



معرفی مدل پیشنهادی ساختمان سبز نانوساختار با رویکرد کاهش مصرف انرژی

یزدان تقی زاده^{۱*}، معصومه افشار^۲، محمود جمعه پور^۳، غلامرضا کریمی^۴

۱- کارشناس ارشد شهرسازی، گرایش برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران yazdantgh@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد مهندسی معدن، فرآوری مواد معدنی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین afshar_ma@yahoo.com

۳- استاد گروه برنامه ریزی اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران mahjo43@gmail.com

۴- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، gr_karimi@ikiu.ac.ir

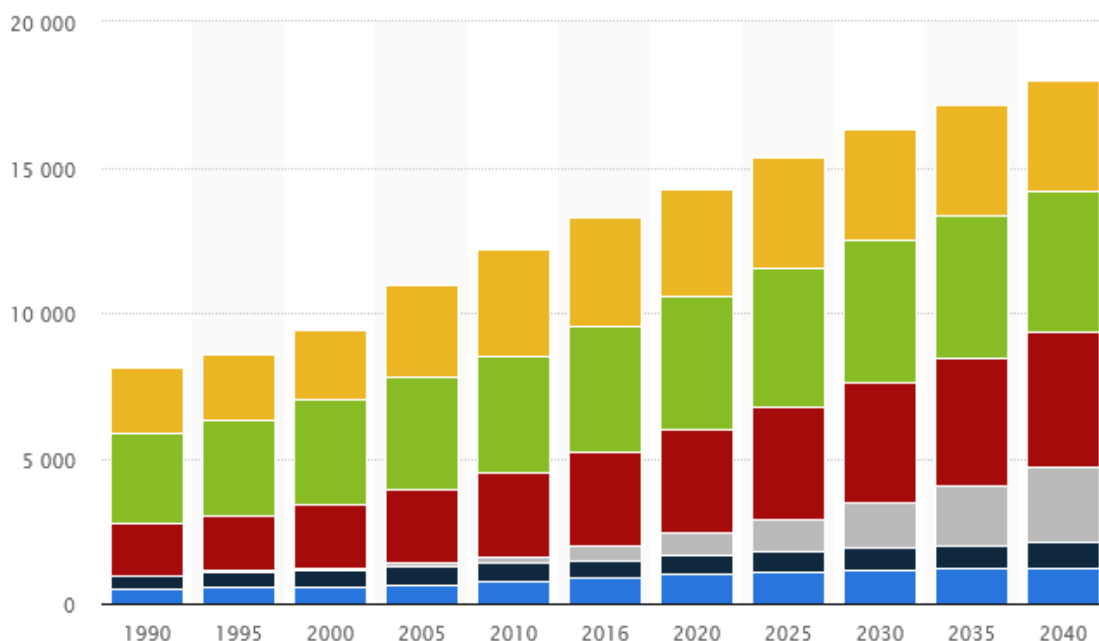
چکیده:

بررسی آمار جهانی نشان می‌دهد که بخش مسکن سهم قابل توجهی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. با توجه به میزان اتلاف انرژی در این بخش نه تنها پتانسیل صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان‌های مسکونی بیش از ساختمان‌های دیگر است؛ بلکه کاهش مصرف انرژی در این بخش ساده تر و با سرمایه گذاری کمتری نسبت به بخش‌های دیگر امکان پذیر است. به همین دلیل در سالهای اخیر رویکرد جدیدی تحت عنوان "ساختمان پایدار"، "ساختمان سبز" و "ساختمان با مصرف انرژی بهینه" در زمینه طراحی و ساخت بوجود آمده که ویژگی مشترک آنها به حداقل رساندن مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. برای طراحی و اجرای ساختمانهای مذکور روش‌ها و ابزارهای مختلفی وجود دارد که یکی از این ابزارها انتخاب مصالح مناسب می‌باشد. با پیشرفت تکنولوژی نانو به عنوان یک فناوری بین رشته ای، مواد و مصالح مورد استفاده در صنعت ساختمان نیز از گستردگی زیادی برخوردار شده اند که خواص و تاثیر آنها بر ساختمان نیاز به بررسی دارد. بدین منظور در این پژوهش با نگاه ویژه به اهمیت صرفه جویی انرژی و با هدف بهینه سازی مصرف آن در بخش مسکن به طراحی الگوی بهینه با استفاده از مصالح مبتنی بر فناوری نانو پرداخته شده است. روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش از نوع اسنادی و کیفی است که با بهره گیری از مشاهده فعال و مستند سازی به جمع آوری اطلاعات مورد نظر پرداخته شده است. دستاورد نهایی این پژوهش ارایه مدلی از ساختمان سبز می باشد که استفاده از مصالح مبتنی بر فناوری نانو در آن منجر به کاهش مصرف انرژی شده است.

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، ساختمان سبز، انتخاب مصالح، نانومواد، محیط زیست

۱- مقدمه

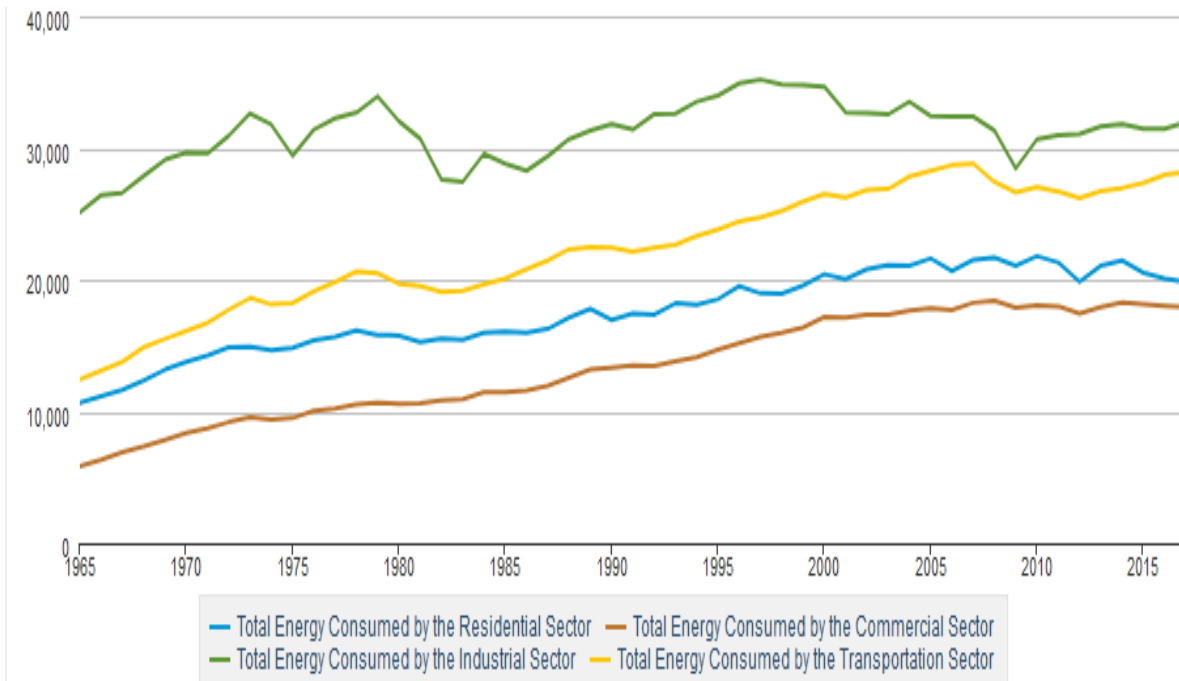
در طی سالهای اخیر سرعت رشد مصرف انرژی جهانی و نگرانی در مورد مشکلات عرضه و اثرات سنگین زیست محیطی آن از قبیل از بین رفتن لایه ازن، گرم شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی، و غیره به سرعت در حال افزایش است. آژانس بین المللی انرژی، اطلاعات نگران کننده ای در مورد روند مصرف انرژی جمع آوری کرده است. در دو دهه گذشته انرژی اولیه به میزان ۴۹٪ و انتشار گاز های گلخانه ای ۴۳٪ افزایش یافته و این افزایش متوسط سالانه به ترتیب ۲٪ و ۱،۸٪ بوده است [۱]. همانطور که از نمودار (۱) مشخص است رشد فزاینده مصرف انرژی از سال ۱۹۹۰ آغاز شده و تا سال ۲۰۴۰ ادامه خواهد یافت.



