

کاربرد مصالح هوشمند در معماری ساختمان‌های سبز

علیرضا میرزایی^۱

۱ کارشناس ارشد سنجش از دور، شهرداری قم، قم، ایران

نویسنده مسئول:

علیرضا میرزایی

چکیده

با توجه به اهمیت انرژی در ساختمان‌های سبز یکی از مهم‌ترین راهکارها در جهت دستیابی به معماری پایدار محیطی که سعی در همراهی با طبیعت به جای غلبه بر طبیعت و استفاده از انرژی تجدید پذیر به جای سوخت‌های فسیلی و در نتیجه جلوگیری از تباهی منابع طبیعی و آلودگی محیط‌زیست دارد شناخت فناوری‌های نوین و مزایای استفاده از آنهاست که با معماری هوشمند و سیستم مدیریتی ساختمان تحقق می‌یابد و موجب کاهش مصرف انرژی و همچنین تأمین شرایط آسایشی مطلوب برای ساکنان ساختمان سبز می‌گردد. با مرور تاریخ معماری قرن گذشته در زمینه آینده‌نگری، خواهیم دید که این آینده عموماً به وسیله مصالح و تکنولوژی‌هایی که در اعصار مختلف ساخته خواهد شد تعریف می‌شود یکی از چالش‌های مد نظر به منظور ارتقاء توسعه پایدار در صنعت ساختمان، استفاده از انرژی خورشیدی است که در این میان فتوولتائیک‌ها یکی از آخرین دستاوردهای ساختمان‌ها هستند و از تدابیر دیگر می‌توان از پانل‌های ETFE (ایده نمای منعطف با کنترل هوشمند) و مواد تغییر فاز دهنده در بام سبز را نام برد که کمترین میزان تبادل حرارتی را بین فضاهای داخلی و خارجی ساختمان به وجود می‌آورد، حال با توجه به اینکه در جهان امروز مسئله بحران انرژی از مسایل بسیار مهم تلقی می‌شود بنابراین مصالح هوشمند می‌تواند سعی در تطابق با شرایط محیطی داشته و بر اثر تغییرات محیط واکنش نشان دهد که در نگرش طراحی ساختمان‌های پایدار بهتر است از چنین مصالح پربازدهی که ماهیتی سازگار با محیط‌زیست داشته و سبب افزایش عمر مفید ساختمان می‌شود استفاده گردد. لذا این مقاله بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای سعی بر معرفی کاربرد مصالح هوشمند و عملکرد و مزایای استفاده از آن در معماری ساختمان‌های سبز دارد، که هدف اصلی استفاده از مصالح هوشمند و عملکرد آنها و مهمتر از آن نحوه به‌کارگیری و رفتار آنها در ساختمان سبز و طراحی آن هست. مهم‌ترین مزیت این مصالح بهینه‌سازی و مدیریت هوشمند انرژی برای دستیابی به معماری پایدار است.

واژگان کلیدی: ساختمان سبز، معماری سبز، معماری هوشمند، مصالح هوشمند.

مقدمه

ساختمان و زندگی در آن در طول دو دهه گذشته دست‌خوش تغییرات فراوانی بوده است. در واقع می‌توان بدین گونه بیان کرد که در روزگار ما جمعیت رو به افزایش و زندگی شهری، همراه با مصرف بی‌رویه انرژی و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های

انسان، معضلی بزرگ در حفظ محیط‌زیست می‌باشد، لذا معماری سبز از جمله جریان‌های مهم معماری در عصر حاضر است که در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و محیطی مطرح می‌گردد.

عناوین سبز و پایدار در واقع صفاتی هستند که وجود سازگاری با محیط‌زیست و ماندگاری در یک موضوع مصنوع، مثلاً ساختمان را مشخص می‌کنند. هر جامعه بایستی از پایه توسط ساکنان حال و آینده‌اش پشتیبانی شود. بدین لحاظ بایست طراحی و احداث ساختمان به گونه‌ای انجام شود که با سازگاری محیط‌زیست پایدار و هوشمند و با به‌کارگیری پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌ها در زمره‌ی بناهای نمونه و مطلوب قرار گیرد. یک ساختمان پایدار و سبز نه تنها در مقابل طبیعت قرار نمی‌گیرد بلکه در کنار و به موازات آن برای بهره‌برداری هر چه بیشتر از امکانات محیطی و تأمین آسایش انسان شکل می‌گیرد. یک ساختمان پایدار و سبز با استفاده از سیستم‌های پیشرفته و هماهنگ با شرایط طبیعی تنظیم و کنترل می‌گردد. طرح معماری بنا علاوه بر زیبایی و عملکرد خوب فضاها سعی در استفاده‌ی حداکثر از عوامل و منابع طبیعی از قبیل انرژی‌های تجدید پذیر (انرژی خورشید، انرژی زمین گرمایی، باد) و گیاهان برای تنظیم شرایط محیطی و در جهت آسایش بهره‌برداران را دارد.

معماری سبز برخاسته از معماری پایدار و توسعه پایدار بوده که این نیز ناشی از نیاز انسان امروز در مقابل پیامدهای سوء جهان صنعتی و مصرفی عصر حاضر است. حفظ و حراست از منابع طبیعی جهان، مصونیت از آلودگی هوا و سایر آلودگی‌های محیطی، حفاظت از لایه ازن، بهداشت جسمی و روانی، آینده بشریت از موضوعاتی است که در این راستا مطرح بوده و ضرورت آن به عنوان یک وظیفه جهانی روزبه‌روز آشکارتر می‌شود.

روش تحقیق

این مقاله بر اساس مطالعات اسناد کتابخانه‌ای جمع آوری گشته است.

۱. معماری سبز

طراحی سبز عملی است برای حل مشکلات که طی آن، منابع طبیعی قبل، بعد و طی پروسه تولید و ساخت به کمترین حد آسیب می‌بیند، به علاوه در مسیر این عمل مصالح باید مفید بوده، عمر مفید طولانی داشته و قابل بازگشت به چرخه طبیعت باشند. چیزهای با طول عمر زیاد هم مفیدند و هم بزرگ‌ترین مانع علیه اسراف و ضایعات، و این بهتر از استفاده مجدد یا بازیافت آن‌ها است.

اکنون زمانی است که منابع رو به زوال است، هنگامی که دغدغه معماران، معماران منظر، طراحان شهری، مهندسين و متخصصین ساختمان اساساً در چاره جوئی برای آینده است. متخصصین طراح باید حوزه مهارت و تخصص و فعالیت خود را در این زمینه بسط دهند که این از منابع حفاظت شود و حامی آینده فرزندان، نوه‌ها و نسل‌های بعدی باشد.

