برای کاربرد در روش غیرمستقیم می باشد.

بطور کلی تغییر فاز دهنده ها در ساختمان، به دو روش فعال و غیرفعال عمل می کنند (Zelba, M.Marian, Feabeza, Mehling): سیستم های غیر فعال مواد تغییر فاز دهنده، در روش مستقیم بکارگرفته می شود. در این سیستم، مواد تغییرفاز دهنده، انرژی حرارتی را مستقیما از منبع گرمایی جذب می کند و با تغییر در شرایط آب و هوایی و کاهش دما، بدون واسطه، گرما را به محیط پس می دهد. مواد تغییر فاز دهنده در سیستم غیرفعال، در جداره های خارجی ساختمان و در ارتباط مستقیم با هوای محیط بیرون بیشتر استفاده می شوند تا بتوانند در طول ساعات گرم روز، انرژی حرارتی خورشید را جذب و ذخیره کنند و در ساعات کاهش دما، گرمای ذخیره شده را به محیط بازگردانند (www.pcmproducts.net).

در سیستم های فعال ذخیره سازی، مواد تغییرفاز دهنده، انرژی گرمایی را به طور مستقیم جذب و به محیط اطراف پس نمی دهند، بلکه جذب انرژی از منابع گرمایی موجود و ذخیره سازی و انتقال آن به محیط، توسط تجهیزات دیگری مانند پمپ، لوله و... انجام می گیرد.

۱۱- مواد و مصالح مورد استفاده در معماری بومی

در معماری گذشته ایران، مواد و مصالح بومی مورد استفاده در ساختمان ها در هر اقلیم، آسایش حرارتی ساکنین را فراهم می کرد. از این رو در اقلیم گرم و خشک، مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی و مقاومت بالا در برابر گرما از جمله خشت، گل و آجر انتخاب و استفاده می شدند. و در صورت بکار بردن سنگ یا چوب، آن را با گل و خاک در هم می آمیختند تا مناسب استفاده در اقلیم گرم و خشک شود (نورتقانی، رحیمی، ۱۳۸۵). زمان تاخیر یا زمان بین ذخیره انرژی

حرارتی دیوار در یک سو و آزاد کردن آن در سمت دیگر، ویژگی مشترک همه مصالح ساختمانی می باشد (سفلایی، ۱۳۸۲). خشت و دیوارهای خشتی، اقتصادی ترین نوع مصالح این اقلیم می باشد که در تهیه آن از خاک برداشت شده حیاط و گودال باغچه بهره می بردند، اما دیوارهای خشتی به دلیل مقاومت فشاری پایین خشت، عریض هستند که سبب پیدایش ویژگی های زیر در دیوارهای خشتی شده است:

۱- ظرفیت بالای حرارتی دیوارهای عریض و قطور خشتی، به عنوان انباره گرما عمل می‌کند؛

۲- پایین بودن ضریب انتقال حرارتی خشت، به عنوان یک عایق حرارتی برای جلوگیری از نفوذ گرما در طول روز به داخل ساختمان عمل می کند؛

۳- رنگ محیطی و بافت زبر آن، موجب پایین بودن میزان جذب گرمای تابشی و بالا بودن پراکندگی در بازتاب آن می شود (احمدی، ۱۳۸۴).

درکل می توان گفت که خشت به عنوان پرکاربردترین نوع مصالح بومی در معماری سنتی و گذشته ی اقلیم گرم و خشک و دیوارهای خشتی ساخته شده از آن با عرض زیاد به عنوان بخش اصلی در معرض خورشید، با بازتاب پراکنده تابش خورشید، جذب، ذخیره و عدم انتقال انرژی حرارتی در طول روز و آزاد کردن آن در ساعات سرد شب، به میزان قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی موثر بوده است.