شکل ۱: سرعت رشد مصرف انرژی در جهان بر حسب میلیون تن (www.statista.com)

سهم مصرف انرژی در بخش‌های مختلف در نمودار (۲) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۲) مشخص است بیشترین انرژی در سه حوزه ساختمان، صنعت و حمل و نقل مصرف می شود که در این میان بخش مسکن در جایگاه سوم، سهم قابل توجهی از انرژی را به خود اختصاص داده است.

انتظار می رود که در سال ۲۰۳۰ مصرف انرژی در بخش ساختمانی ۳۴ درصد باشد که از کل انرژی مصرفی در بخش ساختمان ۶۷ درصد مربوط به بخش مسکونی و ۳۳ درصد نیز برای بخش غیر خانگی خواهد بود [۲]. با توجه به میزان اتلاف انرژی در این بخش چنین به نظر می رسد که نه تنها پتانسیل صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان و مسکن به طور کلی بیش از ساختمان های دیگر است، بلکه کاهش مصرف انرژی در این بخش ساده تر و با سرمایه گذاری کمتری نسبت به بخش های دیگر قابل دسترس می باشد. از این رو در راستای کاهش مصرف انرژی، یکی از سیاست های کارا می تواند کاهش مصرف انرژی در بخش مسکن باشد [۳]. فعالیت های ساخت و ساز تاثیر عمده ای بر گسترش فیزیکی، سیاست های دولت، فعالیت های اجتماعی و برنامه های رفاهی دارد. در حالیکه این فعالیت ها در طول کل چرخه عمر خود با مسائل گسترده تر زیست محیطی از قبیل: گرم شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی، از بین رفتن ازن، فرسایش خاک، بیابان زایی، جنگل زدایی، اسیدیته شدن، از دست رفتن تنوع زیستی، و مصرف منابع سوخت های فسیلی، مواد معدنی و سنگ ها مرتبط می باشند. در جهت رفع این مشکلات، صنعت ساخت و ساز در بسیاری از کشورها شروع به پیاده سازی روش های ساختمان سبز کرده است [۴].



شکل ۲: سهم مصرف انرژی در بخش های مختلف (www.eia.gov)

امروزه با توجه به رشد روز افزون جمعیت و به تبع آن بحران ناشی از افزایش مصرف انرژی، مدیریت الگوی مصرف انرژی به امری جدایی ناپذیر از مقوله پایداری تبدیل شده است. باید در نظر داشت که مدیریت صحیح مصرف انرژی مستلزم شناخت وضعیت موجود و الگوی مصرف، انجام برنامه ریزی و اعمال کنترل برای بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف می باشد. از این رو چگونگی کنترل مصرف انرژی در بخش مسکن مهم به نظر می رسد و در این خصوص باید به نقش پر اهمیت الگوهای طراحی اشاره کرد که ضمن استفاده بهینه از مصرف انرژی توانایی پاسخگویی به نیازهای زندگی مدرن را نیز داشته باشد. در این خصوص رویکرد ساختمان های سبز به عنوان یک طرح موفق مطرح می شود که با توجه به تجارب موفق جهانی این رویکرد در حال تکامل می باشد. اهمیت این موضوع به حدی است که دستورالعمل اجرایی انرژی اروپا در ساختمان ها (EPBD) در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است که یکی از اهداف تعریف شده در آن دست اندرکاران را ملزم کرده که تا اواخر سال ۲۰۲۰، تمام ساختمان های جدید در کشورهای عضو، باید جزیی از ساختمان های مصرف بهینه انرژی باشند [۱۵]. بر همین اساس در پژوهش حاضر تلاش شده تا الگویی از خانه سبز با استفاده از مصالح مبتنی بر فناوری نانو با رویکرد کاهش مصرف انرژی ارائه شود.

۲- پیشینه تحقیق

بررسی پژوهش های صورت گرفته در زمینه ساختمان سبز نشان می دهد که در اکثر این پژوهش ها تلاش شده تا عوامل موثر بر مصرف بهینه انرژی در این ساختمانها شناسایی شده و در مرحله طراحی و ساخت مورد استفاده قرار گیرد. مطالعه پژوهش های مشابه نشان داد که یکی از عوامل تاثیر گذار در کاهش هدر روی انرژی ساختمان ها توجه کافی در مرحله انتخاب مصالح برای طراحی و ساخت بنا می باشد که این عامل در ساختمانهای مسکونی از اهمیت بالاتری برخوردار است [۷۶]

یکی از جدیدترین پژوهش های صورت گرفته در این زمینه توسط پرفسور ابیر در سال ۲۰۱۷ انجام شده است. پرفسور ابیر تاکید دارد که بایستی مصالح بعنوان یکی از عناصر کاربردی در طراحی ساختمان در نظر گرفته شود. او در پژوهش خود بر روی نوع خاصی از مواد با عملکرد بالا به نام "مصالح هوشمند" به منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمانها تمرکز کرده است. در مقاله مذکور نوعی مطالعه تحلیلی بر روی انواع مختلف مصالح هوشمند انجام شده است. در نهایت اینطور جمع بندی شده است که مصالح هوشمند از قبیل سقف های سبز، بتن هوشمند، شیشه های هوشمند، رنگ و پوشش های هوشمند می توانند نقش موثر در ساخت ساختمانهای سازگار با محیط زیست داشته باشند [۸].

محمودکلایه و همکارانش مدلی را بر اساس روش تحلیل شبکه (ANP) برای انتخاب مصالح پایدار در ساخت دیوارهای خارجی ساختمان ارایه کرده اند. مدل آنها در فرایند انتخاب مصالح برای ساخت دیوارهای خارجی یک ساختمان مسکونی در تهران بعنوان مطالعه موردی بررسی شد. طراحان این مدل شاخص های مختلفی از قبیل مقاومت در برابر آتش، تاثیرات زیست محیطی، ذخیره انرژی و عایق حرارتی را مورد استفاده قرار داده اند. در مدل مذکور مقاومت گرمایی دیوار خارجی بعنوان شاخص هزینه انرژی استفاده شد. برای برقرار کردن مدل انتخابی سه گزینه پیشنهادی شامل دیوار آجر و ملات، پوشش آلومینیوم و پوشش چوبی بررسی شد. نتایج این مدل نشان داد که پوشش آلومینیومی بهترین انتخاب بعنوان مصالح پایدار است در حالیکه پوشش چوبی ضعیفترین عملکرد پایداری را نشان داد [۹].

