ساختمان های انرژی صفر یا صفر کربن حرکتی در راستای معماری اکولوژیکی

میترا خرازی صنعت شتربان*،کارشناسی ارشد معماری،دانشگاه آزاد اسلامی،واحدبناب،ایران

M51_arch@yahoo.com

چکیده

امروزه یکی از مسائل مهم روزمره مطرح درصنعت ساختمان ، مبحث انرژی و توسعه پایدارو به دنبال آن تشویق طراحان به حفاظت از انرژی وطراحی ومعماری پایداراست. بی تردید گرم شدن کره زمین ، تخریب لایه اوزن ، افزایش آلودگی محیط زیست ، انقراض گونه های زیستی ، آلاینده های کربنی ، مصرف بی رویه منابع تجدید ناپذیر و سوخت های فسیلی و برگشت ناپذیری آنها همگی باعث دو بحران زیست محیطی و انرژی شده است. در این میان بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است و این درحالیست که نزدیک به نیمی از منابع انرژی های برگشت ناپذیر جهان مصرف شده اند ، همین امرلزوم توجه بیشتر به این مساله و تلاش برای رسیدن به معماری پایدار را تایید می کند . تاریخچه ی بکارگیری از این نوع ساختمان های سبز به سالهای بعد ازجنگ جهانی دوم برمی گردد که منابع انرژی محدود شد و مهندسان به تامین انرژی از طریق سیستم های گرمایش خورشیدی روی آوردند . دراوایل قرن بیستم درراستای کاهش آلودگی های زیست محیطی و مطرح شدن بحران انرژی ، تغییر نگرشی اساسی در فناوری ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی صورت گرفت که نهایتا درتکامل این روند ساختمان های سبز و انرژی صفر پیشنهاد و نمونه های اولیه آن ساخته شد . مقاله تحقیقی حاضر به بیان چگونگی بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر در طراحی یک ساختمان کربن صفر با هدف حل بحران آلودگی های زیست محیطی ناشی از ساختمان ها می پردازد کلیت این پژوهش و تحقیق کاربردی بوده و روش تحقیق توصیفی تحلیلی می باشد و بررسی منابع علمی و اسناد و مدارک کتابخانه ای درچهارچوب بحث انجام گرفته است . هم اکنون ساختمان انرژی صفریا ساختمان برایند صفر یا ساختمان مستقل از انرژی یک ایده انرژی محور خلاقانه است که محققان توانسته اند پس از سالها تلاش به اصول طراحی پایدار یا اکولوژیکی آگاهی یافته و با استفاده علوم و تکنولوژی های مدرن درجهت رفع نگرانی های مربوط به انرژی درعصرحاضر برقسمت عمده ای ازتکنولوژی آن دست یابند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با طراحی مناسب ساختمان با توجه به پارامترهای اقلیمی و استفاده حداکثری از سیستم های سرمایش و گرمایش طبیعی، استفاده از سیستم های غیرفعال خورشیدی ، توربین های بادی و پانل های فتوولتائیکی می توان به دو هدف اصلی که همان تحقّق ساختمان با آلایندگی صفر و انرژی صفر می باشد دست یافت. نتایج بدست آمده از این پژوهش گامی در جهت استفاده انسان از فناوری های همگون با محیط طبیعی و حرکتی درراستای معماری بیولوژیکی خواهد بود .

واژه های کلیدی: انرژی های تجدید پذیر ، ساختمان سبز ، پایداری ، ساختمان صفرانرژی ، ساختمان صفرکربن

مقدمه

با روی آوردن انسان به کشاورزی و بعد ازآن شروع انقلاب صنعتی ، بشرشروع به تخریب پوشش گیاهی و تبدیل جنگها به مزارع و سایتهای شهری و مسکونی نموده است. استفاده ازسوخت‌های فسیلی باعث کند شدن چرخه بازیافت گازهای کربن دار شده ، و این پدیده منجر به نازک شدن لایه ازن و افزایش قطر لایه بازتابنده انرژی خورشیدی شده است. سال‌ها بی توجهی به روند تغییر چهره کره زمین و پخش انواع آلاینده‌ها در کره زمین و هوا ، باعث گرمایش زمین و پدیده وارونگی یا اینورژن شده است . در ادامه این چرخه زنجیروار از عوامل تخریب کننده و آلاینده کره زمین ، یخ‌های قطبی آب شده که خود عامل ایجاد تغییرات بنیادی در وضعیت آب و هوای زمین می باشد . بنابراین مجموعه عوامل فوق با برهم زدن تعادل اکولوژیکی و ... همگی باعث انواع بحران های زیست محیطی شده اند . بحرانی که دراواسط دهه ی۱۹۶۵ با افزایش میزان آلودگی محیط زیست ، هشداری به جهانیان محسوب شد و سبب تشکیل گروه های طرفدارمحیط زیست در جاهای مختلف دنیا گردید و بیانیه ها و مقالات متعددی در زمینه اصول معماری سبز و پایدارتوسط محققان مختلف درسراسردنیا به رشته تحریر درآمد.