۱۲- استفاده از مواد دو فازی در مصالح ساختمانی

برای استفاده از مواد تغییرفاز دهنده در بخش های ساختمان و بهره گیری از انرژی ذخیره شده این مواد، می توان آن هارا با مصالح ساختمانی مورد استفاده ترکیب کرد. روش مستقیم، روش غوطه ور سازی، روش کپسوله کردن در مقیاس ماکرو و میکرو وجود دارد. در روش مستقیم، مواد تغییرفاز دهنده بصورت مایع، پودر و یا خمیر با مصالح ساختمانی موجود مانند سیمان، گچ، بتن و... ترکیب می شود (منصوری، ۱۳۹۴)(www.pcmproducts.net). از آنجا که می توان از بتن، در پوشاندن سقف و پشت بام استفاده کرد، مخلوط کردن PCM ها با بتن درپشت بام، تأثیر مثبتی بر فلسفه مواد تغییرفاز دهنده خواهد داشت. استفاده کردن از گچ حاوی تغییرفاز دهنده ها نیز در سرد و گرم شدن فضای داخلی و کاهش مصرف انرژی موثر است. در روش غوطه ور سازی، مصالحی مانند آجر و... را در تغییرفاز دهنده های مذاب غوطه ور می کنند تا حفره های داخلی مصالح، با این مواد کاملا پوشانده و جذب شود (منصوری، ۱۳۹۴).

کپسوله کردن یا محصور کردن PCM ها در مقیاس ماکرو و میکرو، از روش هایی است که برای نگهداشتن این مواد در قالب‌های مخصوص بکار می رود. از آن جا که مواد تغییر فاز دهنده در دو حالت مایع و جامد نیز وجود دارند، لذا این مواد بایستی درون محفظه‌هایی قرار گرفته و استفاده شوند تا از جاری شدن و هدررفت آن‌ها در فاز مایع جلوگیری شود (آرامی، ۱۳۹۲). در روش نگهداری ماکرو، تغییرفاز دهنده ها در محفظه های کروی، مکعبی و استوانه ای قرار می گیرند و به این شکل، در داخل مصالح تعبیه می شوند. در حالت میکرو، ذرات مواد تغییرفاز دهنده در ابعاد کوچکتر به صورت لایه های بسیار نازک ساخته شده و به وسیله فیلم پلیمری، پایدار می شود و به صورت یک یا چند لایه، در داخل مصالح ساختمانی از قبیل زیر گچ دیوار در نزدیکی فضای داخلی، پشت نمای ساختمان در مجاورت فضای خارجی و یا مابین دیوار ها تعبیه می گردد. امروزه مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان جایگاه ویژه ای در بحران مصرف انرژی دارد و می توان این مواد را در اجزای مختلفی از ساختمان در موارد گرمایشی و سرمایشی از قبیل دیواررو به خورشید (E iamworawutthikul)، دیوار ترومب (Zalba, 2003)، سیستم های گرمایش از کف و سقف های کاذب (Benard, 1981)، کرکره (ehling, 2004) و یا تخته گچ (Feldman, 1989).

۱-۱۲- مصالح ساختمانی حاوی میکروکپسول: به منظور عدم جاری شدن مواد تغییر فاز دهنده در فاز مایع، باید آن ها را بصورت بسته های حاوی این مواد به عناون محفظه هایی برای نگهداری آن ها استفاده کرد. مواد تغییرفاز دهنده در بازار، بصورت کره های ریزی با قطر بین ۱ تا ۳۰ میکرومتر و با عنوان میکروکپسول موجود می باشند. اندازه بسیار ریز میکروکپسول ها این امکان را فراهم می کند تا در خلل و فرج انواع مصالح ساختمانی و یا در زمان تولید ملات مورد استفاده قرار گیرند اما جنس میکروکپسول های باید از مواد تغییر فازدهنده در مقابل نیروهای مکانیکی، گرمای ذخیره شده و مواد شیمیایی دیگر محافظت کند (آرامی، ۱۳۹۲). همچنین از این میکروکپسول ها می توان برای افزودن مواد تغییرفازدهنده به دیوارهای قدیمی و سنتی نیز استفاده کرد؛ ازاین طریق که میکروکپسول هارا در خلل و فرج دیوارهای سنتی تعبیه می کنند.