قبل از هر چیز که یک ساختمان سبز خلق شود مانند هر چیز دیگر به یک خالق احتیاج دارد. این موضوع یعنی ایجاد ساختمان سبز به سلامت فردی که در آن و در محیط اطراف آن زندگی می‌کند کمک خواهد کرد و از او پشتیبانی خواهد کرد و باعث رضایت‌مندی و سودمندی آنان خواهد شد. این موضوع نیازمند کاربرد با دقت انرژی‌های تصدیق شده در معماری است:

استفاده از طبیعت بادوام و منبع مواد با کفایت و تکیه بر خورشید برای استفاده‌های گرمایی و نیروی برق و روشنایی روزانه و دوباره استفاده کردن از ضایعات یک اتحاد و یکپارچه‌سازی ساختمانی ظریف این استراژی‌ها را تولید می‌کند. البته باید توجه داشت که تبدیل فرهنگ بشر به یک پایه و تغییر ساختار اساسی روح و سرشت انسان بستگی دارد. ما باید یکی شدن و به هم پیوستن و وابستگی به یکدیگر را با یک چیزی خیلی وسیع‌تر از خودمان را دوباره کشف کنیم. جهان طبیعت قلم مویی است روحانی که نسبت به همه چیز برتری می‌یابد. اول شخص و بعد جامعه این عقیده بولوزوف است. او عقیده دارد ما باید هر دو گروه را مجبور سازیم که موافق حقایق زندگی در جهان باشند. در غرب به این مسئله اعتقاد دارند که مزیت در طرح محیطی و طراحی آن در صورتی پیشرفت می‌کند و موفق خواهد بود که حقیقتاً مجتمع و گروه طراحی آن فقط گروهی از طراحان باشند.

اغلب از ساختمان سبز تعبیر به ساختمانی می‌شود که اثرات منفی آن بر روی محیط اطرافش کم باشد. هدف از ایجاد ساختمان‌های سبز بر اساس اصول ذکرشده بالا بهبود یافتن آب و هوا و جلوگیری از اثرات منفی ساخت‌وساز بر محیط‌زیست است. صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاربرد انرژی‌های پایدار در حال حاضر هیچ‌گونه نقشی در فرهنگ ساختمانی

کشور ندارد. علاوه بر آن در ساخت و سازهای مسکونی بخش خصوصی و خصوصاً مسکن طبقات مرفه ارقام نسبتاً مهمی به زیان سایر موارد ضروری هزینه در ساختمان صرف تزیینات افراطی و بی‌اصالتی می‌شود که عمدتاً بنام ابزارسازی مشهور است. انگیزه صرف این مبالغ نامتعادل در زیور آرایه‌ی احراز جلال و شکوه و نهایتاً رونق و موفقیت تجاری خصوصاً در حرفه بساز و بفروشی است. این مسئله متأسفانه به یک مد در جامعه تبدیل شده است که این نگران کننده است. اما چاره مشکل: انکشاف رویکردهای نوین زیبایی‌شناختی برای ایجاد دگرگونی و تحول در اذهان عمومی و جایگزینی الگوهای زیستی مبتنی بر تعادل صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف و احترام به محیط طبیعی و اجتماعی زیست به جای الگوهای منحط رایج کنونی امری ضروری است. لازمه این امر آن است که معماران بکوشند به جای دنباله‌روی در سلیقه عامیانه و بازاری پسند ذوق و سلیقه عمومی را در جهات سازنده و مفید اجتماعی هدایت کنند. معماران می‌توانند به مردم بیاوراند که طرح‌های اقلیمی و زیست‌محیطی کمتر از تزیینات رایج کنونی زیبا نیست. از طریق معماری می‌توان جامعه را از مطلوبیت و ارزش فراوان اقتصادی و زیست‌محیطی انرژی‌هایی که بهنام‌های بی‌زیان و آرام مشهور شده مطلع کرد. انرژی‌هایی که از دیدگاه هنرمندان و معماران می‌تواند به جای هر چیز دیگر زیبا نامید. آینده جهان در زیبایی‌های زیبا نهفته است. بیایید زیبایی نهفته در انرژی‌های پاک و حیات‌بخش را کشف کنیم. ارزش‌های معماری سنتی و سنت ارزش‌های زیست‌محیطی معماری سنتی بسیاری از کشورهای جهان واجد ارزش‌های بسیار فراوان در شیوه‌های گوناگون استفاده بهینه از انرژی و بهره‌برداری اکولوژیک از انواع انرژی‌ها و خصوصاً کاربرد انرژی‌های پایدار و بی‌زیان است. نوع مصالح و فنون ساختمانی رایج در گذشته خصوصاً آنچه که در رابطه با پایداری بنا به کار می‌رفته و عناصر باربر اصلی ساختمان را تشکیل می‌داده یعنی دیواره‌ها و سقف‌ها یا به عبارت کلی تر عناصر افقی و عمودی به علت دارا بودن حجم و وزن زیاد به طور خود به خودی و طبیعی در مقایسه با مصالح و مواد سبک‌وزن و کم حجم کنونی دارای ظرفیت بالای نگهداری و ذخیره انرژی و استعداد متعادل‌سازی حرارت در فضاهای مصنوع بوده است. درعین حال این ویژگی به هیچ روی به معنای آن نیست که زیبایی آسایش پایداری عالی و کیفیات ارجمند زیست‌محیطی و ابتکارات مربوط به استفاده بهینه از انرژی در معماری امری خود به خودی و پیش‌پاافتاده و بی‌نیاز از هوش قدرت خلاقه و علم و دانش تلقی شود. بر خلاف بررسی دقیق ویژگی‌های معماری حاکی از برخورداری از دانش و آگاهی بسیار ذکاوت و هوشمندی و دقت در جزییات معماری بذل توجه بسیار به امر ایجاد فضای راحت و آسایش داخلی زیبایی استحکام و عدم تخریب محیط و حفظ کیفیت زیست.

۱.۱ اصول معماری سبز

اصل اول : حفاظت از انرژی

اصل دوم : کار با اقلیم

اصل سوم : کاهش استفاده از منابع جدید

اصل چهارم : احترام به کاربران

اصل پنجم : احترام به سایت

اصل ششم : کل گرایی

۲.۱ مزایای یک ساختمان سبز:

- احتیاجات ساکنین آن را برآورده می‌کند.
- سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره‌وری و نشاط ساکنین خود را تأمین می‌کند.
- بهره‌گیری سنجیده از راهکارهای تأییدشده معماری پایدار، ساخت‌وساز با مواد غیر مسموم‌کننده، استفاده مؤثر از مصالح به دست آمده از مواد طبیعی پایدار، اتکا و وابستگی به خورشید برای نور روز، انرژی گرمایی و الکتریکی و بازیافت مواد را ملزم می‌کند.
- یک تلفیق معمارانه از این راهکارها در یک ساختمان که مایه افتخار استفاده‌کنندگان آن و در خدمت جهان طبیعی است.

بعضی از جنبه‌های معماری سبز عبارت‌اند از:

- افزایش آسایش، قابلیت زندگی و بهره‌وری.

- بهبود دوام، کیفیت و قابلیت نگهداری.
- ثبات وضعیت محیط داخلی.
- پس انداز پول به وسیله کم کردن هزینه زندگی.
- پی بردن به گزینه‌های ساختمان‌های با عملکرد بالای خورشیدی.
- انتخاب زمینه مصالح ساختمانی سبز جهت ایفای نقش شما برای کمک به حفاظت محیط زیست.