اصطلاح پایداری " sustainability " برای نخستین باردرسال۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط زیست ، تحت عنوان " رویایی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده "مطرح شد . مفهوم طراحی پایدار یک مفهوم عام بوده و در بسیاری از زمینه ها از جمله معماری، طراحی گرافیک، کشاورزی، ماشین آلات و هرآنچه که با محیط زندگی انسان سروکار دارد، به کاربرده می شود . از آنجایی که طراحی اکثر فضاهای معماری توسط معماران صورت می پذیرد از اینرو معماران نیز همسو با سایر دست اندرکاران در پی یافتن راه های جدیدی برای تامین زندگی مطلوب برای انسان ها بوده اند .

مطالعات در این زمینه نشانگرآن است که صنعت ساختمان و ساخت و ساز نیز یک سوم از کل مصرف منابع انرژی، آب پاک و مصالح را به خود اختصاص داده است. لذا رویکرد به طراحی ساختمان های انرژی محوریا صفرانرژی ، بی شک گامی مهم در جهت نزدیک شدن به اهداف توسعه پایدار درمقابله با بحران های انرژی و زیست محیطی موجود و هماهنگی هرچه بیشتر با طبیعت می باشد .کلیت مقاله وتحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده و دراین راستا از منابع علمی وکتابخانه ای نیز درچهارچوب بحث استفاده شده است . بدین منظور نمونه های موردی از ساختمان های صفر انرژی و تحلیل عملکرد این ساختمان ها مورد بررسی قرارگرفته اند ، که درذیل به نمونه های برجسته اشاره می شود . این مقاله و تحقیق در پی آن است که تعاریف ، مزایا واصول حاکم بر طراحی این ساختمان ها را نشان دهد که با استفاده هوشمندانه از تکنولوژی انرژی های تجدیدپذیر می توانند با بهبود کیفیت محیطی ، میان چرخه تولید و مصرف انرژی نیز تعامل برقرارکنند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با طراحی ساختمان انرژی محور(ساختمان انرژی صفریا ساختمان برایند صفریا ساختمان مستقل از انرژی) با توجه به پارامترهای اقلیمی و استفاده حداکثری از سیستم های سرمایش و گرمایش طبیعی، استفاده از سیستم های غیرفعال خورشیدی و پانل های فتوولتائیکی ، می توان درساختمان ها آلایندگی و مصرف انرژی را به صفر رساند . نتایج بدست آمده از این پژوهش گامی در جهت استفاده انسان از فناوری های همگون با محیط طبیعی و حرکتی درراستای معماری بیولوژیکی خواهد بود .

روش تحقیق

پژوهش حاضربه دنبال بررسی راهکارهای طراحی برای دستیابی به معماری صفر انرژی و ارائه راه حل هایی با تاثیرگذاری بیشتر درنیل به این منظور بوده و هدف از تدوین این مقاله تبیین فرآیندی مهندسی برای رسیدن به یک ساختمان کارا از نظرسطح مصرف انرژی می باشد . کلیت مقاله و تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده و بررسی منابع علمی و کتابخانه ای و اسناد و مدارک در چهارچوب بحث می باشند . بدین منظور نمونه های موردی از ساختمان های صفر انرژی و تحلیل عملکرد این ساختمان ها مورد بررسی قرارگرفته اند ، که در ذیل به نمونه های برجسته اشاره می شود .

سوالات اساسی

- چگونه می توان با کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی بازده انرژی ساختمان را افزایش داد ؟
- چگونه می توان بین تولید و مصرف انرژی درساختمان تعامل برقرارکرد ؟
- چه راهکار ثمربخشی برای مواجه با دو بحران اساسی زیست محیطی و انرژی درصنعت ساختمان سازی پیشنهاد می شود ؟

فرضیه تحقیق

به نظر می رسد ساختمان های انرژی محور (انرژی صفر یا صفر کربن) حرکتی در راستای معماری اکولوژیکی می باشند .