۲-۱۲- پاکت های مواد تغییرفازدهنده: پاکت های حاوی مواد تغییرفاز دهنده، شکلی دیگر از تولید تجاری این محصول است که به منظور کم کردن هزینه بالای تولید میکروکپسول ها، تغییرفازدهنده ها را درون پاکت هایی باالعاد بزرگتر قرار می دهند. برخلاف میکروکپسول ها، ابعاد بزرگتر پاکت ها استفاده از مواد تغییر فاز دهنده را در ملات ساختمان و یا فضاهای ریز، مانند خلل و فرج مصالح امکان پذیر نمی کند و باید از این پاکت ها بصورت پانل های مهارشده سخت یا انعطاف پذیر در جداره دیوار ها و یا بصورت لایه ای در سقف استفاده شوند (ehling,2004)

۳-۱۲- سقف: سقف از جداره های مهم خارجی ساختمان محسوب می شود که شاید بیشترین سطح تماس با نور خورشید و نقش مهمی در جذب و ذخیره کردن این انرژی داشته باشد که در سیستم غیرفعال ذخیره سازی کاربرد بیشتری دارد. با تعبیه مواد تغییر فاز دهنده بین بتن سقف و یا قالب بام، بصورت‌های مختلفی مانند استفاده میکروکپسول های حاوی ماده تغییر فاز دهنده در ترکیب بتن، کپسوله کردن این مواد در احجام استوانه ای، استفاده از صفحات میکرو ماده PCM در لایه های سقف و...، میزان جذب انرژی خورشیدی افزایش خواهد یافت.

۴-۱۲- دیوار ترومب: دیوار ترومب نمونه ای سیستم ذخیره کننده غیرفعال به شمار می رود. این دیوار، ترکیبی از مصالح بنایی و مواد تغییر فاز دهنده می باشد که در ضلع جنوبی ساختمان با فاصله حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی متری از یک دیوار شیشه ای قرار می گیرد (Farid, khudhair, Razack, Hallaj,2004) به بیان دیگر، دیوار ترومب نوعی ذخیره کننده انرژی حرارتی می باشد که ساخته شده از یک دیوار تیره از جنس مصالح بنایی و پوشانده شده با دیوار شیشه ای است و مواد تغییر فاز دهنده، به صوری که قبلا اشاره شد - مانند کپسوله کردن میکرو- به صورت لایه ای درون دیوار تیره تعبیه می شوند و زمینه ذخیره انرژی نور خورشید، استفاده از آن و تهویه وتامین آسایش در ساختمان را فراهم می کند (Zamora, Kaiser,2009)

مخترع دیوار ترومب، ادوارد مورس، مهندس آمریکایی است که در سال ۱۸۸۱ طراحی خود را به ثبت رسانده است اما فیلیپس ترومب، مهندس فرانسوی این دیوار را به تولید عمومی رسانده است. دیوار ترومب، الحاقاتی دارد که راندمان دیوار را بالا برده است که از جمله آن ها، دریچه، فن ها، عایق، ضخامت، مواد دیوار، مواد پوشش دیوار می باشد. دیوار ترومب از لحاظ تهویه به دو نوع دارای تهویه و بدون تهویه دسته بندی می شود. دیوار دارای تهویه، دو دریچه در بالا و پایین دیوار تعبیه شده تا به گردش حرارتی که بین دیوار و سطح شیشه ای ایجاد می شود کمک کند؛ به این صورت که در مواقع سرما، هوای سرد از طریق دریچه پایینی وارد