۳.۱ مصادیق پایداری معماری و معماری سبز

۱. استفاده از انرژی‌های طبیعی در مصرف روزمره
۲. استفاده از ضایعات و خصوصاً استفاده از پساب در تولید آب مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز
۳. به کارگیری شیوه‌های مناسب برای تقلیل انرژی هدررفته و یا کنترل آن و بهینه‌سازی مصرف انرژی
۴. استفاده از مصالح قابل بازیافت غیر شیمیایی و مصالحی که با سلامت انسان در تعارض نمی‌باشد.
۵. طراحی و ساخت‌وساز با مصالح نزدیک به طبیعت
۶. جلوگیری از اثرات منفی ساختمان و محصولات آن بر محیط
۷. استفاده از گیاهان طبیعی به عنوان الهام‌دهنده طراحی زنده در مشاعات
۸. اجتناب از صدمه رساندن به وضعیت اراضی به منظور استحصال سود بیشتر
۹. دستیابی به بیش‌ترین کیفیت زندگی در سایه اتکا به محیط زیست
۱۰. نحوه استفاده از زمین
۱۱. توجه به شخصیت اکولوژی منطقه
۱۲. توجه به خواص اقلیمی منطقه
۱۳. توجه خاص به اثر نور و هوا در طراحی کل مجموعه و چیدمان فضاهای عمومی و اختصاصی
۱۴. توجه به تحرک و زندگی در محیط باز

۲. مصالح سبز

- از استفاده آن دسته از مواد شیمیایی که آزن را از بین می‌برند در تجهیزات مکانیکی و عایق‌ها اجتناب کنید.
 - از مصالح ساختمانی به دست آمده از محل استفاده کنید. حمل و نقل حائز اهمیت است هم در انرژی مصرفی و هم در آلودگی عمومی.
 - از مصالح ساختمانی زائد یا فرآورده‌هایی که از مواد قابل برگشت به چرخه طبیعت به دست آمده‌اند از قبیل عایق سلولز، هوموسوت، تخته چند لا، آجر فرش کف ساخته شده از شیشه زمینی و پلاستیک بازیافتی به شکل الوار و کف پوش استفاده کنید.
 - فرآورده‌های چوبی معتبر را جستجو کنید. از الوار منحصرأ ضمانت شده و به دست آمده از جنگل‌های کنترل شده استفاده کنید.
 - از موادی که با گاز خود آلوده‌کننده هستند اجتناب کنید: حلال پایه رنگ و روغن، چسب‌ها، قالی، براده چوب و بسیاری از دیگر مصالح و فرآورده‌های ساختمانی، فرمالدئید و ترکیبات فرار ارگانیک VOC آزاد می‌کنند [14].
- از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی، گستره طراحی و ساخت ساختمان‌ها هر روز شاهد نوآوری‌های جدید در زمینه مصالح کارآمدتر و پربازده‌تر بوده است. در مسیر پیشرفت روزافزون، روزبه‌روز بر قابلیت‌های مصالح افزوده شده و انسان، همواره شاهد معرفی مصالح جدید به عرصه ساخت‌وساز بوده است. [2] مواد و مصالح مورد استفاده بشر در طی تاریخ و ادوار گذشته، نقشی انکارناپذیر در شکل‌دهی فضای ذهنی و در نتیجه زندگی انسان داشته‌اند. شاید از همین رو باشد که عده‌ای از اندیشمندان، اعصار زندگی بشر را با توجه به عنصر قالب مورد استفاده در آن دوران به عصر سنگ، عصر برنز، عصر آهن، عصر مواد مرکب (کامپوزیتها) و در نهایت دوران حاضر را عصر مواد هوشمند نام‌گذاری نهاده‌اند. [3] بنابراین همواره رابطه تنگاتنگ و نوعی پیوند

تاریخی ناگشودنی بین مصالح ساخت و معماری وجود داشته است تا اینکه در قرن بیستم، نقش مصالح و تکنولوژیها در معماری اهمیت بیشتری یافت. [4] بطوریکه واژه هوشمند (intelligent)، باهوش (Smart)، حساس (Adaptive) همه برای تعریف ساختارها و مصالحی به کار می‌روند که شامل حسگرها و محرکها (Actuators) بوده و توانایی سازگاری با تحریکات خارجی مانند بارها و تحریکات محیط را دارند. مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده‌هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند. به بیان دیگر این مصالح قابلیت تغییرپذیری داشته و قادرند شکل، فرم، رنگ و انرژی درونی خود را به طرز برگشت‌پذیر در پاسخ به تأثیرات فیزیکی و یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. معماری هوشمند پویا است؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه به نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می‌دهند. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده‌ای قادر به تجربه‌اندوزی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و با این خصیصه پویایی و خود سازمان‌دهی سامانه تضمین می‌گردد.

ویژگی‌های اصلی معماری هوشمند در مصالح سبز عبارت‌اند از:

- "تطبیق‌پذیر"
- پویایی و فعال بودن؛
- انعطاف‌پذیری و سازگاری با محیط؛
- واکنش‌پذیری و پاسخ ده بودن [1]

حال در این مقاله سعی شده مصالحی را نام برد که همسو با معماری سبز و پایدار باشند که دو مورد از آنها مورد تجزیه و تحلیل پرداخته شده

۱.۲. ETFE:

پانلهای ورق ETFE، بالشتک‌های پر شده از هوایی است که از ۲ تا ۵ لایه پلیمر ترکیبی اتیلن، بهنام تترا فلورو اتیلین تشکیل شده‌اند. ورق ETFE که از طریق فرآیند اکستروژن (دمیدن مذاب پلیمری درون قالبی به شکل دلخواه با فشار زیاد)، به شکل فیلم‌های نازکی درآمده، توسط یک قاب آلومینیومی نگه داشته می‌شود که به اسکلت ساختمان متصل است. این سازه غشایی مشبک سبک و شفاف، تنها تنش کششی را تحمل می‌کند و وزن پوسته خارجی و سیستم باربر سازه را به حداقل ممکن می‌رساند. بالشتک‌ها با فشار کمی، تقریباً $Pa220$ باد می‌شوند که به ورق ETFE مقاومت سازه‌ای بخشیده و سقف را به میزان بالایی عایق می‌کند.

سایر مزایا:

- بار مرده‌ی بسیار کم $m2\ gr/305$ با ضخامت $200\ \mu m$
- عبور نور و امواج UV زیاد
- مقاومت شیمیایی بالا در برابر اسید و باز
- سایه‌اندازی فعال
- عایق حرارتی فوق‌العاده
- تسهیل‌کننده‌ی تهویه‌ی طبیعی
- دوستدار محیط‌زیست و بازدهی انرژی بالا
- قابلیت پوشش دهانه‌های بزرگ در شکل‌های مختلف
- تهویه‌ی خودکار در هنگام آتش‌سوزی
- دوام فوق‌العاده
- عدم تأثیرپذیری از آلودگی جوی
- طول عمر بیش از ۳۰ سال