هدف و ضرورت انجام تحقیق

بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و ۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است . هم اکنون ما در صنعت ساختمان سازی با دو بحران اساسی زیست محیطی و انرژی مواجه هستیم . همین امرلزوم توجه بیشتر به این مساله و تلاش برای رسیدن به معماری پایدار را تایید می کند . بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر درطراحی یک ساختمان کربن صفر یکی از روشهای کارآمد پیش رو در راستای حل این دو بحران مهم می باشد . ساختمان‌های انرژی صفر اهداف کلیدی ساختمان‌های سبز را به صورت کامل محقق ساخته و باعث کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای درطول مدت استفاده از ساختمان خواهند شد. یکی از مهمترین اهداف ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر، کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی و همچنین افزایش بازده انرژی ساختمان است . لذا با شناخت اصول و روشهای طراحی ساختمان‌های صفرانرژی میتوان به دوهدف اصلی که همان تحقّق ساختمان با آلایندگی صفر و انرژی صفرمی باشد ، دست یافت و علاوه بربهبود کیفیت محیطی ، میان چرخه تولید و مصرف انرژی نیز تعامل برقرارکرده وگامی در راستای رسیدن به معماری اکولوژیکی برداشت .

پیشینه تحقیق

تاریخچه ی احداث و بکارگیری ساختمان های صفر انرژی به سالهای بعد از جنگ جهانی دوم برمی گردد که دسترسی به منابع انرژی محدود شد و مهندسان برای تامین انرژی به سیستم های انرژی خورشیدی روی آوردند . دراوایل قرن بیستم درراستای کاهش آلودگی های زیست محیطی و مطرح شدن بحران انرژی ، تغییر نگرشی اساسی در فناوری ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی صورت گرفت که نهایتا در تکامل این روند ساختمان های سبز و انرژی صفر پیشنهاد و نمونه

های اولیه آن ساخته شد . در ایران نیز در سال۱۳۷۰ با تصویب کتاب مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان پیرامون صرفه جویی در مصرف انرژی توسط هیئت وزیران در بهینه سازی مصرف انرژی اقدامات مهمی انجام شد و از سال ۱۳۸۴ اعمال آن برای ساختمان های دولتی الزامی گردید .

تاکنون پژوهشها و مطالعات تحقیقاتی زیادی دراین زمینه انجام شده است . از جمله ، مقاله "ساختمان انرژی صفر" (معصومه جوانشیر سال۱۳۹۴)،مقاله"بررسی راهکارهای تحقق پذیری ایده ساختمان های صفرانرژی گامی جهت علمی کردن اصول معماری پایدار" (سحرعباسی و داوود رضایی سال۱۳۹۴) ، مقاله "بررسی شاخصه های تاثیرگذار در طراحی ساختمانهای انرژی صفر" (نازنین رضایی وحامد کامل نیا سال۱۳۹۵) و مقاله "رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمانهای انرژی صفر" (حسین مددی و پریاعلی اکبری سال۱۳۹۴) . همچنین صاحبنظرانی نامدار چون رونالد راینر (۲۰۰۲) و کریستوفر الکساندر(۲۰۰۳) به تعریف معماری بومی - اقلیمی و معماری سبز پرداخته اند. عثمان اتمن (۲۰۱۲) در کتاب معماری سبز ویژگیهای این معماری و توجه به مصالح و تکنولوژیها با اتکا به محیط و کالبد ساختمان را ، مطرح نموده است . کتاب راهنمای معماری اقتصادی - طراحی ساختمان صفر انرژی به قلم توماس هوتمن (۲۰۱۲) در دوازده فصل به چگونگی ساخت یک ساختمان خودکفا که همه ی نیازهای خود را از انرژی های طبیعی می گیرد، می پردازد. لذا با تکیه بر مطالعات اسنادی ، دراین مقاله و تحقیق سعی برآن است تا ضمن بررسی اصول طراحی ساختمان های انرژی صفر بتوانیم با بهبود کیفیت محیطی میان چرخه تولید و مصرف انرژی تعامل برقرارکرده وگامی در راستای رسیدن به معماری اکولوژیکی برداریم .