فضای بین دیوار و شیشه می شود و پس از گرم شدن، از طریق دریچه بالایی به داخل اتاق منتقل می شود.کارکرد دیوار ترومب از طریق جذب نور خورشیدی و تبدیل آن به انرژی می باشد؛ به گونه ای که انرژی گرمایی خورشید را در ساعات روز و اوج گرما جذب نموده و در ساعات سرد که ساکنین ساختمان به گرما نیاز دارند، انرژی ذخیره شده را آزاد می کند (Koyunnbaba, 2011) (Liovera,2011) . جابر و همکاران در یک خانه در آب و هوای اردن، به بررسی عملکرد مساحت دیوار نسبت به مساحت کل دیوار پرداخته اند. نتایج تحقیقات آن ها نشان می دهد که این نسبت، دارای اثر مستقیم بر بازده حرارتی است. به بیان دیگر، هرچقدر که مساحت دیوار ترومب بیشتر باشد و سطح وسیع تری از ضلع جنوبی ساختمان را پوشش دهد، بر کاهش مصرف انرژی تاثیر بیشتری دارد (Jaber,2011). مک فارلند و بالکمب، گردش حرارت در دیوار ترومب دریچه دار و بدون دریچه و عملکرد آن را در شرایط آب و هوایی آمریکا بررسی کرده اند. نتایج آنها بیان می کند که ایجاد جریان معکوس حرارت در دریچه ها در طول شب، میزان بهره وری دیوار ترومب دریچه دار را کاهش می دهد و استفاده از آن را رد می کند (Balcomb,1978). گروهی از دانشمندان پرتغالی، یک مطالعه شبیه ساز توسط نرم افزار انرژی پلاس در سه منطقه آب و هوایی پرتغال، با هدف تعیین اثر دریچه ها در بهره وری دیوار ترومب انجام دادند که نتایج بر عکس نمونه قبل در آمریکا، مثبت بود (Ferreira,2011). اونیشی و گروهی از دانشمندان ژاپنی، با استفاده از یک شبیه سازی دینامیک سیالات، رفتار حرارتی دیوار ترومب حاوی مواد تغییر فاز دهنده را در یک اتاق مورد بررسی قرار داده اند. در این تحقیق، سه گروه ماده تغییر فاز دهنده مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند و ثابت شد که مواد تغییر فاز دهنده تاثیر مثبت قابل توجهی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان دارد (Onishi,2001). بوردو مطالعه دیگری بر مواد تغییر فاز دهنده در دیوار ترومب، در مقایسه با دیوارهای چوبی و حتی دو جداره را انجام داده است و مشخص شد که گرمای نهان ذخیره شده در PCM ها در دیوار ترومب، حتی موثرتر و کارآمدتر از دیوارهای بتنی می‌باشد(Bourdeau).

۵-۱۲- بلوک‌ها و دیوار های پیش ساخته: مواد تغییر فاز دهنده در بلوک‌ها و دیوارهای پیش ساخته، نوع دیگری از سیستم‌های غیر فعال هستند. از مزیت این دیوارها ارزان بودن آن ها و تعبیه مناسب مواد تغییر فاز دهنده می باشد. تحقیقات نشان داده است که ۵تا۸ میلیمتر از PCMها در یک دیوار خارجی، معادل ۲۳ میلیمتر دیوار بتنی ساده، در آسایش حرارتی نقش خواهد داشت (منصوری،۱۳۹۴). روش دیگری برای افزودن تغییرفازدهنده ها به این دیوارها وجود دارد که روش اشباع کردن دیوار می باشد. بر روش اشباع کردن و تزریق مواد تغییر فاز دهنده به دیوار، تحقیقات زیادی صورت گرفته است(Kedl 1991, Rudd 1993, Athienitis 1997, Kauranen 1991)؛ زیرا در این روش از مواد تغییرفازی توسعه یافته آزمایشگاهی استفاده می شود که استفاده از آن ها راحت است.

روش اشباع این مواد در دیوار، توسط Feldman و همکاران (۱۹۸۹)، بدین صورت شرح داده شده است: برای کمک به جذب PCM در مصالح دیوار و اشباع آن، از حمام بخار کنترل شده استفاده می شود. بعبارتی، PCM در یک فلاسک حرارت داده می شود و سپس در دمای کنترل شده، مقدار وزن مشخص از دیوار، برای جذب PCM تحت شرایط خلاء قرار می گیرد. پس از مدتی، صفحات دیوار از مقادیر باقی مانده PCM برروی آنها پاک شده و به مدت ۴۸ ساعت در شرایط خاص خشک می‌شوند. در نهایت، دیوار موجود، ظاهرا خشک شده و جنس عادی دیوار را به خود گرفته است، اما محاسبه درصد جذب نشان می دهد که مواد تغییر فازی، به طور کامل جذب دیوار شده و صفحات دیوار را پوشانده اند. بهترین نتایج نشان داد در صورتی که PCM ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و تحت فشار خلاء باشند، حدود ۶۵ میلی بار در ۳۰ دقیقه اشباع می شوند. مطالعات (فرید ۲۰۰۴) نشان می دهد که فرآیند غوطه ور سازی و اشباع کردن دیوارها با مواد تغییرفازی، دارای ظرفیت ذخیره سازی بالاتری نسبت به اضافه کردن گلوله های پرشده از مواد تغییر فازی به دیوار می‌باشد.