در یک مطالعه دیگر که توسط داریوش و همکارانش انجام شده است، کاربرد نانومواد برای کاهش مصرف انرژی در معماری سبز بررسی شده است. آنها پیشنهاد کرده اند که نانومواد می توانند در طراحی ساختمانها و فضاهای صنعتی به منظور کاهش مصرف انرژی استفاده شوند (۱۰۵). داده های مورد نیاز در این پژوهش از خط تولید کارخانه دیزل ژنراتور جمع آوری شد. سپس تاثیر کاربرد نانومواد بر کاهش مصرف انرژی بررسی شد. در نتیجه مشخص شد که با افزایش کاربرد نانومواد به اندازه یک واحد، مصرف انرژی به میزان ۰،۴۶۶ واحد کاهش می یابد [۱۰].

در یک پژوهش دیگر، غلامی و همکارانش در سال ۲۰۱۵ استفاده تجاری از نانو عایق ها در صنعت ساختمان را مورد بررسی قرار داده اند. پس از انتخاب برخی از ویژگی های مهم مواد عایق حرارتی از قبیل تنوع، سهولت نصب، دامنه حرارتی، مقاومت در برابر آب، مقاومت در برابر آتش، مقاومت در برابر میکروارگانیسم و هزینه، با استفاده از روش AHP در مواد عایق حرارتی سنتی و نانو مقایسه شده است. نتایج مقایسه نشان داد که مواد عایق حرارتی نانو، پس از پشم شیشه و پشم سنگ، اولویت سوم برای انتخاب هستند. این نگرش می تواند نتیجه عدم آگاهی درباره ویژگی های مفید این محصولات جدید باشد. علاوه بر این، عدم وجود تعداد کافی از تولید کنندگان، دلیل دیگر است. از این رو، کارشناسان این پژوهش بیان داشته اند که دولت ها باید از صنایع عایق حرارتی جدید حمایت کنند و آگاهی مردم از مواد عایق بندی جدید را افزایش دهند [۱۱].

۴- ساختمان های سبز

۴-۱- مفهوم ساختمان سبز

واژه خانه های سبز در طی ده سال اخیر بین طیف گسترده ای از معماران و علاقمندان به حوزه ساخت و ساز گسترش یافته است. اما هنوز تعریف آن از یک سازمان به سازمان دیگر متفاوت است. سازمان اف ای ای تعریف زیر را برای خانه های سبز ارائه داده است:

تلاش برای افزایش بازدهی در ساختمانها و فضاهای از آنها که مصرف کننده انرژی، آب و مصالح هستند و همچنین کاهش صدمات ساختمان بر سلامت انسان و محیط زیست از طریق انتخاب بهتر محل ایجاد بنا، طراحی، ساخت، اجرا، نگهداری و حذف ساختمان که همان چرخه عمر کامل ساختمان می باشد [۱۲].

تعریف دیگر توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (ای پی ای) بصورت زیر می باشد:

تلاش برای ایجاد ساختارها و به کار بردن فرآیندهایی که در چرخه عمر ساختمان از مرحله جایی تا طراحی، ساخت، اجرا، نگهداری، بازسازی و دکوراسیون بصورت کارآمد بر محیط زیست و منابع تاثیر گذار است. این روش نقص های طراحی سنتی از قبیل هزینه، کاربرد پذیری، پایداری و راحتی را بهبود می بخشد.

از طرف دیگر ساختمان سبز بعنوان یک "ساختمان پایدار" یا "با عملکرد بالا" شناخته می شود. با وجودی که جنبش تکنولوژی خانه های سبز هنوز در مراحل اولیه خود است، برخی انتظار دارند که این جنبش نوآوری ها و تحولات مشابه با تغییرات حاصل از فناوری اطلاعات در ۲۰ سال گذشته را به جهان القا خواهد کرد. هدف از ایجاد ساختمانهای سبز بهبود یافتن آبوهوا، جلوگیری از اتلاف انرژی مصرف شده جهت سرمایش و گرمایش، جلوگیری از اثرات منفی ساخت و ساز بر محیط زیست و افزایش زیبایی محیطی است. اغلب از ساختمان سبز تعبیر به ساختمانی می شود که اثرات منفی آن بر روی محیط اطرافش کم باشد (۲۱ و ۱۴) توسعه ساختمان های سبز تاثیر زیادی بر روی توسعه شهر، همانطور که در مطالعات متعددی از رابطه بین ساختمان سبز و توسعه شهری نشان داده شده است [۱۳]

۴-۲- الزامات ساختمان سبز

ساختمان سبز باید الزامات زیادی که در بطن واژه سبز می گنجد را برآورده کند. چشم انداز نهایی خانه سبز، ساختمانی با عملکرد بالا می باشد که از طریق بازدهی انرژی بالا جنبه های محیط زیستی آن نیز منعکس می شود.

در کل، ویژگی های ساختمان سبز در ۷ مورد خلاصه می شود:

۱. ایجاد کمترین اختلال و بی نظمی در مناظر و شرایط محل ساخت بنا
۲. کاربرد مواد غیر سمی و مواد بازیافتی
۳. استفاده کارآمد و بازیابی آب
۴. استفاده کارآمد انرژی و تجهیزات دوستدار محیط زیست

5. به کارگیری مصالح تجدید پذیر
6. کیفیت هوای داخل برای سلامتی و رفاه بشر
7. سیستم های کنترل موثر و مدیریت ساختمان

قطعا بازدهی انرژی مهمترین الزام است و اکثر سازمانها آن را بعنوان ستون اصلی در کنار الزامات دیگر مانند مصالح بازیافتی، آب بازیافتی و تجهیزات پایدار در نظر می گیرند.