۱. مبانی نظری

اصولا ساختمان انرژی صفر (Zero Energy Building) به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شوند که مصرف سالیانه انرژی آنها صفر است (مصرف انرژی سالانه آن با تولید سالانه‌اش برابری می‌کند) و آلاینده‌های کربنی تولید نمی‌کنند . مسکن کربن صفر یا انرژی صفر(ZCH) ، اصطلاحی برای مشخص کردن اقامتگاه‌هایی با میزان راندمان انرژی بسیار بالا می باشد . دراین منازل انرژی بسیار کمی برای تأمین نیاز روزانه ساکنین، مصرف می‌شود. مسکن کربن صفر Zero Carbon (Building) به صورت مخفف ZHC یا ZHB دارای میزان کربن سالیانه خالص، صفر می باشد.

در دنیای امروز، با خطرات گرم شدن روزانه کره زمین ، ازدیاد جمعیت و کاهش متعارف منابع انرژی ، احداث ساختمان ها و شهرک هایی کربن صفر به عنوان یکی از راههای پیش رو دربهبود کیفیت محیطی و ایجاد تعامل میان چرخه تولید ومصرف درمسیر پایداری می باشد.ایده و چهارچوب اصلی ساختمان های صفر انرژی برمبنای استفاده ازانرژی‌های تجدید پذیرو حذف آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای است و به دلیل افزایش هزینه‌های سوخت‌های فسیلی و تأثیرات مخرب آنها برروی محیط زیست و برهم زدن تعادل اکولوژیکی ، امروزه طرح‌های معماری مرتبط با اصول انرژی صفر، کاربردی شده و طرفداران زیادی پیدا کرده است . این ساختمانها می توانند تمام نیازهای خود به انرژی را با یک روش کم هزینه و بدون آلایندگی ، با دسترسی محلی به منابع تجدید پذیر تامین نمایند. در یک ساختمان صفر انرژی هیچ گونه سوخت فسیلی مصرف نمی‌شود و مصرف انرژی سالانه آن با تولید سالانه‌اش برابری می‌کند. یک ساختمان انرژی صفر ممکن است به شبکه‌های شهری موجود متصل باشد یا نباشد. اگر این ساختمان ها از شبکه تأمین انرژی جدا و مستقل باشند ، در این صورت انرژی به صورت محلی و از طریق ترکیبی از فن آوریهای تولید انرژیهای نو از قبیل خورشیدی، بادی و بیو سوخت ها تأمین می گردد. چنین ساختمانهایی با عملکرد بالا بسیار اندک می باشند. معمولا در اتصال به شبکه سراسری برق در زمان های پیک تقاضا که سیستم خانه پاسخگو نیست برق از شبکه سراسری خریداری شده و در زمان هایی که تولید برق بیشتر از میزان مصرف است به شبکه فروخته می شود و به این ترتیب از نظر اقتصادی هزینه ها تعدیل می شود. در این روش، هیچ گونه محدودیتی برای طراحی خانه های با انرژی صفر وجود ندارد، میتوانند به صورت ترکیبی از استاندارد های معماری ثابت و محلی طراحی شوند. به طور مثال میزان مصرف انرژی در یک خانه معمولی به عنوان پایه و یک خانه ZCH مطابق با انچه در گزارش مرکز تحقیقات NAHB امریکا بیان شده، در جدول زیر (National Association of Home Builders) ارائه شده است .

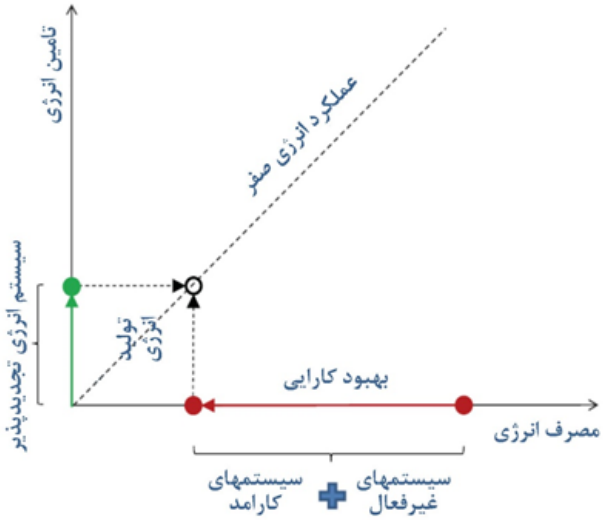
جدول ۱- میزان مصرف انرژی در بخش های مختلف یک ساختمانZCH (ماخذ: صبا خشنود زرگر سال ۱۳۹۵)

انرژی و کاربرد	مصرف سالیانه خانه معمولی (kwh)	درصد از کل	مصرف در حالت خانه با انرژی نزدیک به صفر (kwh)	درصد از کل
گرمایش	**۱۲/۷۴۹**	۴۷	۲/۱۱	۲۶
سرمایش	۵/۱	۱۹	۰/۸۵	۱۱
آب گرم	۳/۶۲۷	۱۳	۰/۱۶۷	۲
هوای تهویه	۰	۰	۰/۱۷۵	۲
سایر بارها	۵/۷۳	۲۱	۴/۸۳۳	۵۹
مصرف سالیانه	۲۷/۲۰۶	۱۰۰	۸/۱۳۵	۱۰۰

بررسی های انجام شده نشان میدهد که طراحی خانه به روش ZCH تاچه اندازه توانسته میزان مصرف انرژی دربخشهای گوناگون را کاهش دهد.