رنگ، شفافیت و کنترل نور خورشید

به علت قابلیت بالای عبور نور سقف‌های ETFE، وضوح رنگ‌ها در زیر این سقف بسیار مطلوب است به گونه‌ای که در طیف امواج مرئی، انگار همواره رنگ‌ها در زیر نور روز مشاهده می‌شوند. از ورقه‌ای رنگی نیز می‌توان استفاده کرد. ورق ETFE در محدوده‌ای نور مرئی ۳۸۰-۷۸۰ nm بسیار شفاف است به طوری که ۹۷-۹۴٪ از کل نور را عبور می‌دهد. میزان انتقال امواج فرابنفش (320-380nm) نیز بسیار خوب است (۸۸٪-۸۳٪). شایان‌ذکر است که ورق ETFE قابلیت بالایی در جذب امواج مادون‌قرمز دارد که این ویژگی به کاهش مصرف انرژی در ساختمان کمک خواهد کرد. با وجود اینکه ورق ETFE اولیه، بسیار شفاف است، به چندین روش می‌توان شفافیت و عبور نور آن را به دلخواه تغییر داد. ورق‌های ETFE می‌تواند با پوشش‌های مختلفی به منظور تغییر میزان شفافیت، چاپ شود همچنین می‌توان طرح‌های مختلفی بر روی آن چاپ کرد تا میزان جذب نور با حفظ شفافیت کاهش یابد و یا اینکه ورق‌ها با رنگ سفید چاپ شوند تا شفافیت آن تغییر کند. میزان شفافیت با اضافه کردن لایه‌های دیگر به سیستم قابل تغییر است. با تغییر جزی فشار در لایه‌های مختلف بالشتک‌ها می‌توان ویژگی سایه‌اندازی و انعکاس متفاوت ایجاد کرد تا در لایه‌های میانی تصاویر مات به وجود آورد که متناوباً با یکدیگر همپوشانی دارند.

ابعاد پانل و بالشتک‌ها

توان بارگذاری محدود ورق‌ها ۵ به این معنی است که حداکثر دهانه قابل باد شدن، بسته به هندسه قطعات و سقف در حدود ۴/۵m و برای قطعات طولی و ۷/۵ متر برای قطعات مدور یا مربعی است. دهانه‌های بزرگ تر معمولاً باید توسط کابل‌ها و یا شبکه‌های کابلی تقویت شود.

در سازه‌هایی که به صورت مکانیکی پیش تنیده می‌شوند، برخلاف سازه‌های بادی چند لایه، که توسط اختلاف فشار هوا پیش تنیده می‌شوند، قطعات کوچک تر تک لایه‌ی پوسته، به سمت لبه‌ها کشیده شده و متصل می‌شوند (پیش تنیدگی توسط کشش ایجاد می‌گردد). به علت توان تحمل نیروی محدود در ورقه‌ها در مقایسه با سازه‌های غشایی پارچه‌ای، کاربری آن‌ها به سازه‌های کوچک و یا برای فضا‌های بزرگ، به سازه‌ای با تکیه‌گاه‌های فراوان (حداکثر بافاصله‌های ۵/۵ متر) محدود شده است.

نگهداری

برخلاف سازه‌های پارچه‌ای، ورق ETFE یک ماده‌ی اکستروژده شده است، بدین معنی که سطح آن بسیار صاف است. نتیجه‌ی این صافی به همراه ویژگی ضد چسبندگی ETFE، عدم جذب گرد و غبار و هرگونه آلودگی مانند فضله‌ی پرندگان توسط سطح است و هر بار بارندگی سطح را می‌شوید. سطح خارجی سقف‌های ورق ETFE هیچ‌گاه نیاز به تمیز کردن ندارند و سطح داخلی هر ۵ تا ۲ سال، بسته به میزان آلودگی در فضای داخلی، تمیز می‌شود، در نتیجه دسترسی به سقف (که ساخت آن هزینه بر است) نیاز نیست و در زمان تمیز کردن می‌توان از طناب که راه‌حلی اقتصادی است، استفاده کرد.

علی‌رغم اینکه ورق‌های ETFE بسیار محکم هستند با این حال ممکن است آسیب ببینند. آسیب‌های جزئی وارده، درجا قابل تعمیر هستند. قطعه بدون نیاز به دسترسی داخلی، به راحتی از بیرون قابل تعویض است. هرگونه آسیب بزرگ می‌تواند به طور موقت تعمیر شده و در زمانی مناسب و قطعات آسیب‌دیده تعویض شوند.

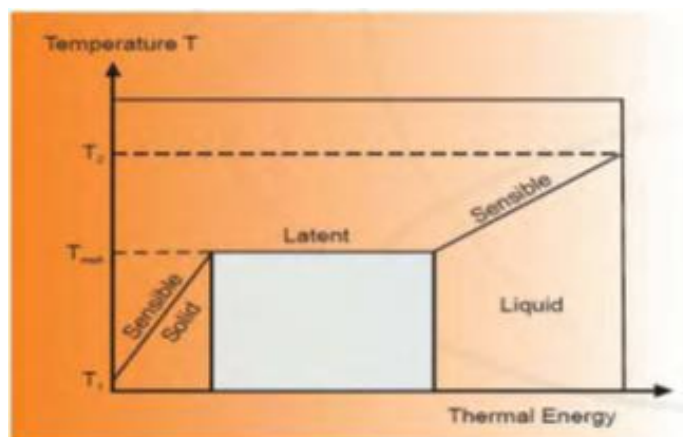
۲.۲ مواد تغییر فاز دهنده:

مواد تغییر فاز دهنده دارای قابلیت تغییر فاز (مثلاً از جامد به مایع) در یک دامنه دمایی تقریباً ثابت هستند. ضمناً فرایند تغییر فاز در این گونه مواد معمولاً همراه با تبادل حجم بالایی از انرژی است که بدان گرمای نهان تغییر فاز اطلاق می‌شود. تبادل این حجم بالای گرما به صورت همساز با طبیعت و به طور خودکار و هوشمندانه، مطابق با تغییرات دمای محیط صورت می‌پذیرد. با توجه به ویژگی‌های عنوان شده، این مواد به یکی از ظرفیت‌های خاص ذخیره انرژی در مصارف گوناگون تبدیل شده‌اند این مواد در سطح بسیار وسیعی در صنایع گوناگون شامل مخابرات، حمل‌ونقل، خودروها، ماهواره‌ها، پزشکی، نساجی، گلخانه‌ها و دیگر موارد به کار می‌روند. اولین گزارش‌ها مبنی بر کاربرد این مواد در ساختمان از ۱۹۴۰ به صورت نوظهور مطرح شد [6,7]. سپس استفاده از این مواد در ساختمان از دهه ۱۹۸۰ به صورت گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و امروزه استفاده از آن‌ها در صنعت ساختمان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است. این مواد را می‌توان در ساختمان و در اجزایی مجزا برای کاربردهای گرمایش و سرمایش به کاربرد از جمله کرکره، دیوار رو به خورشید تخته گچ، سیستم‌های گرمایش کف و تخته‌های سقفی و یا دیوار ترومب [6]. طبق نتایج حاصل از یک مطالعه، استفاده از ماده تغییر فاز دهنده منجر به افزایش دمای

اتاق و ذخیره‌سازی حدود ۱۹ درصد انرژی می‌گردد. همچنین به‌کارگیری این ماده به سبب کاهش اندازه نوسانات دمای هوای داخل و باقی ماندن دمای هوای اتاق برای مدت زمان طولانی تر نزدیک به دمای مطلوب اتاق، باعث بهبود شرایط آسایش حرارتی نیز می‌شود. [5]