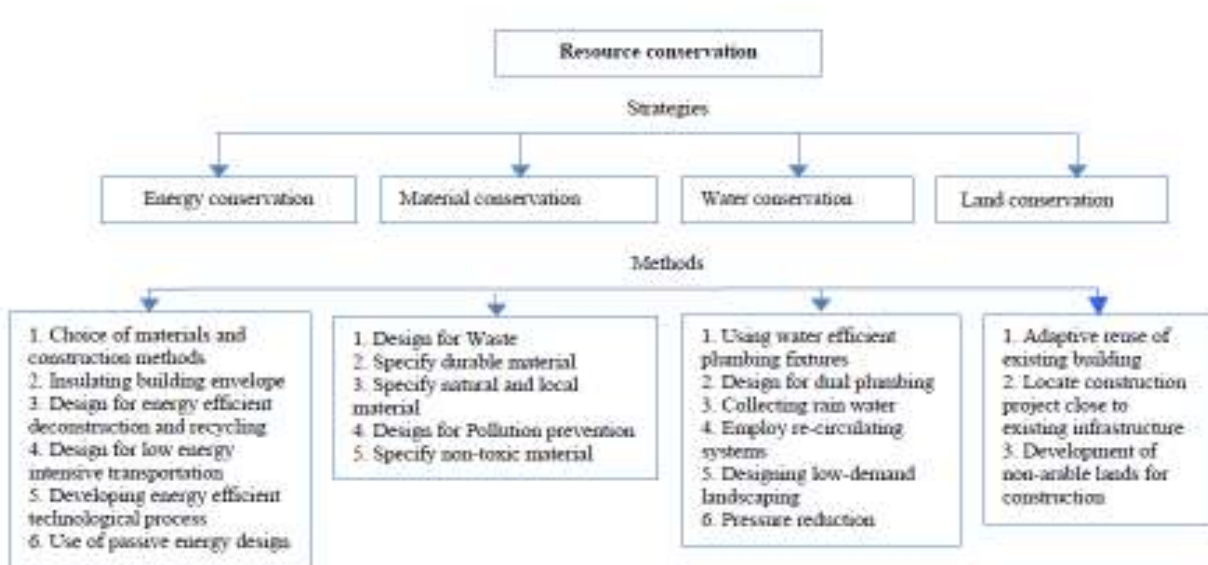
سبز تنها به فاکتورهای محیط زیستی تمرکز نمیکند، این نوع ساختمان چگونگی رابطه محیط زیست با دیگر فاکتورها مانند هزینه، برنامه ریزی، اجرا، نگهداری، و سایر مباحث اصلی و فرعی را در نظر میگیرد. در واقع این معماری که برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار می باشد در پی سازگاری و هماهنگی با محیط زیست به عنوان یکی از نیازهای اساسی بشر در جهان کنونی است که قسمت عمده ای از آن شامل انرژی و منابعی است که ما در نتیجه زندگی در محیط زیست مصرف میکنیم. در حال حاضر، بسیاری از سازمان های جهانی ساختمانی سبز با نشریات مربوط به ساختمان سبز همکاری می کنند. راس شبکه جهانی ساختمان سبز، ستاد جهانی ساختمان سبز (WGBC) می باشد. ستاد جهانی ساختمان سبز در نوامبر ۱۹۹۹ در کالیفرنیا راه اندازی شد و در سال ۲۰۰۲ فعالیت رسمی خود را آغاز کرد. اعضای این ستاد در اولین دوره، استرالیا، کانادا، ژاپن، اسپانیا، روسیه، امارات متحده عربی، انگلستان و ایالات متحده بودند. امروز حدود ۱۰۰ کشور در جهان و ۱۸ کشور در آسیا و اقیانوسیه وجود دارد. ستاد جهانی خانه سبز برای حمایت از توسعه پایدار ساختمان سبز با بسیاری از کشورهای مختلف که در صنعت ساخت و ساز متفاوت هستند، همکاری می کند. در حال حاضر، بیش از ۱۰۰،۰۰۰ ساختمان و یا ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ متر مربع ساختمان در این ستاد ثبت شده است. مشاوران ارزیابی ساختمان سبز به اکثر کشورهای عضو WGBC توصیه می کنند که از گواهی های LEED, Green Mark, Green Star, etc استفاده کنند [۱۴].

۳-۴- نقش انتخاب مصالح در طراحی ساختمان سبز

از آنجایی که ساختمان مجموعه ای از سیستمهای وابسته به هم از قبیل: معماری، سازه، پوشش نما، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی، مصالح ساختمانی و امنیت است، نحوه چگونگی همکاری این سیستمها با هم نقطه کلیدی در دانستن و طراحی ساختمان سبز است. به منظور دستیابی به فواید ساختمان سبز اعضای پروژه نیاز دارند تا فرایندهای جامع تری را در همه فازهای چرخه عمر ساختمان اجرا کنند. الزامات خانه سبز صرفا با یک عمل یا توسط یک نهاد انجام نمی شود. بلکه نیاز به تیم چند رشته ای و فعالیت های تکراری در طی فرایندهای طراحی و ساخت دارد. برای اطمینان از اینکه یک پروژه در حالت پایدار تحویل داده شود، بایستی در مرحله ساخت، توجه کافی به استراتژی های طراحی و فرصت های ساخت شود. برای اجرای موفقیت آمیز استراتژی ها و فن آوری های سبز در مرحله ساخت و ساز، می توان طیف وسیعی از استراتژی ها و فن آوری های سبز را در جهت دستیابی به اهداف ساختمان سبز به کار گرفت.

از بین استراتژی های مختلف، انتخاب مصالح نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی در طی فرایند ساخت و ساز دارد. چون انتخاب و به کارگیری مصالح ساختمانی که در فرایندهای استخراج از معدن، فرآوری، ساخت و حمل آنها انرژی کمتری مصرف شده باشد؛ به کاهش مصرف انرژی کمک می کنند. طراحی صحیح و کم انرژی این جنبه از انتخاب مصالح را در راستای کاهش مصرف انرژی در نظر می گیرد. همانطور که در نمودار (۱) نشان داده شده است؛ منابع مورد توجه برای پیاده سازی روش طراحی سبز و پایدار شامل چهار بخش انرژی، مصالح، آب و زمین می باشد. در رابطه با مصالح ساختمانی نیز توجه داشتن به موارد ذیل می تواند منجر به طراحی موفق ساختمان سبز شود:

- روش انتخاب مصالح
- استفاده از مصالح کارآمد و پایدار،
- استفاده از مصالح بومی و طبیعی ،
- استفاده از مواد غیر سمی [۱۵]



شکل ۳: جایگاه انتخاب مصالح در استراتژی‌ها و روشهای تاثیر گذار بر طراحی ساختمان پایدار [۱۵]

۵- مصالح ساختمانی نانو ساختار

۵-۱- نانوفناوری در ساختمان

تلاش در جهت یافتن راهکارهایی برای اصلاح کیفیت، افزایش کارایی مصالح و کاهش مصرف مواد خام و انرژی موجب استفاده از فناوری های نوین در صنعت ساختمان شده است. در بین این فناوری ها، فناوری نانو در طی سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این فناوری از دو جهت به صنعت ساختمان کمک می کند: نخست، بهینه سازی و ارتقای عملکردی فناوری پهای موجود، دوم، ارائه گروه جدیدی از فناوری بها و عملکردها که پیش از ظهور فناوری نانو ممکن نبوده است.

به بیان ساده تر فناوری نانو با تغییر خواص مواد در مقیاس نانو منجر به تولید مصالح ساختمانی چندمنظوره با کارایی بالا شده است. برخی از این مصالح می توانند موجب بهبود در وضعیت مصرف انرژی شده و مصرف انرژی را کاهش دهند.

البته در حال حاضر استفاده از نانومواد و محصولات نانو در ساختمان سازی به دلایل زیر محدود است:

- کمبود دانش در مورد نانومواد مناسب برای ساخت و ساز و رفتار آنها؛
- فقدان استانداردهای خاص برای طراحی و اجرای عناصر ساختاری با استفاده از نانومواد؛
- کاهش پیشنهادات نانوذرات؛
- عدم اطلاعات دقیق در مورد محتوای نانوذرات؛
- به منظور استفاده در صنعت ساخت و ساز نانومواد در مقیاس وسیع، ضروری است تحقیقات انجام شده در مراحل بعدی انجام شود:
- انتخاب نانومواد با استفاده بالقوه در ساخت و ساز و مطالعه ویژگی های آن؛
- توسعه طراحی خاص و استانداردهای ساخت و ساز [۱۶]

در ادامه انواع محصولات نانوفناوری که قابلیت استفاده در طراحی ساختمان سبز را دارند معرفی و مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۲- مصالح نانو ساختار پیشنهادی جهت طراحی ساختمان سبز

تاکنون پژوهش های زیادی در رابطه با کاربرد انواع نانوذرات در صنعت ساختمان انجام شده است. لیستی از این نانوذرات در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: عمده ترین نانوذرات با قابلیت استفاده در صنعت ساختمان

نوع محصول	ردیف
نانوذرات سیلیس $N-SiO_2$	۱
نانوذرات هماتیت $\alpha-Fe_2O_3$	۲

۳	نانوذرات تیتانیوم $N-TiO_2$
۴	نانولوله های کربنی CNT
۵	نانوذرات بنتونیت Nano Clay
۶	نانو آلومینا $N-Al_2O_3$
۷	نانو ذرات اکسید روی ZnO

اما نکته قابل توجه این است که در مرحله طراحی و ساخت، مهندسین طراح و سازنده به دنبال مصالح و محصول نهایی برای استفاده در طراحی ساختمان سبز می باشند. زیرا صرفا اطلاع از نوع نانوذرات مورد استفاده در صنعت ساختمان چندان کمکی به آنها در زمینه انتخاب مصالح و طراحی سازگار با محیط زیست نمی کند. لذا در این پژوهش تلاش شده تا با بررسی و مطالعه طیف وسیع نانومواد مورد استفاده در صنعت ساختمان، انواع مصالح ساختمانی تجاری سازی شده که با استفاده از تکنولوژی نانو تولید شده اند را شناسایی کرده و مجموعه ای از این محصولات نانو ساختار در یک مدل پیشنهادی گنجانده و معرفی شوند. در همین راستا پس از بررسی ها و مطالعات صورت گرفته توسط نگارندگان این مقاله عمده ترین مصالح ساختمانی که با فناوری نانو تولید شده و قابلیت کاربرد در طراحی ساختمان سبز با هدف کاهش مصرف انرژی دارند؛ در ادامه معرفی می شوند.