۱.۴ . اصول طراحی ساختمان‌های انرژی صفر

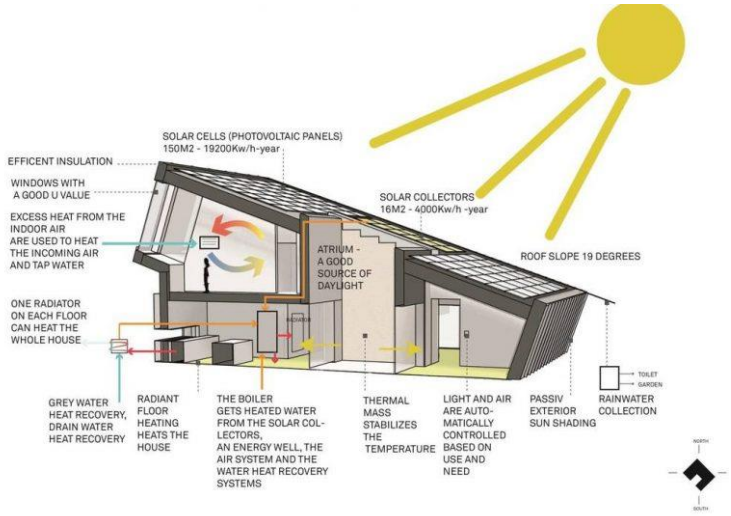
از آنجا که انرژی مصرف شده در این ساختمان باید با استفاده از انواع روش‌های ممکن تولید و تامین شود ، لذا اگر در ساختمان انرژی بیشتری استفاده شود باید ظرفیت تولید انرژی ساختمان افزایش داده شود. چنانچه افزایش ظرفیت تولید انرژی ازنظر فنی مقدورباشد، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود.



شکل ۱- رابطه بین تولید و مصرف انرژی و تاثیر پارامترهای انرژی صفر بر آن (ماخذ : فتانه کرمی ، سال ۱۳۹۴)

بر این اساس درطراحی ساختمان‌های انرژی صفرجدای ازرعایت موارد معمول ساختمان‌سازی اصولی به شرح زیر مورد توجه قرار می‌گیرد.

- شناخت لازم و کافی از اقلیم و موقعیت مکانی ساختمان
- بررسی دقیق محیط اطراف ساختمان (درختان، ساختمان‌ها و ...)
- تمرکز بر طراحی غیرفعال و کاهش نیاز انرژی ساختمان با استفاده ازعایق‌کاری مناسب، سایبان، بادشکن،تهویه طبیعی و بهره‌گیری مناسب از نوروز
- بهره‌گیری ازسیستم‌های کارامد و روش های سیستماتیک ساخت برای دستیابی به راندمان بالاتر در سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی ، چراغ‌ها و لامپ‌های پربازده
- بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاکیزه درتولید انرژی مانند انرژی باد ، خورشید و ...

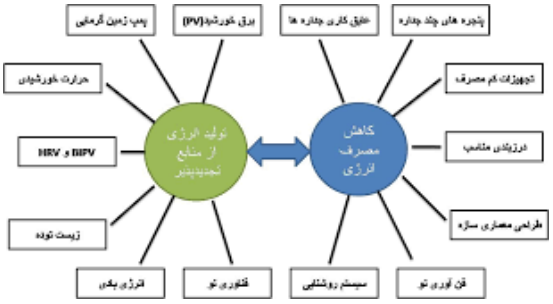


شکل ۲ - نمونه‌ای از طراحی ساختمان انرژی صفر(ماخذ: حسین مددی و پریاعلی اکبری ،۱۳۹۴)

۲.۴ . ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر

ساختمان سبز(Green Building) به دسته‌ای از ساختمان‌ها گفته می‌شود که در برابر حفظ منابع زیست محیطی در طول عمر یک ساختمان از زمان طراحی و احداث تا بهره برداری و بازسازی متعهد هستند. در این ساختمان‌های دوستدار طبیعت، علاوه بر اینکه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اولویت بوده و مصرف انرژی آن ناچیز است، مصالح آن نیز از منظر زیست محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هدف نهایی ساختمان سبز، استفاده بهینه از منابع و کاهش تأثیر منفی ساختمان بر روی محیط زیست است.