۶-۱۲- دیوارهای پیش ساخته گچی: روش ساخت و تولید دیوارهای گچی صنعتی توسط Feldman و همکاران (۱۹۹۱) ارائه شده است. بر اساس این روش، با مخلوط کردن دوغاب گچ $CaSO4\cdot\frac{1}{2}H2O$ با آب و سایر مواد افزودنی به دست می آید. دراین مرحله، مواد تغییر فازی را به صورت یک مخلوط همگن به ترکیب گچ موجود اضافه می کنند و خمیر گچ شکل گرفته بین دو لایه ی کاغذی، قرار می‌دهند تا هم شکل مورد نیاز دیوار را به خود بگیرد و هم آب اضافی را جذب کند و دیوار گچی خشک شود. با این حال، PCM ها تمایل به حضور در حالت خمیری شکل گچ دارند که سبب ناپایداری دیوار می شود. برای جلوگیری ازاین اتفاق، ماده ای مانند وینیل الکل افزوده می شود. نتایج این روش نشان می دهد که PCM ها می توانند به راحتی سطح دیوارها را پوشش دهند و در مقایسه با دیوارهای سنتی گچی، کاربرد بهتر و سریعتری دارند و تمامی خواص فیزیکی دیوار را حفظ می کنند.

۷-۱۲- عایق های شفاف مواد تغییر فاز دهنده: در پنجره های ساختمان، می توان به جای استفاده از شیشه، از عایق های شفاف ساخته شده از مواد تغییرفاز دهنده بهره برد. پنجره های شیشه ای، درکنار مزیتی مانند عبور دادن نور روز به داخل ساختمان، به دلیل هدایت گرمایی بالا، اثر نامطلوبی برآسایش حرارتی داخل ساختمان خواهند داشت. می توان به جای شیشه، از مواد تغییر فازدهنده شفاف استفاده کرد که علاوه بر عبور نور به داخل و قاب کردن منظره بیرون، به علت هدایت حرارتی پایینی که دارند، عایق حرارتی مناسبی برای ساختمان می باشد (Jain,2009). عایق های شفاف ساخته شده از مواد تغییرفازدهنده، دارای شفافیت بالایی هستند، نور مرئی خورشید را از خود عبور می دهند و در عین حال، مادون قرمز نور و گرمای موجود در آن را در خود ذخیره می کند (Feldman,1989) و می‌تواند به راحتی جایگزین شیشه های معمولی در ساختمان شود. دانشمندان سوئیسی نوعی شیشه دو جداره ساخته اند علاوه بر اینکه شیشه ها از مواد مخصوصی ساخته شده اند، فاصله بین دو پانل شیشه ای را از مواد تغییرفازدهنده پر شده است (www.glassx.ch). شیشه جداره خارجی این پنجره، پانلی مجهز به یک فیلتر منشوری درخشان می باشد که زاویه های بالای اشعه خورشید را بازتاب و اشعه هایی با زاویه کوچک تر را از خود عبور می دهد که درواقع نوعی کنترل برای عبور نور درتابستان و زمستان است. در هوای گرم تابستان که نور در زاویه بالاتری می تابد، با برخورد به پانل شیشه ای، بازتاب می شود و هوای درون ساختمان را گرم تر نمی کند؛ اما اشعه نورخورشید در زمستان که زاویه کمتری با خط عمود بر شیشه می سازد، وارد فضای داخل می شود. مواد تغییر فاز دهنده موجود در فاصله پانل‌های شیشه‌ای، با انرژی گرمایی خورشید، به مایع شفاف تغییر فاز می دهند و درعین حال که نور را به داخل هدایت می‌کند، گرمای آن را جذب می‌کند. با سرد شدن هوا و کاهش انرژی گرمایی، به فاز جامد باز می گردد و گرمای خود را به درون ساختمان آزاد می کند. مواد تغییرفاز دهنده مابین پانل های شیشه ای، حتی در فاز جامد نیز مقداری نور به داخل ساختمان هدایت و فضا را روشن می‌کند.