چگونگی عملکرد مواد تغییر فاز دهنده

مواد در طبیعت در سه فاز مایع، جامد و گاز وجود دارند. در صورتی که ماده‌ای از یک فاز به فاز دیگر تغییر حالت دهد، مقداری گرما را که گرمای نهان نامیده می‌شود، جذب یا آزاد می‌نماید. به عنوان مثال، یک ماده جامد پس از گرم شدن و رسیدن به نقطه ذوب خود، به جذب حجم بالایی از انرژی (که گرمای نهان ذوب نامیده می‌شود) پرداخته و حالت خود را از جامد به مایع تغییر می‌دهد. مواد تغییر فاز دهنده این خاصیت را دارند که حالت خود را در یک دامنه دمایی مشخص تغییر دهند، به این مفهوم که طی فرایند تغییر حالت، دمای خود را برای طول مدت تغییر حالت حفظ می‌نمایند. در واقع، روش کار این مواد برای ذخیره انرژی گرمایی به این صورت است که طی فرایند گرم شدن محیط، به صورت موازی با محیط گرم می‌شوند تا زمانی که به دمای ذوب خود (تغییر فاز) برسند. پس از رسیدن به این دما علیرغم اینکه دمای محیط همچنان به روند افزایشی خود ادامه می‌دهد، دمای این مواد و البته محیط اطراف آن به دلیل اینکه در حال تغییر فاز است، ثابت مانده و در برابر افزایش مقاومت می‌نماید. در واقع، طی این بازه زمانی که معمولاً چند ساعت نیز به طول می‌انجامد، ماده تغییر فاز دهنده مقادیر زیادی از گرمای محیط را به خود جذب می‌نماید، ولی آن را صرف افزایش دمای خود نمی‌کند، بلکه این گرمای جذب‌شده را صرف تغییر فاز خود از جامد به مایع نموده و طی فرایند تغییر فاز، دمای خود و محیط اطراف خود را ثابت نگاه می‌دارد [8]. این روند تغییرات دمایی و جذب انرژی گرمایی در شکل (۱) به خوبی قابل مشاهده است. در منطقه مربع شکل سفید رنگ، فرایند تغییر فاز در حال شکل گرفتن بوده و در همین منطقه است که انرژی گرمایی جذب‌شده توسط ماده درون آن ذخیره می‌شود.



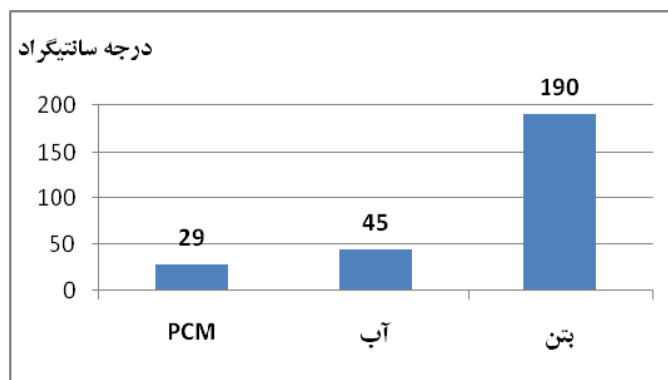
شکل (۱) نمودار عملکرد ماده تغییر فاز دهنده

در مواد تغییر فاز دهنده بکار رفته در جداره ساختمان، اگر ماده انتخاب‌شده دمای ذوبی در محدوده دمای همان منطقه در حوالی ظهر داشته باشد، فرایند تغییر فاز در طول روز در حدود ظهر که دمای محیط به حداکثر خود می‌رسد می‌تواند اتفاق بیفتد. بنابراین، پس از گرم شدن محیط و رسیدن آن به دمای حداکثر، ماده تغییر فاز دهنده در جداره نیز گرم شده و به نقطه ذوب خود می‌رسد، اما از این زمان به بعد، ماده مذکور به جذب انرژی گرمایی محیط ادامه می‌دهد ولی در برابر افزایش دمای خود و محیط اطراف خود مقاومت نموده و دما را در همان نقطه ذوب حفظ می‌نماید. این روند تا زمانی ادامه می‌یابد که کل ماده تغییر فاز دهنده از حالت جامد به مایع تبدیل شود که معمولاً چند ساعت به طول خواهد انجامید. پس از ذوب شدن کامل مواد تغییر فاز دهنده، مقاومت آن نیز در برابر افزایش دما از بین خواهد رفت، اما این اتفاق زمانی خواهد افتاد که به دلیل گذشتن ساعات اوج گرمای روز، محیط هم روند گرمایشی خود را متوقف نموده است. بنابراین، با استفاده از این مواد در جداره ساختمان توانسته‌ایم به طریقی از بار گرمایی محیط در ساعات اوج گرمایی بکاهیم.

عکس این اتفاق طی فرایند تشکیل جامد صورت می‌پذیرد، به این معنی که علیرغم سرد شدن هوا در طی شب، ماده تغییر فاز دهنده پس از رسیدن به نقطه انجماد خود به دلیل آزادسازی گرمای نهان و تبدیل حالت از مایع به جامد در برابر کاهش دما مقاومت می‌نماید. این ماده از طریق آزادسازی گرمای جذب‌شده در طول روز، از کاهش دمای خود و محیط اطراف خود جلوگیری نموده و از این طریق نیز بخشی از بار سرمایشی محیط در طول ساعات سرد شب را کاهش خواهد داد.

بنابراین، تنها با انتخاب هوشمندانه ماده تغییر فاز دهنده از نظر دمای تغییر فاز و کاربرد آن در جداره ساختمان می‌توان به راحتی و بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی اضافه و تنها با استفاده از قابلیت طبیعی این مواد برای تغییر فاز، از مصرف انرژی سرمایش و گرمایش در ساعات اوج مصرف انرژی کاست که این امر از طریق کاهش نوسانات دمای ساختمان و تأمین نمودن دمای هوای متعادل تری در ساعات اوج گرما یا اوج سرما میسر می‌شود.

از نکات مهم در استفاده از مواد تغییر فاز دهنده برای ذخیره گرما، دانسیته بالای این مواد در ذخیره انرژی گرمایی نسبت به سایر روش‌های محسوس برای ذخیره انرژی گرمایی است. به عنوان مثال، نوعی از این مواد در نقطه ذوب خود ۱۹۰ کیلوژول انرژی را ذخیره می‌کند. برای ذخیره همین مقدار انرژی با استفاده از آب باید آن را تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌کنیم و در صورت استفاده از بتن باید آن را تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد گرم‌کنیم تا همین مقدار انرژی ذخیره گردد. نمودار شکل (۲) به سادگی به مقایسه تغییرات دمایی این سه ماده برای ذخیره میزان یکسانی از انرژی اشاره می‌کند.