ساختمان‌های انرژی صفر یکی از اهداف کلیدی ساختمان‌های سبز را به صورت کامل محقق ساخته و باعث کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای در طول مدت استفاده از ساختمان خواهند شد. یکی از مهمترین اهداف ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر، کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی و همچنین افزایش بازده انرژی ساختمان است. به منظور کاهش مصرف انرژی و ایجاد ساختمان سبز، بایستی طراحان ساختمان، اتلاف انرژی موجود در ساختمان را کاهش دهند. درنتیجه راهکار موجود استفاده از درب و پنجره‌هایی با عملکرد بسیار بالا و عایقکاری دیوارها، بام و کف ساختمان پیشنهاد می شود. ساختمان انرژی صفر به عنوان یک ساختمان بهره‌ور انرژی قادر به تولید برق، یا دیگر حامل‌های انرژی از منابع تجدید پذیر بوده و این حامل‌های انرژی به منظور برطرف ساختن نیاز انرژی در خود ساختمان است.



شکل ۳ – دیاگرام راهکارها و تکنیک های کاهش مصرف انرژی در ساختمان (ماخذ: صبا خشنود زرگر سال ۱۳۹۵)

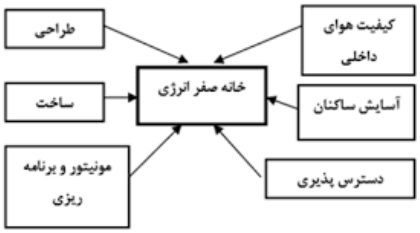
افزایش کیفیت آسایش محیط داخل ساختمان نیز یکی از اهداف قابل توجه در ساختمان سبز می باشد. کیفیت آسایش محیط داخل (IEQ) شامل سه بخش عمده زیر می باشد.

- کیفیت هوای داخل ساختمان (IAQ)
- کیفیت حرارتی ساختمان (TQ)
- کیفیت روشنایی ساختمان (LQ)

کیفیت هوای داخل ساختمان : شامل پاک بودن هوا از آلاینده های هوا و آلاینده های میکروبی است. نیازمند سیستم‌های تهویه مطبوع مجهز به فیلترهای هوا و درزبندی مناسب ساختمان است. همچنین کنترل رطوبت هوا ضمن اهمیت در آسایش حرارتی از رشد میکروبی و قارچها جلوگیری می‌کند.

کیفیت حرارتی ساختمان : دمای مطلوب ساکنین ساختمان، سرعت جریان هوای تهویه مطبوع نیز از جمله مواردی است که در کیفیت حرارتی ساختمان نقش بسزایی دارد.

کیفیت روشنایی ساختمان : تامین شدت روشنایی محیط ، کیفیت و رنگ نور درساختمان سبز حائزاهمیت است .



شکل ۴ - نمودار ارتباطی عملکردها در خانه انرژی صفر(ماخذ: حسین مددی و پریا علی اکبری سال۱۳۹۴)

۳.۴ . مزایای استفاده از ساختمان‌های انرژی صفر

از مزایای طراحی ساختمان انرژی صفر می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- رایگان بودن هزینه های تامین انرژی
- پایین بودن هزینه نگهداری سیستم های انرژی به دلیل بالا بودن کارایی آنها
- عدم تولید آلاینده های کربنی
- ایجاد آسایش برای ساکنین به علت وجود درجه حرارت یکنواخت در داخل ساختمان
- کاهش هزینه های مربوط به مصرف انرژی در ساختمان

- افزایش اعتبارسیستم‌های تولید و مصرف انرژی، مثلاً سیستم‌های فتوولتائیک دارای گارانتی های طولانی مدت هستند و به ندرت بدلیل مشکلات آب وهوایی خراب می‌شوند.
- کاهش هزینه های اضافی ساخت وسازدرساختمان با تغییریا بهینه سازی یا اضافه کردن تکنولوژی جدید
- استفاده بهینه ازضایعات چوبی وتولید زیست سوخت (بیوماس)
- تعادل میان تولید ومصرف انرژی
- کاهش مصرف الکتریسیته
- حذف سیستم های زائد مصرف کننده انرژی
- کاهش پنجاه درصدی مصرف آب آشامیدنی
- عدم نیازبه وسایل مکانیکی برای تهویه هوا