۲-۵-۱- لیتراکن^۱

استفاده از تکنولوژی نانو امکان تولید محصولی جدید با نام لیتراکن را فراهم نموده است. **لیتراکن** که تحت عنوان بتن شفاف نیز شناخته می شود؛ مخفف بتن انتقال دهنده نور^۱ می باشد و به قطعات بتنی اطلاق می شود که با بهره گیری از **فیبرهای نوری** نانو ساختار امکان انتقال نور را از یک سمت به سمت دیگر فراهم می کنند [۱۷]. کاربرد این محصول در ساختمان موجب می شود که برای روشنایی ساختمان از نور طبیعی استفاده شده و انرژی مصرفی مورد نیاز برای تامین روشنایی ساختمان را کاهش می دهد. لیتراکن محصول جدید و منحصر به فردی است که به صورت بلوک یا پانل و در سه طیف رنگی سیاه، سفید و خاکستری به بازار عرضه شده و قابلیت کاربرد در بخش های مختلف ساختمانی را به صورت زیر دارد:

- دیوار: رایج ترین حالت ممکن برای استفاده از لیتراکن در ساخت دیواره های داخلی و خارجی است. لیتراکن را با توجه به میزان استحکام دیوار و پارامترهای دیگر می توان ضخیم تر یا باریک تر تولید کرد. همچنین چون با عبور نور ضخامت دیوار محسوس است می تواند عاملی برای نشان دادن سنگینی و استحکام دیوار در مکان های خاص باشد و در عین حال به تشدید کنتراست بین نور و ماده می افزاید. راستای شرقی - غربی، بهترین حالت ممکن کاربری دیوارهای لیتراکنی را فراهم می سازد تا اشعه آفتاب در زمان طلوع و غروب خورشید با راستای کمتری به دیوار بتابد و شدت نور بیشتری قابل مشاهده باشد.

- کف: وقتی لیتراکن به عنوان یک پوشش کف به کار می رود، از طلوع آفتاب و در طول روز که نور به آن می تابد مانند یک بتن معمولی به نظر می رسد و هنگام غروب نیز بلوک های کف در رنگ های منعکس شده از نور به زیبایی شروع به درخشیدن می کنند [۱۸]. هدف اصلی این محصول استفاده از انرژی خورشیدی است تا مصرف انرژی ها را داخل ساختمان کاهش دهد. اما در برخی از گزارش های علمی به نقش عایق حرارتی فیبرهای نوری مورد استفاده در لیتراکن نیز اشاره شده است [۱۹]. به طور کلی با توجه به تاثیر این محصول بر کاهش مصرف انرژی ساختمانها می توان از این محصول در طراحی و ایجاد ساختمان های سبز استفاده کرد.

۲-۵-۲- نانوسیمان^۲

نانوسیمان در واقع، سیمان حاوی نانوذرات است که این نانوذرات هم می تواند از جنس ترکیبات تشکیل دهنده خود سیمان مانند اکسید آهن، اکسید آلومینوم، اکسید سیلیس، نائورس و باشد و هم از جنس ترکیبات دیگری مانند نانولوله های کربنی، نانوتیتانیوم و ملات های سیمانی که با استفاده از نانوذرات سیمان به وجود می آیند، زمان عمل آوری کمتر و مقاومت فشاری اولیه بالاتری نسبت به سیمان های معمولی دارند. عامل اصلی در کنترل خواص نانوسیمان، علاوه بر ویژگی های ذاتی نانوذرات، اختلاط مناسب نانوذرات و سیمان می باشد. به عنوان مثال، برای دستیابی به سیمانی با خواص مناسب جهت استفاده در چاه های نفت، افزودن ترکیبی از نانوذرات رس- پلیمر کارساز است. در حال حاضر، متخصصین پژوهشگاه صنعت نفت موفق به ساخت نانو افزودنی مناسبی شده اند که برای سیمانکاری دیواره چاه های نفت مناسب است. هدف اصلی

LiTraCon^۱

Light Transmitting Concrete^۲

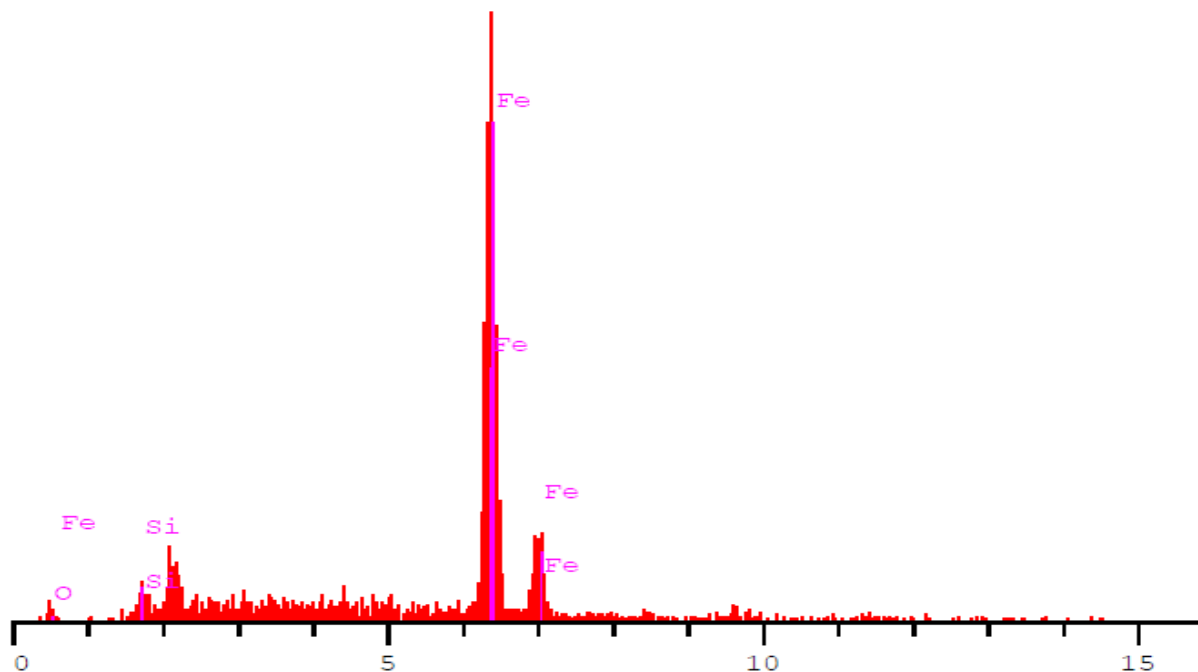
Nano Cement^۳

استفاده از این نانو افزودنی در سیمان دیواره چاههای نفت، مقابله با فشار پایین مخزن و ضرورت ایجاد فشار لازم توسط سیمان استفاده شده می- باشد [۲۰].