شکل (۲) مقایسه تغییرات دمایی در سه ماده مختلف برای ذخیره گرمایی یکسان

نقطه ذوب مواد تغییر فاز دهنده مختلف دامنه دمایی پهنای از ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد را پوشش می‌دهد که مواد تغییر فاز دهنده‌ای که نقطه ذوبشان در بازه دمایی ۲ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد است، ظرفیت بهتری برای به‌کارگیری در ساختمان و تأمین آسایش حرارتی دارند [5]. علاوه بر آب، ۵۰۰ نوع طبیعی یا مصنوعی از مواد تغییر فاز دهنده وجود دارد که تفاوت آن‌ها در دمای تغییر فاز و همچنین میزان گرمای نهان آن‌هاست. با انتخاب نوع مناسب این مواد بر اساس نوع اقلیم منطقه و متناسب با فصل، می‌توان از این ماده جهت تعدیل هوای داخل ساختمان و لذا صرفه‌جویی طبیعی درصدهای بالایی از انرژی مصرفی برای سرمایش و گرمایش استفاده نمود.

روش‌های به‌کارگیری مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان با توجه به اینکه مواد تغییر فاز دهنده در طول دوره کاربرد خود در دو فاز مایع و جامد وجود دارند، لذا این مواد بایستی درون محفظه‌هایی قرار گرفته و مورد استفاده قرار گیرند تا از جاری شدن و هدر رفت آن‌ها در فاز مایع جلوگیری شود. مواد تغییر فاز دهنده موجود در بازار و برای مصرف ساختمان در سه حالت میکروکپسول‌های حاوی این مواد، پاکت‌های پلاستیکی و همچنین پانل‌های سخت ساخته‌شده از پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) وجود دارند.

استفاده از ماده تغییر فاز دهنده در سیستم‌های خورشیدی

یکی از ظرفیت‌های مواد تغییر فاز دهنده برای ذخیره انرژی خورشیدی در ساختمان‌هایی است که قابلیت جمع‌آوری انرژی خورشیدی با استفاده از گردآورنده‌های خورشیدی را دارا هستند. در صورت استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در چنین سیستم‌هایی، می‌توان حجم بالایی از انرژی خورشیدی را در طول ساعات روز ذخیره نموده و در طول ساعات شب از همین

انرژی برای گرمایش استفاده نمود [9,10] و مواد تغییر فاز دهنده در این سیستم‌هایی معمولاً در محفظه‌های نازکی که با آرایش صفحه‌های روی هم قرار گرفته‌اند، نگهداری می‌شوند و سپس سیال انتقال حرارت ۱ از بین این صفحات و در تماس غیرمستقیم با این مواد حرکت می‌کند. روش کار در این سیستم‌ها بدین صورت است که انرژی جمع‌آوری شده توسط گردآورنده‌ها در روز موجب گرم شدن سیال انتقال حرارت (معمولاً آب) می‌شود. سپس آب گرم شده گرمای خود را به صفحات حاوی ماده تغییر فاز دهنده تحویل می‌دهد و ماده مذکور این گرما را در قالب گرمای نهان دریافت نموده و آن را صرف تغییر فاز خود از جامد به مایع می‌نماید. در طول ساعات شب، آب سرد جایگزین آب گرم درون سیستم می‌شود. مواد تغییر فاز دهنده نیز به دلیل کاهش دما، فرایند انتقال فاز خود را به صورت برعکس (از مایع به جامد) طی می‌کند و لذا حجم گرمای دریافتی در طول روز را به آب سرد پس داده و سبب گرم شدن آب می‌شود. سپس از آب گرم حاصل جهت گرمایش ساختمان استفاده می‌شود [6]. برای افزایش کارایی چنین سیستم‌هایی، نیاز به تکنیک‌هایی است که فرایند انتقال حرارت بین ماده تغییر فاز دهنده و سیال انتقال گرما را به حداکثر برساند و اکثر مطالعات نیز در همین زمینه صورت گرفته است.

۳. تأثیر مصالح هوشمند در ساختمان‌های سبز

۱.۳ ویژگی‌های زیست‌محیطی ETFE

مصرف انرژی در فرآیند تولید ورق‌های ETFE بسیار پایین است و سازه‌ی کامل آن وزنی در حدود ۵۰ تا ۹۰ درصد کمتر از سازه‌های مشابه ساخته‌شده با مصالح دیگر دارد. با ویژگی‌های قابل قیاس وزن با ویژگی‌های قابل قیاس است البته سیستم سازه‌ای به محافظت بیشتری برای نگهداشتن پوشش نیاز دارد. بخشی از سازه از مصالح بازیافتی ساخته می‌شود و در پایان عمر هر پروژه، کل سیستم می‌تواند برای بازیافت به محل ساخت برگردانده شده تا بازیافت گردد. طول عمر زیاد و هزینه‌های کم ساخت و تعمیر و نگهداری، ETFE را به راهکاری مناسب در معماری پایدار تبدیل می‌کند. معمار سازه می‌تواند راه‌حل‌هایی سبز و پایدار برای استفاده‌ی هوشمند از نور روز و چرخه‌ی حرارتی بکار گیرد تا ویژگی‌های فضا و عملکرد ساختمان را تغییر دهد. این قابلیت‌ها و امکانات ورق ETFE را یک گروه منحصر به فرد می‌سازد.

رطوبت‌گیرها (Air dryers)

تلمبه‌های باد می‌توانند به راحتی به رطوبت‌گیرهایی برای جذب رطوبت هوایی که به داخل بالشتک‌ها دمیده می‌شوند، مجهز شوند. تعبیه‌ی این رطوبت‌گیرها برای محیط‌های با رطوبت بالا توصیه می‌شود.

آتش

ورق ETFE قابلیت احتراق پایینی دارد و خود خاموش شونده است. بالشتک‌ها در مواقع آتش‌سوزی به طور خودکار آتش را تخلیه می‌کنند چرا که توده هوای داغ باعث جمع شدن و دور شدن ورق ETFE از منبع حرارت شده به آتش اجازه می‌شود بیرون برود. از آن جا که میزان مصالح موجود در سقف ناچیز است در زمان آتش‌سوزی چکه‌های مذاب ورق پایین نمی‌ریزد.

آکوستیک

یک سقف ورقه‌ای از نظر عایق‌بندی صوتی نسبتاً گذرا است، به این معنی که ورق به عنوان یک جاذب صوت برای اتاق عمل می‌کند و درک اصوات در محیط داخلی را افزایش می‌دهد.

عایق حرارتی

ضریب U یک بالشتک استاندارد سه لایه، معادل $1/96 \text{ kw/m}$ است که این میزان از ۳ لایه شیشه هنگامی که به صورت افقی استفاده شود بسیار بیشتر است (تولیدکنندگان شیشه ارقام را برای شیشه عمودی ارائه می‌دهند که ارقام را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد). ویژگی‌های عایق‌بندی بالشتک‌ها، می‌تواند با اضافه کردن لایه‌هایی، که خود روکش دارند، بهبود یابد.

دوام

ورق ETFE از امواج UV، آلودگی‌های زیست‌محیطی و شرایط جوی تأثیر نمی‌پذیرد. این ماده چه در آزمایشگاه و چه در محیط بیرون مورد آزمایش قرار گرفته است و هیچ فرسایش و یا کاهش مقاومتی مشاهده نشده است. ETFE در طول زمان شکننده نمی‌شود و رنگ خود را از دست نمی‌دهد. پیش‌بینی می‌شود که این ماده عمری بیش از ۴۰ سال داشته باشد.