۴.۴ . معایب ساختمان های انرژی صفر

از معایب ساختمان انرژی صفر می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هزینه اولیه ساخت این ساختمان ها نسبت به ساختمان های معمولی بالاتر است.
- هر ساختمان در طول سال از انرژی صفر شبکه به طور متوسط استفاده می کند اما در زمان اوج مصرف به انرژی بیشتری نیاز دارد. در این موارد شبکه باید از ظرفیت لازم برای تولید برق مورد نیاز برای تمام بارها برخوردار باشد.
- تعداد افرادی که مهارت وتجربه لازم برای طراحی ساختمان های انرژی صفررا دارا می باشند، محدود است.
- قیمت تجهیزات مربوط به سلول های خورشیدی فتوولتائیک به کاررفته درساختمان هر سال کاهش می یابد؛ بنابراین میزان سرمایه در سیستم های تولید برق خورشید نیز کم می شود.
- تولید انبوه فتوولتائیک باعث کاهش قیمت شده ودر نتیجه از میزان کمک های مالی منحصر به این طرح تدریجاً کاسته میشود.

۵.۴ . دسته‌بندی ساختمان‌های انرژی صفر

جامعه جهانی پس از بررسی جنبه ها ی مختلف ساختمانهای انرژی صفر، به ۴ دسته کلی ازمعایب این نوع ساختمانها دست یافته است .

- **انرژی صفر خالص سایت (Net Zero Site Energy)**

این نوع از ساختمان‌های انرژی صفر، همان مقدار انرژی را که در طول یک سال مصرف می‌کند که در محوطه سایت خود تولید می‌کند.

- **انرژی صفر خالص منبع (Net Zero Source Energy)**

منبع ساختمان انرژی صفر حداقل همان مقدار انرژی که در یک سال مصرف می‌کند، همان قدر هم تولید می‌کند. منبع انرژی اشاره دارد به انرژی‌های ابتدایی که برای تولید و تحویل انرژی به سایت استفاده می‌شود.

- **انرژی صفر خالص هزینه‌ها (Net zero Cost Energy)**

در هزینه‌های ساختمان صفر انرژی، مقدار پولی که صاحب ساختمان برای ابزار (تاسیسات) وخدمات انرژی پرداخت می‌کند برابر است با حداقلِ مقدار پولی که مالک به علت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان ذخیره می‌کند.

- **انرژی صفر خالص انتشار (Net zero Emission Energy)**

یک ساختمان انرژی صفر همان قدر که از منابع انرژی دارای انتشار و آلودگی استفاده می‌کند، همان قدر هم انرژی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر بدون انتشار آلودگی تولید می‌کند.

۶.۴ . مقایسه انواع ساختمان های انرژی نزدیک صفر

جدول ۲- مقایسه انواع ساختمان های انرژی صفر (ماخذ: گروه مهندسی مهراز)

نوع ساختمان	مزایا	معایب	ملاحظات
انرژی صفرخالص سایت	• اجرای آسان براساس اندازه سایت • عدم تأثیرگذاری عوامل خارجی درطی زمان • درک راحت سیستم	• نیازمند سلولهای خورشیدی بیشتر برای حذف گاز طبیعی • هزینه های مصرف متغیر • عدم امکان محاسبه تفاوت در تهیه، دستیابی و آلودگی انواع سوختها	

انرژی صفرخالص منبع	• امکان برابری ارزش انواع سوختهای بکاررفته درسایت • مدل مناسب برای سامانه انرژی ملی • دست یابی به اهداف صفر آسان	• عدم امکان محاسبه تفاوت در تهیه، دستیابی و آلودگی انواع سوختها • منبع محاسبات بسیار گسترده • دشواری محاسبه منبع انرژی و انتقال سوخت ازفناوریهای دیگر • عدم محاسبه تمام هزینه ها	• وجود اطلاعات مهم فراوان بمنظور تشریح راه حل تبدیل منبع انرژی در توسعه سایت
انرژی صفرخالص هزینه ها	• اندازه گیری و اجرای آسان • قابل پاسخگو در برابر تقاضا • صورت رقابت با انواع سوختها دربازار • حساب های مصرفی گویا	• کاهش میزان تقاضادر جایگزینی با شبکه ملی • نیازمند موافقت نامه محاسبه شبکه ملی • نرخ بالای اتلاف انرژی در طول زمان	• عدم محاسبه هزینه خدمات ماهانه و فراساختاری در هزینه های انرژی
انرژی صفرخالص انتشار	• مدل مناسب انرژی سبز • امکان محاسبه تفاوتهای غیر انرژی • دسترسی آسان به سیستم انرژی صفر	• ندارد	• نیازمند راهکای خروجی مناسب

۷.۴ . جلوگیری از اتلاف انرژی

به طور کلی انرژی مصرفی یک ساختمان به دو بخش عمده تقسیم می‌شود.