۸-۱۲- کرکره: نمونه دیگر بکارگیری مواد تغییرفاز دهنده در سیستم غیرفعال ذخیره سازی، کرکره‌های حاوی این مواد می‌باشد که در بیرون از سطح پنجره‌ها و در تماس با نور خورشید تعبیه می‌شوند. در طی روز به سمت بیرون باز می‌شود که علاوه بر عبور دادن جریان نور به داخل ساختمان، انرژی گرمایی آن را جذب می‌کنند و در ساعات شب، با بستن این کرکره‌ها، انرژی ذخیره شده به داخل ساختمان آزاد می‌شود.

۹-۱۲- پمپ گرمایی خورشیدی: در این سیستم فعال ذخیره سازی، انرژی گرمای خورشید، به طور مستقیم توسط مواد تغییرفاز دهنده جذب نمی‌شود. در این سیستم، مواد تغییر فاز دهنده در بخش‌های مختلف ساختمان از جمله کف ساختمان و حتی سقف کاذب، به صورت‌های مختلف (استوانه ای، کروی و...) تعبیه می‌شوند. در این سیستم، انرژی خورشیدی توسط کلکتورهای حرارتی که در معرض تابش آفتاب در بالای ساختمان قرار دارند و حاوی لوله های آب می‌باشد، جذب می‌شود. انرژی جذب شده به آب درون لوله منتقل می شود و توسط پمپ، به محفظه های حاوی مواد تغییرفاز دهنده هدایت می شود.گرمای موجود در آب، گرمای موجود در آب، باتغییرفاز ماده، بدون بالابردن دما در آن ذخیره می شود. با سرد شدن هوا، مواد تغییرفاز دهنده تعبیه شده در ساختمان، گرما را به ساختمان باز پس می دهد و خود به فاز اولیه باز می گردد. به این ترتیب، بخشی از گرمایش اصلی ساختمان (که می تواند گرم کردن کف ساختمان های سرامیکی امروزی باشد) از این راه تامین می شود (منصوری، ۱۳۹۴)

نتیجه گیری

خانه‌های بومی و سنتی اقلیم گرم و خشک ایران، با مهارت ها و تجربه های حاصل شده در ساخت سقف های اغلب گنبدی برای تجمع گرما در گنبد و خروج آن از روزنه های ایجاد شده، دیوارهای قطور خشتی برای بالابردن ظرفیت حرارتی دیوارها و افزایش زمان انتقال حرارت بیرونی به فضای داخلی، ساخت حیاط مرکزی و بهره بردن از ویژگی هیا تهویه مطبوع آن، ساخت گودال باغچه و فرورفتن در زمین جهت استفاده از شرایط آسایش حرارتی قنات های اطراف، تعبیه پنجره‌های کمتر و کوچیکتر در جبهه بیرونی ساختمان و استفاده از پنجره های بزرگتر رو به حیاط و همچنین طراحی فضاهای تابستان نشین پشت به آفتاب و زمستان نشین رو به آفتاب، تاکنون نیز توانسته اند آسایش و آرامش حرارتی مطلوبی را برای ساکنین خود فراهم کنند. از آنجا که در خانه های امروزی امکان ساخت سقف‌های گنبدی، دیوارهای قطور و حتی حیاط مرکزی وجود ندارد، از روش‌های تعبیه مواد تغییر فاز دهنده در ساخت دیوارها، سقف های کاذب، بلوک های مورد استفاده در سقف و دیوار و ساخت عایق های حاوی مواد دوفازی و استفاده از آن ها به جای شیشه در پنجره ساختمان ها، می توان تا حد زیادی، از ورود انرژی حرارتی خورشید به فضای داخلی در اقلیم گرم و خشک جلوگیری کرد و خانه های با شرایط اقلیمی بهینه برای کاهش مصرف انرژی پدید آورد.