تولید سیمان نیاز به استخراج مقادیر زیادی منابع معدنی و مصرف حجم بالایی از انرژی دارد. از سوی دیگر صنعت سیمان دومین صنعتی است که بیشترین آلاینده را وارد محیط زیست می کند. نانوسیمان نسبت سطح به حجم بالایی دارد و با مصرف مقدار کمتری از آن می توان به کارایی بالاتر از سیمان معمولی رسید. در طراحی ساختمان سبز استفاده از نانوسیمان منجر به کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده به محیط زیست می شود.

۲-۵-۳- نانو بتن سبز^۴

بتن پرکاربردترین مصالح ساختمانی است که از ترکیب آب، سیمان و سنگدانه ها ساخته می شود. تولید بتن نیاز به مقدار زیادی سیمان به عنوان ماده اتصال دهنده دارد و همانطور که در بخش قبلی اشاره شد تولید سیمان نیاز به انرژی زیادی دارد. از یک سو استفاده از پسماندهای صنعتی به عنوان جایگزین سیمان در بتن منجر به کاهش مصرف منابع و انرژی مصرفی می شود [۲۱ و ۲۲]. از سوی دیگر چنانچه این پسماندها بصورت نانویی فرآوری شده و در ساخت بتن استفاده شوند، قطعاً علاوه بر مزایای فنی و مکانیکی، منجر به کاهش مصرف انرژی در مرحله تولید می شود. باید در نظر داشت که طیف وسیعی از افزودنی های نانو بتن را می توان از منابع ثانویه و پسماندها استحصال نمود. از طریق افزودن آنها به ساختار بتن به نوع خاصی از بتن دوستدار محیط زیست به نام "نانو بتن سبز" دست یافت. بعنوان مثال می توان نانوذرات هماتیت را با خلوص ۹۸ درصد از پسماندهای معدنی فرآوری نموده و در ساخت نانوبتن سبز استفاده نمود. شکل (۲) نمودار EDS از نانوهیاتیت تهیه شده از باطله معدنی را نشان می دهد که در ساخت نانوبتن سبز استفاده شده و نیاز به مصرف افزودنی های شیمیایی را در حجم انبوه از بین برده است [۲۰]. استفاده از این نوع بتن علاوه بر کاهش آلودگی زیست محیطی پسماندها، منجر به کاهش انرژی مصرفی در مراحل تولید و حمل می شود. ضمن اینکه حضور نانوذرات اکسید آهن در شرایط ارتقا یافته منجر به ایجاد گرمایی شده و از این طریق نیز موجب کاهش مصرف انرژی در داخل ساختمان می شود. به همین دلیل این محصول نیز گزینه مناسبی جهت استفاده در ساختمان سبز می باشد. این نوع بتن قابلیت کاربرد در تمامی مراحل بتن ریزی از قبیل فونداسیون، کف، دیوارهای داخلی و سقف را دارد.



شکل ۳- نمودار EDS جهت درصد خلوص ذرات هماتیت به کار رفته در نانو بتن سبز

۲-۵-۴- بتن خود ترمیم شونده

بتن خودترمیم ترکیبی از بتن و میکرو ارگانیسم های طبیعی است که با ترکیب دو فناوری نانو بایو تولید می شود. در این نوع بتن، پدیده رسوب کلسیت تحریک شده با باکتری یا به اختصار MICP^۵ موجب ترمیم ترکهای موجود در بتن می شود. این نوع بتن در صورت شکسته شدن قادر است خود را ترمیم نماید. دخالت انسانی الزامی نبوده و تنها به آب و دی اکسیدکربن مورد نیاز است. در صورت کاربرد بتن خود ترمیم شونده در ساختمان از بتن مسلح استفاده نمی شود و یا حجم استفاده مصالح فولادی تا حدی کاسته می شود که این میزان کاهش مصرف، معادل کسر قابل توجهی از کاهش مصرف انرژی در مراحل استخراج، ذوب و حمل فلزات جهت توسعه پایدار می باشد [۲۳].

۲-۵-۵- شیشه های کنترل کننده انرژی^۶

این نوع شیشه ها ضمن دارا بودن تنوع در رنگ و سایر خصوصیات، قادرند با کاهش شدید امواج ماوراء بنفش و مادون قرمز عبوری و تنظیم عبور نور مرئی، در زمستان تا ۸۵ درصد و در تابستان تا ۸۰ درصد از هدر رفتن انرژی داخل ساختمان جلوگیری کنند. به همین دلیل یکی از مصالح ساختمانی قابل توجه در ساختمان سبز می باشند [۲۴].

۲-۵-۶- نانو عایق ها

عایق کاری ساختمان یکی از موثرترین روش های کاهش مصرف انرژی می باشد. فاکتور مهم در انتخاب عایقها، میزان مقاومت حرارتی آنها است. هر قدر این مقاومت بالاتر باشد عایق، حرارت را کمتر از خود عبور میدهد و صرفه جویی که به همراه دارد، افزایش مییابد. پس به جای ضخامت عایقها، بهتر است مقاومت حرارتی آنها با هم مقایسه شوند [۲۵]. مبنای کار مواد عایق، بر دارا بودن تعداد زیادی حفره در ساختار است که تا حد امکان بتوانند هوا را در میان خود نگه دارند. نانومواد به دلیل داشتن تخلخلهای ریزتر و بیشتر، قابلیت بیشتری برای به دام انداختن هوا داخل ماده دارند و با استفاده از این مواد میتوان با ضخامتهای کمتری به خاصیت مطلوب رسید. نانوعایقهای حرارتی بسیار مقاوم، سبک و با کیفیت هستند و نسبت به عایقهای سنتی قابلیت بیشتری در کاهش اتلاف انرژی داشته و به مقدار ۲ تا ۶ برابر بازده بالاتری دارند [۲۶]. بنابراین یکی از گزینه های مناسب جهت طراحی ساختمان سبز با رویکرد کاهش مصرف انرژی استفاده از نانوعایق های حرارتی است.

۲-۵-۷- پوشش های فتوکاتالیست

پوشش های فتوکاتالیست یکی دیگر از محصولات مبتنی بر فناوری نانو هستند که بصورت مواد بی رنگ و حتی رنگ خود تمیز شونده تولید شده و قابلیت کاربرد در نمای خارجی ساختمانها از جنس های مختلف را دارند. این پوشش ها علاوه بر نقشی که بعنوان خود تمیز شونده دارند؛ می توانند نقش سپر گرمایی ظاهر شوند. ضمن اینکه جانشین مناسبی برای سیستم های متداول تصفیه با مصرف انرژی بالا هستند که قابلیت استفاده از انرژی پاک و تجدید شدنی خورشید را دارند. بدین ترتیب از طریق به کار بردن پوشش های نانوفتوکاتالیست در طراحی ساختمان سبز می توان به کاهش مصرف انرژی کمک کرد [۲۷].

۲-۵-۸- نانوکامپوزیت ها

نانو کامپوزیت ها به طیف وسیعی از محصولات نانوفناوری اشاره دراد که خواص آنها با استفاده از مواد نانو ساختار بهبود یافته است. عمده ترین نانوکامپوزیت ها دارای بستر رس، کربن یا پلیمر هستند. همچنین نانوکامپوزیت ها ترکیبی از نانوذرات با بلوک های ساختمانی هستند. برخی از این نانو کامپوزیت های تجاری سازی شده عبارتند از: بتروبرود، GFRC^۷ و نانوکامپوزیت های آلومینیومی و پایه رسی. نانوکامپوزیت ها با مقاومت حرارتی بالایی که دارند قادر به حفظ گرمای داخل ساختمان بوده و از طریق کاهش هدر روی گرما منجر به بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان هستند [۲۸].