سازه

ETFE به وسیله‌ی سازه‌ای از قاب‌های فولادی بنا می‌شود و به هیچ سازه پشتیبانی نیاز نیست. برای دستیابی به دهانه‌های وسیعتر می‌توان غشا را با اضافه کردن کابل‌هایی تقویت کرد.

عایق آب، هوا و بخار آب

ماده‌ی بالستک‌ها به تنهایی (ورق‌های فلوروپلیمر) به عنوان عایق آب، هوا و بخار آب، عمل می‌کند.

۲.۳ تأثیر مواد فاز دهنده بر ساختمان سبز (کاربرد مواد فاز دهنده بر بام سبز)

پوشش‌های گیاهی بر روی سقف‌ها به عنوان بام سبز شناخته می‌شوند که به عنوان تکنیکی غیرفعال به منظور کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها و بهبود کیفیت هوای اطراف آن‌ها به کار گرفته می‌شوند. این عملکرد از طریق حفاظت گرما در فصل زمستان و ممانعت از تابش مستقیم خورشید و ایجاد سایه و خنکی در تابستان امکان‌پذیر می‌گردد. کنترل و مدیریت دفع آب‌های سطحی، حفاظت انرژی، کاهش اثر جزیره‌های گرمایی در شهرها و افزایش عمر مفید پوشش بام‌ها از جمله علل اهمیت این موضوع می‌باشند ولی در اغلب موارد استفاده از بام سبز به تنهایی تأثیر شگرفی بر مصرف انرژی ندارد چرا که امکان ذخیره سرمای شبانه برای استفاده در روز و بالعکس امکان ذخیره طولانی مدت گرمای دریافتی از خورشید به هنگام شب مقدور نمی‌گردد در این راستا نیاز به مواد و مصالحی می‌باشد که بتوانند انرژی حرارتی را طولانی مدت و به طور قابل توجهی ذخیره کنند که از جمله این مواد، مواد تغییر فاز دهنده می‌باشند که با ذخیره گرمای نهان کارایی بام سبز را بهبود می‌بخشند. بام سبز از طریق به حداقل رساندن پرت حرارتی در زمستان و ایجاد سایه و سرمایش تبخیری در تابستان منجر به کاهش مجموع بار حرارتی مورد نیاز برای ساختمان می‌گردد و افزودن مواد تغییر فاز دهنده در لایه داخلی ساختمان این اثرات مثبت را تشدید می‌کند.

۳.۳ عملکرد حرارتی بام سبز

انتقال شار گرمایی بام سبز از طریق ۴ مکانیسم کنترل می‌گردد:

(۱) سایه‌اندازی (۲) عایق حرارتی (۳) تبخیر و تعرق (۴) جرم حرارتی

به طور کلی از مجموع اشعه‌های جذب شده توسط بام سبز حدود ۲۲ درصد منعکس شده، حدود ۶۰ درصد از طریق تبخیر جذب گیاهان و خاک شده است و تنها ۱۳ درصد به خاک منتقل شده است. [11]

اثرات حرارتی بام سبز را می‌توان به دو جنبه تقسیم کرد:

تأثیر مستقیم به ساختمان (اثر داخلی): در این حالت مسئله انتقال حرارت از طریق سقف با داخل ساختمان هست که با کاهش این تبادل حرارتی و جلوگیری از اتلاف، انرژی مصرفی ساختمان را کاهش می‌دهد.

تأثیر غیرمستقیم به محیط اطراف (اثر خارجی): در این حالت مسئله انتقال حرارت از پشت بام به محیط اطراف هست که با افزایش میزان تبخیر و ایجاد سرمایش تبخیری منجر به کاهش جزایر گرمایی شهری می‌گردد و در نهایت دمای شهر کاهش می‌یابد که کاهش دمای پیرامون ساختمان‌ها انرژی مورد نیاز برای سرمایش را تا حد چشمگیری کاهش داده حفاظت از انرژی را به دنبال خواهد داشت. به نظر می‌رسد در محاسبه میزان عملکرد حرارتی بام سبز نوع پوشش گیاهی و بستر خاکی گیاه از پارامترهای تأثیرگذار می‌باشند.

مواد تغییر فاز دهنده

همان طور که گفته شد مواد تغییر فاز دهنده جهت ذخیره گرمای نهان بکار می‌روند که این منظور با تغییر فاز حاصل می‌شود، بر خلاف مواد ذخیره کننده گرمای محسوس، جذب و آزاد شدن دما توسط PCM در دمای تقریباً ثابت صورت می‌گیرد. علاوه بر این گرمای ذخیره شده در این حالت حدود ۵ الی ۱۴ برابر گرمای محسوس ذخیره شده توسط سیستم‌های

ذخیره مربوطه نظیر آب و سنگ هست، لذا به دلیل بالا بودن چگالی ذخیره انرژی بالاتر با نوسان دمایی کمتر، سیستم‌های ذخیره انرژی گرمای نهان، دارای اهمیت ویژه‌ای هستند، گرچه دارای مشکلات خاص خود نیز می‌باشند. با به کار بردن مواد تغییر فاز دهنده ۱ (PCM) در دیوارها، سقف و کف اتاق، می‌توان انرژی تابشی خورشید را در طول فرآیند ذوب این مواد ذخیره کرد و سپس با کاهش دمای هوای اتاق، این انرژی آزاد شده و بخش زیادی از آن جذب هوای اتاق می‌شود. این فرآیند تأثیر قابل توجهی بر بهبود شرایط آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی اتاق به همراه دارد.

اهداف مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان

با کاربرد PCM ها در ساختمان‌ها دو هدف دنبال می‌شود: افزایش اینرسی حرارتی ساختمان برای استفاده هر چه بیشتر از گرمای طبیعی خورشید برای گرمایش یا سرمایش شب و همچنین برای کاهش نیاز به سرمایش یا گرمایش ایجاد شده توسط تجهیزات سرمایشی - گرمایشی.

عملکرد حرارتی مواد تغییر فاز دهنده:

شایان ذکر است که در سال‌های اخیر، استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در کاربردهای ساختمانی به منظور کاهش مصرف انرژی بسیار مورد توجه بوده است. عملکرد مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان به این صورت است که در روز با جذب گرمای نفوذی به داخل ساختمان ذوب می‌شوند و در نتیجه مقداری از انرژی حرارتی نفوذی به جدار ساختمان را در خود ذخیره می‌کنند و از این طریق مانع از گرم شدن فضای داخل می‌گردند و در شب که هوا رو به سردی می‌رود شروع به انجماد کرده و گرمای ذخیره شده را به محیط داخل یا بیرون پس می‌دهند. دامنه تغییرات هوای بیرون پس از عبور از جدار کاهش یافته و همچنین زمان وقوع دمای اوج نیز جابه‌جا می‌شود که این امر باعث خواهد شد تا در زمان اوج مصرف نیاز به استفاده از سیستم سرمایشی کمتر شود. [12]