منابع

۱. آرامی حمیدرضا، مختاری یزدی مطهره، ۱۳۹۲، "ذخیره سازی انرژی در ساختمان بااستفاده از مواد تغییر فاز دهنده"، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶
۲. آیین سمیرا، دلجوان نگار، نصراللهی نازنین، پورفلاح حامد، ۲۰۱۳، "کاربرد مواد تغییر فازدهنده در ساختمان با هدف کاهش مصرف انرژی"، کنفرانس بین المللی مهندسی عمران معماری و توسعه پایدارشهری،تبریز، ایران
۳. احمدی، فرهاد، ۱۳۸۴، "شهر خانه حیاط مرکزی" صفه شماره ۴۱، دانشگاه شهید بهشتی
۴. پیرکندی جاماسب، ۱۳۸۱، "بررسی تاثیر ضریب انتقال حرارت جابجایی در بهینه سازی سیستم های ذخیره کننده انرژی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۵. پیرکندی جاماسب، لطفی حسن، ۱۳۸۳، "مواد تغییر فاز دهنده"، مجله علمی ترویجی مهندسی مکانیک، شماره ۳۸، دی ماه
۶. توسلی محمود، ۱۳۶۱، "ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک"، پیام، تهران
۷. حق شناس کاشانی سمیرا، ۱۳۸۸، "کاهش مصرف انرژی در ساختمان با ذخیره انرژی در مواد تغییر فاز دهنده"، اولین کنفرانس بین المللی گرمایش سرمایش و تهویه مطبوع، تهران، ایران
۸. خدابخشی،شهره؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید، ۱۳۸۰، " ساخت و ساز پایدار در ارتباط با معماری سنتی ایران"، سومین همایش ملی انرژی ایران، تهران
۹. خیرآبادی، مسعود، ۱۳۷۶، "شهرهای ایران"، نشر نیکا، چاپ اول، تهران
۱۰. دهقان منشادی، مهدی، ۱۳۸۵، " توسعه پایدار در سایه روشن های شهر"، انتشارات مفاخر، چاپ اول، یزد
۱۱. راپاپورت آموس، ۱۳۸۸، "انسان شناسی مسکن"، ترجمه: خسرو افضلیان، انتشارات حرفه، تهران
۱۲. سفلایی، فرزانه، ۱۳۸۲، "پایداری عناصر اقلیمی در معماری سنتی ایران – اقلیم گرم و خشک"، سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران
۱۳. شاطریان رضا، ۱۳۸۸، "اقلیم و معماری ایران"، انتشارات سیمای دانش، تهران
۱۴. فروتنی، سام، ۱۳۸۶، "کتاب مصالح و ساختمان"، انتشارات روزنه، تهران
۱۵. قاسمی مجید، پیرکندی جاماسب، ۱۳۸۸، "بهبود خواص مواد تغییر فاز دهنده باافزودن ذرات نانو"، هفدهمین کنفرانس سالانه و بین المللی مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، اردیبهشت
۱۶. قبادیان، وحید، ۱۳۸۷، " بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، تهران
۱۷. کاک نیلسن، هالگر، ۱۳۸۹،"معماری همساز با اقلیم:اصول طراحی زیست محیطی در مناطق گرم"، ترجمه:فرزانه سفلایی، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری، وزارت مسکن و شهرسازی، چاپ اول، تهران
۱۸. کسمایی مرتضی، ۱۳۸۷، "اقلیم و معماری"، نشر خاک،اصفهان، چاپ پنجم
۱۹. مازریا ادوارد، ۱۳۸۵، "معماری خورشیدی غیرفعال"، ترجمه آقازاده بیژن، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت
۲۰. مضطرزاده، حامد؛ حجتی، وحیده، ۱۳۹۴، "معیارهای ساختار محلات شهری پایدار با تکیه بر اقلیم گرم وخشک ایران"، انتشارات اذرخش، چاپ اول، تهران
۲۱. مفیدی شمیرانی، سیدمجید؛ مضطرزاده، حامد، ۱۳۹۳، "تدوین معیارهای ساختار محلات شهری پایدار"، فصل نامه باغ نظر، شماره ۲۹، تهران
۲۲. منصوری شبنم، جبار محسن، ۱۳۸۹، "طراحی سیستم دخیره ساز سرما برای یک ساختمان اداری در شهر اهواز و مقایسه آن با سیستم های سرمایشی مرسوم"، دومین کنفرانس بین المللی گرمایش سرمایش و تهویه مطبوع، تهران، خرداد
۲۳. منصوری شبنم، پیرکندی جاماسب، افشاری ابراهیم، ۱۳۹۴، "بررسی نقش مواد تغییرفازدهنده در مدیریت مصرف انرژی ساختمان"، فصل نامه علمی-ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو
24. See: www.pcmproducts.net ,2014