۳-۵- راهکار پیشنهادی جهت کاهش مصرف انرژی در طراحی ساختمان سبز

بررسی های اخیر که نشان دهنده چگونگی هدر رفت انرژی در ساختمان ها می باشد؛ در شکل ۴ نشان داده شده است و به وضوح به الزام تغییر رویکرد در نحوه ساخت و ساز ساختمان ها اشاره می کند [۲۹]. همانطور که در شکل ۴ نیز نشان داده شده است؛ در ساختمان ها مقادیر قابل توجهی از انرژی از طریق اجزای سازنده با درصدهای مختلف زیر هدر می رود:

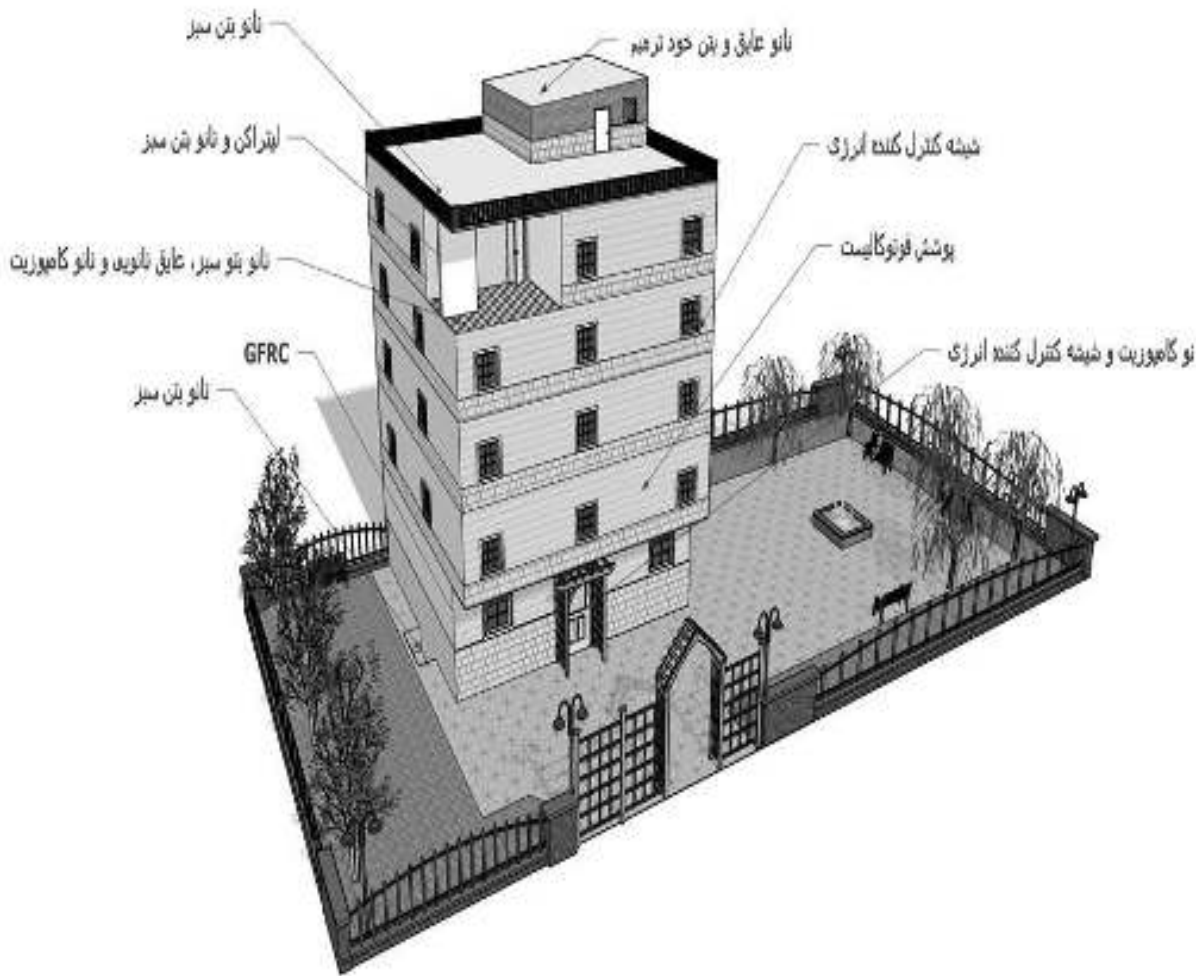
- ۴۰٪ انرژی مصرفی ساختمان از پوسته خارجی هدر می رود
- ۲۰٪ از طریق در و پنجره
- ۱۰٪ از طریق دیوارها

-۱۵٪ از طریق سقف
-۱۰٪ از طریق درز پنجره ها-
- ۵٪ از طریق کف طبقه اول یا زیر زمین



شکل ۴: درصد هدر روی انرژی در بخش های مختلف ساختمان (www.namasabz.com)

حال در ادامه با توجه به این الزامات و در نظر داشتن خواص کاربردی مصالح نوین راهکار پیشنهادی ارائه می شود. بر اساس بررسی های صورت گرفته بر روی مصالح ساختمانی نانوساختار که شرح آنها در قسمتهای قبلی ارائه شد؛ راهکار پیشنهادی جهت طراحی خانه سبز با کمترین مصرف انرژی بصورت شکل ۵ می باشد.



شکل ۵: طرح پیشنهادی ساختمان سبز نانوساختار جهت کاهش مصرف انرژی

در این طرح بر این اصل تمرکز شد که در راستای کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها بایستی تلاش شود تا هدر روی انرژی در هریک از این بخش ها به کمترین میزان برسد. انواع مصالح تولید شده با فناوری نانو که در بخش های قبلی معرفی شدند؛ قابلیت جایگزینی در هریک از بخش های هدر دهنده انرژی را دارند. نکته قابل توجه در رابطه با این مصالح این است که اکثر این مصالح چند منظوره هستند و قابلیت کاربرد مشترک در کف، سقف، دیوار و ... را دارند. بنابراین با انتخاب آگاهانه این مصالح می توان به طرح موفق از ساختمان سبز دست یافت که انرژی مصرفی در آن کاهش یافته است. عمده ترین مصالح مبتنی بر فناوری نانو که قابلیت مذکور را دارند در جدول (۲) ارایه شده اند

جدول ۲: عمده ترین مصالح ساختمانی نانوساختار در طراحی ساختمان سبز

ردیف	نوع محصول	محل کاربرد
۱	نانوسیمان	کف، سقف، دیوارهای داخلی و خارجی
۲	نانو بتن سبز	کف، سقف، دیوارهای داخلی
۳	بتن خود ترمیم شونده	دیوارهای خارجی
۴	شیشه های کنترل کننده انرژی	در و پنجره
۵	نانوعایق ها	دیواره پوسته خارجی

نمای داخلی و خارجی	پوشش فوتوکاتالیست	۶
بعنوان جدا کننده و دیوارهای داخلی	بتروبرد	۷
بعنوان جدا کننده و دیوارهای داخلی	نانوکامپوزیت ها	۸
دیوار داخلی، کف پوش	لیتراکن	۹
نمای خارجی	GFRC	۱۰