از آنجایی که سقف‌ها بیش‌ترین اتلاف حرارتی را دارند و حفظ گرما در فصول سرد در این اقلیم امری حیاتی است لذا استفاده از بام سبز تا ۲۰ درصد امکان صرفه‌جویی را فراهم می‌کند این در حالی است که اگر این بام به همراه مواد تغییر فاز دهنده بکار برده شوند این امکان صرفه‌جویی به حدود ۳۶ درصد خواهد رسید. به دلیل کوتاه بودن دوره گرما در این اقلیم، بار سرمایشی مورد نیاز بسیار کم بوده و کاهش ۲ درصدی بار سرمایشی نشان‌دهنده پتانسیل بالای بام سبز جهت کاهش بار سرمایشی در این اقلیم هست به نحوی که با تمهیداتی که نیاز به مطالعه و بررسی بیشتری دارند، بتوان میزان بار سرمایشی مورد نیاز این اقلیم را به حدی کاهش داد که نیاز به استفاده از تجهیزات سرمایشی را مرتفع ساخت که این امر صرفه اقتصادی و زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت چرا که عدم نیاز به تجهیزات سرمایشی، سرمایه‌گذاری اولیه جهت تجهیزات و هزینه‌های ناشی از انتقال حامل سرما را در ساختمان‌ها حذف می‌کند و از طرفی میزان انرژی مورد نیاز برای سرمایش که منبع فسیلی دارد را به صفر می‌رساند و این امر در میزان کاهش تولید CO₂ نقش موثری خواهد داشت.

نتیجه گیری

امروزه ساختمان‌ها خود گونه‌ای از تکنولوژی هستند، آن‌ها خود را با تکنولوژی وفق می‌دهند و از آن بهره می‌گیرند. ساختمان به عنوان یک سازه، زمانی که تکنولوژی را در اختیار بگیرد هوشمند خواهد شد. هدف اصلی استفاده از مصالح هوشمند در یک ساختمان، ذخیره‌سازی انرژی و مصرف صحیح و بهینه از امکانات و بازگشت سرمایه اولیه می‌باشد. علاوه بر این، با توجه به پایان پذیر بودن منابع انرژی و اثرات مخرب مصرف بی‌رویه آن بر محیط‌زیست، می‌توان هم گام با جامعه جهانی، با استفاده از تکنولوژی‌های نوین، در کاهش مصرف انرژی سهیم شد. در ساختمان سبز با بهره‌گیری از مصالح هوشمند سبب صرفه‌جویی در هزینه‌های نگهداری می‌شود که به مراتب بیشتر از هزینه‌های ساخت می‌باشد و همچنین سبب کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و نزدیک شدن جامعه به سوی معیارهای پایداری می‌گردد.

زندگی پیچیده امروز از طرفی به همه این فناوری‌ها نیاز دارد و از طرف دیگر بایستی در حفظ محیط‌زیست و مصرف انرژی کوشا باشد. از این رو روش‌های ذکر شده در این مقاله در طرح و اجرای ساختمان‌ها گامی موثر در کاهش مصرف سوخت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش ساختمان است. لذا نمونه‌های بررسی شده در این تحقیق نشان می‌دهد که نماها بایستی

با کیفیتی بهتر و به گونه‌ای طراحی شوند ه امکان مقابله و مواجهه با باد و باران و گرما و رطوبت را داشته باشند، لذا به‌کارگیری روشی که علاوه بر بازده انرژی مناسب در طرح معماری و نمای ساختمان محدودیتی ایجاد نکند به عنوان یکی از ضروریات در طراحی ساختمان‌ها به شمار می‌آید. سیستم پانل‌های ETFE علاوه برداشتن نکات مثبت در زمینه زیبایی‌شناسی انجام شده قابلیت‌ها و امکانات منحصر به فرد زیادی شامل رطوبت‌گیرها و عایق حرارتی و آکوستیک که نقش مهمی نیز در کاهش آلودگی صوتی دارد. یکی از مهم‌ترین سیستم‌های دیگر مورد بررسی قرار گرفته در این مقاله مواد تغییر فاز دهنده است که در صورت انتخاب نوع صحیح آن به میزان ۲۰٪ سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود و علاوه بر تهویه طبیعی، وابستگی ساختمان را به استفاده از تجهیزات مکانیکی کاهش داده.

در این راستا با توجه به اینکه کشور ما در شرایط اقلیمی مناسب قرار دارد با گسترش تکنولوژی در عرصه معماری می‌توان تحول بنیادی در بهینه‌سازی مصرف سوخت و انرژی در صنعت ساختمان ایجاد کرد و افق‌های روشنی را پیش روی فعالان این حوزه قرار داد. برای پیشرفت روزافزون کشورمان باید از ایده‌ها و تفکرات مثبت طراحان در استفاده از تکنولوژی معماری هوشمند و سبز و مصالح هوشمند و شناخت عملکرد آنها با سائتی که در دست طراحی است ساختمانی را طراحی کنیم که بتوان آن را یک معماری پایدار خواند و فضای مناسبی برای زندگی و کار باشد.

مراجع

- [۱] گلابچی، محمود، تقی زاده، کتایون، سروش نیا، احسان، ۱۳۹۰، نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- [۲] اربابی یزدی، امیر، رأفتی سیدی یزدی، مهدی، ۱۳۹۱، مصالح هوشمند و تأثیر آن بر خلق معماری یگانه، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، مشهد مقدس.
- [۳] به‌کارگیری مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان جهت صرفه‌جویی در انرژی گرمایشی، م. معرفت، س. کیان، مهندسی مکانیک، شماره ۶۸، سال هجدهم، ۱۳۸۸.
- [۴] ترکجری، میلاد، فرخ‌زاد، محمد، ۲۰۱۳. "به‌کارگیری سامانه‌های خورشیدی در ساختمان راهکاری نو در بهینه‌سازی مصرف انرژی"، دومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
- [۵] گرجی مهبلانی، یوسف، حاج ابوطالبی، الناز، ۱۳۸۸، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۲۸، شماره ۱۲۷، ص ۸۱-۶۶.
- [6] D. Zhou, C. Y. Zhao, and Y. Tian, "Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications," *Applied energy*, vol. 22, pp. - 065 523,2612
- [7] Dr. Sam C. M. Hui- Department of Mechanical Engineering- The University of Hong Kong- Pokfulam Road, Hong Kong- Final Report Study of Thermal and Energy Performance of Green Roof Systems - December 2009
- [8] Farid M. M., Khudhair A. M., Razack S. A. K., Al-Hallaj S.; A review on phase change energy storage: materials and applications, *Energy Conversion and Management*, 45, (2004) pp. 1597-1615.
- [9] <https://www.parsacad.com>
- [10] K.C.W. Ip, "Solar thermal storage with phase change materials in domestic buildings".
- [11] Latent heat storage in building materials, D.W. Hawes, *Energy and buildings*, V. 20, Issue 1, 1993.
- [12] S. Mondal, "Phase change materials for smart textiles – an overview", *Applied Thermal Engineering*, V.28 (2008), N. 11-12, P. 1536-1550.
- [13] Zalba B., Marin J. M., Cabeza L. F., Mehling H.; Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications, *Applied Thermal Engineering*, 23, (2003) pp. 251 -283