25. Athienitis A.K., Liu C., Hawes D., Banu D., Feldman D., 1997, "Investigation of the thermal performance of a passive solar test-room with wall latent heat storage", Building and environment 32
26. Athienitis A.K., Zhang J., Feldman D., 2005, "A study of double facades with phase changing storage and photovoltaics In Santamouris", proceedings of the 1st International coference on passive and low energy cooling for the environment
27. Belen Zelba, Jose M.Marian, Lusia Feabeza, Harald Mehling, "Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and application", Applied thermal eng 23
28. Balcomb JD, McFaland RD., 1978, "Simple empirical method for estimating the performance of a passive solar heated building of the thermal storage wall", National passive solar conference, Philadelphia PA
29. Bourdeau LE., "Study of two passive solar system containing phase change materials for thermal storage", Fifth nath passive solar conference
30. Bentz D.P., Turpin R., 2007, "potential application of phase change materials in concrete technology", Cement & concrete composites29
31. Benard C., Gobin D., Gutierrez M., 1981, "Experimental results of a latent heat splar roof used for breeding chickens", Solar energy No.6
32. Baetens R., Jelle B.P., Gustavsen A., 2010, " phase change materials for building applications: A state of the art review", Energy and buildings
33. Ehling M., Harald, 2004 "Innovative PCM Technology", 8th expert meeting and work shop, Turkey
34. Ferreira J., Pinheiro M., 2011, "In search of better energy performance in the Portuguese buildings the case of the Portuguese regulation", Energy policy
35. Feldman D., Banu D., Hawes D., Ghanbari E., 1991 "Obtaining an energy storing building material by direct incorporation of an organic phase change material in gypsum wallboard", solar energy materials22
36. Feldman D., Banu D., 1996, "DSC analysis for the evaluation of an energy storing wallboard", Thermochimica acta
37. Feldman D., Khan MA., and Banu D., 1989, "Energy storage composite with an organic phase change material", solar energy mater
38. Farid M., Khudhair A., Razack S., and Hallaj S., 2004 "A review on phase change energy storage: materials and applications", Energy Conversion and Management
39. Hasnain S.M., 1998, "Review on sustainable thermal energy storage technologies, Part 1: Heat storage materials and techniques", Energy conversion and management 39
40. Jaber S., Ajib S., 2011, "Optimum design of trombe wall system in mediterranean region", Solar energy
41. Jain L., Sharma S.D., 2009, "phase change materials for day lighting and glazed insulation in building", Journal of engineering science and technology
42. Jing-Cang S., Peng-Sheng M., 2006, "A novel solid-solid phase change heat storage material with polyurethane block copolymer structure", energy conversion & management 47
43. Liovera J., Potau X., Medrano M., Cabeza LF., 2011, "Design and performance of energy-efficient solar residential house in Andorra" Applied energy
44. Koyunbaba BK., Yilmaz Z., Ulgen K., 2011,"An approach for energy modeling of a building integrated photovoltaic (BIPV) trombe wall system", Energy and buildings
45. Onishi J., Soeda H., Mizuno M., 2001, "Numerical study on a low energy architecture based upon distributed heat storage system." Renewable energy
46. Pieppo K., 1991, "A multi component PCM wall optimized for passive solar heating", Energy building
47. Rudd A.F., 1993, "phase change material wallboard for distributed thermal storage in buildings", ASHRAE transactions: research 99
48. Zamora B., Kaiser A., 2009, "Thermal and dynamic optimization of the convective flow in trombe wall shapd channels by numerical investigation, Heat and Mass Transfer