۶- نتیجه گیری

بررسی آمارها و مطالعات مصرف انرژی نشان داد که ساختمان های مسکونی به دلیل نوع کاربری سهم زیادی از مصرف انرژی را در جهان به خود اختصاص داده اند. از سوی دیگر با توجه به ماهیت این ساختمان ها و میزان اتلاف انرژی در آنها امکان صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان های مسکونی بیش از ساختمان های دیگر است. نکته قابل تامل دیگر این است که کاهش مصرف انرژی در این ساختمان های مسکونی نسبت به سایر ساختمانها پیچیدگی و هزینه کمتری دارد. با توجه به اینکه در حال حاضر کاهش مصرف انرژی یکی از الزامات مهم در طراحی ساختمان سبز می باشد؛ از بین استراتژی های مختلف طراحی ساختمان سبز در راستای کاهش مصرف انرژی انتخاب مصالح نوین در این پژوهش مورد تاکید قرار گرفت. با توجه به نقش نانوفناوری در تولید مصالح سازگار با محیط زیست با مصرف انرژی پایین، مدلی از ساختمان سبز با استفاده از مصالح نانو ساختار طراحی و ارائه شد.

۷- مراجع

- [۱] European Commission, "Directive ۲۰/۳۱/EC of the European Parliament and of the Council of ۱۹ May ۲۰۱۰ on the energy performance of buildings (recast)," Off. J. Eur. Communities, pp. ۱۳-۲5, 2010.
- [۲] F. Alrashed and M. Asif, "Prospects of renewable energy to promote zero-energy residential buildings in the KSA," Energy Procedia, vol. ۱۸, pp. ۱۰۹۶-۱۱۰5, 2012.
- [۳]. S. Deng, R. Z. Wang, and Y. J. Dai, "How to evaluate performance of net zero energy building - A literature research," Energy, vol. ۷۱, pp. ۱-۱۶, ۲۰۱۴.
- [۴] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," Energy Build., vol. ۴۰, pp. ۳۹۴-۳۹۸, ۲۰۰۸.
- [۵] Tallini, A., Cedolla, L., A review of the properties of recycled and waste materials for energy refurbishment of existing buildings towards the requirements of NZEB, Energy Procedia ۱۴۸ (۲۰۱۸) ۸۶۸-۸75
- [۶] Osama.Ahmed ,Mohamed Ibrahim , & Ahmed Khamies, Aplying the principles of green Architectur for Saving Energy in Building, International Conference – Alternative and Renewable Energy Quest, AREQ ۲۰۱۷, 1-3 February, Spain ,2017
- [۷] Amany Ragheb, Hisham El-Shimy, Ghada Ragheb, GREEN ARCHITECTURE: A CONCEPT OF SUSTAINABILITY, Procedia - Social and Behavioral Sciences ۲۱۶ (۲۰۱۶) ۷۷۸ – ۷87
- [۸] Abeer Samy Yousef Mohamed, Smart Materials Innovative Tecnologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm, International Conference – Alternative and Renewable Energy Quest, AREQ ۲۰۱۷, 1-3 February , Spain , ۲۰۱۷
- [۹] Samira Mahmoudkelaye, Katayoon Taghizade Azari, Mitra Pourvaziri, Elnaz Asadian, Sustainable material selection for building enclosure through ANP method, ۲۰۱۸
- [10] Babak Daryoush and Amirpejman Darvish , A Case Study and Review of Nanotechnology and Nanomaterials in Green Architecture, Research Journal of Environmental and Earth Sciences ۵(2): 78-84, 2013
- [۱۱] N. Gholami Rostam, M. J. Mahdavinjad, M. Gholami Rostam, Commercializing Usage of Nano-Insulating Materials in Building Industry and Future Architecture, ۵th International Biennial Conference on Ultrafine Grained and Nanostructured Materials, UFGNSM ۱۵, ۲۰۱۵.
- [12] Amany Ragheba, Hisham El-Shimyb, Ghada Raghebb, GREEN ARCHITECTURE: A CONCEPT OF SUSTAINABILITY, Procedia - Social and Behavioral Sciences ۲۱۶ (2016) 778 – 787

- [۱۳] a.L., State of The Art of Green Building Standards and Certification System Development in Thailand, *Energy Procedia*, Volume ۱۳۸, October ۲۰۱۷, Pages ۴۱۷-۴۲۲.
- [15] Peter O. Akadiri, Ezekiel A. Chinyio and Paul O. Olomolaiye, Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector Buildings ۲۰۱۲, ۲, ۱۲۶-۱۵۲.
- [16] C.Vigneshkumar, Study on Nanomaterials and Application of Nanotechnology and Its Impacts in Construction, *Discovery*, Volume ۲۳, Number ۷۵, September ۱, ۲۰۱۴.
- [17] Bharti Sharma, Amarnath Gupta, An Overview on Transparent Concrete, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* e-ISSN: ۲۳۹۵-۰۰۵۶ Volume: ۰۵ Issue: ۰۷ July ۲۰۱۸
- [18] Akshaya B Kamdi, TRANSPARENT CONCRETE AS A GREEN MATERIAL FOR BUILDING, *Int. J. Struct. & Civil Engg. Res.* ۲۰۱۳, Vol. ۲, No. ۳, August ۲۰۱۳.
- [۱۹] S. D. Mavridou and P. P. Banti, Development of new environmental-friendly concrete types, *Engineering Project Management MSc*, School of Science and Technology, Hellenic Open University
- [20] Afshar, M., Karimi, Gh., Mozaffari, E., "Recycling method of iron oxide nanosorbent from waste and its application in wastewater treatment", *Jurnal of JMEAST(ISC)*, ۲۰۱۴:۱۷, Vol: ۳
- [21] Lazaro Garcia, A.; Quercia, G.; Brouwers, H.J.H.; Geus, J.W. Synthesis of a green nano-silica material using beneficiated waste dunites and its application in concrete *World Journal of Nano Science and Engineering*, 2013, 3, 41-51
- [۲۲] Abdul Rahim, Sandanu. R.Nair Influence of Nano-Materials in High Strength Concrete, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, Issue ۳: August ۲۰۱۶
- [23] M.V. Seshagiri Rao, V. Srinivasa Reddy, M. Hafsa, P. Veena and P. Anusha, Bioengineered Concrete - A Sustainable Self-Healing Construction Material, *Research Journal of Engineering Sciences*, Vol. ۲(۶), ۴۵-۵۱, June (2013)
- [25] L.Moga., A.bocur., Nano insulation materials for application in nZEB, *Procedia Manufacturing* ۲۲ (2017) 309-316
- [26] Haakon F., Petter J., S Alex Mofid., sustainable Building Envelopes, Synthesis of Silica-Based Nano Insulation Materials for Potential CISBAT ۲۰۱۷ International Conference – Future Buildings & Districts – Energy Efficient, *Energy Procedia* ۱۲۲(2017)–949-959.
- [27] C.Vigneshkumar, Study on Nanomaterials and Application of Nanotechnology and Its Impacts in Construction, *Discovery*, Volume ۲۳, Number ۷۵, September ۱, ۲۰۱۴
- [۲۸] Charles Chikwendu Okpala Nanocomposites – An Overview, *International Journal of Engineering Research and Development* Volume ۸, Issue ۱۱ (October ۲۰۱۳), PP. ۱۷-۲3
- [۲۹] Applying the Principles of Green Architecture for Saving Energy in Buildings AREQ ۲۰۱۷, ۱-3 February 2017, Spain, *Energy Procedia* 115(2017)–369-382