بخش اول: انرژی مصرفی جهت ساخت بنا (حدود 20٪)

بخش دوم: انرژی مصرفی دراستفاده از بنا (حدود 80٪)

در طراحی ساختمان‌های صفر انرژی، جلوگیری از اتلاف انرژی مهمترین عامل صرفه جویی در مصرف انرژی است. بیشترین اتلاف انرژی در ساختمان عموماً از جداره‌ها و دیوارها و کف صورت می‌گیرد. بنابراین تمامی جداره حرارتی یا به عبارت دیگر مرز فضاهای تهویه شده با فضاهای تهویه نشده باید در پلان و مقطع مشخص شده و به صورت کامل و پیوسته عایق شوند . نکته بسیار مهم در طراحی جداره حرارتی ساختمان‌ها عایقاری دیوارها وکف با عایقهای متناسب و حذف پله‌های حرارتی است. پله‌های حرارتی محل اتصال اجزاء ساختمان (عموماً سازه) از داخل بخش‌های تهویه شونده به خارج از این محدوده هستند. این اتصال در صورت عدم ایزولاسیون و ایجاد شکست حرارتی صحیح، باعث اتلاف انرژی از طریق رسانایی خواهد بود.

شکل ۵ – سهم بخش های هدر رفت و اتلاف انرژی (ماخذ: سایت kilid)

۵ . یافته ها

در این مقاله به منظورتحلیل رویکرد همه جانبه درساختمانهای انرژی صفر، با چند نمونه از ساختمان های سبز یا کربن صفرو راهبردهای بکاررفته درآنها آشنا می شویم.

۵.۱ . ساختمان TCI

شکل ۶- ساختمان TCI (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

ساختمان " ابتکار دگرگونی" (TCL) یا The Change Initiative دردبی بعنوان پایدارترین ساختمان تجاری جهان شناخته شد . ساختمان شرکت" ابتکار دگرگونی" واقع در امارات متحده عربی توانسته ۱۰۷ امتیاز از مجموع ۱۱۰ امتیاز ممکن سیستم LEED را از کمیته ساختمان‌های سبز آمریکا دریافت کند که این موضوع باعث می‌شود تا از نقطه‌نظر فنی به عنوان پایدارترین ساختمان شناخته شود. TCI اولین ساختمان دبی نیست که امتیاز بالایی از LEED دریافت می‌کند. این ساختمان راه‌حل‌های زیست محیطی زیادی را درنظر گرفته است. ۲۶ استراتژی زیست‌محیطی مختلف در این ساختمان لحاظ شده‌اند. از جمله پنل‌های خورشیدی، رنگ‌آمیزی بازتابنده، عایق‌کاری سه برابر بیشتر از یک ساختمان معمولی، مصرف دوباره آب و بازیافت مواد. پنل‌های خورشیدی، ۴۰ درصد انرژی مورد نیاز ساختمان را تأمین می‌کنند.

۵.۲ . برج بادی تایوان

شکل ۷- ساختمان TCI (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

یک شرکت پکنی به نام Decode Urbanism Office یک برج مفهومی طراحی کرده است که نمای خارجی آن متشکل ازصدها توربین بادی کوچک است که قادرند برق کافی برای کل ساختمان را تولید کنند. درطول شب، ژنراتورهای شبیه به الماس باصدها چراغ LED کوچک نورانی می‌شوند. این ساختار ۳۵۰ متری برای وزارت اکتشافات شهری شهر تایچونگ تایوان در نظر گرفته شده است ولی برای مقاصد تجاری مانند فضاهای نمایشگاه ، موزه و نواحی خرده فروشی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد . در واقع نمای خارجی این ساختمان با الهام از شکوفه‌ی آلو ، گل ملی تایوان و چین طراحی شده است به طوری که متناسب با جهت و شدت باد عکس‌العمل نشان می‌دهد . ژنراتورهایی که به منظور استفاده از انرژی باد تعبیه می‌شوند، با شبکه‌ی بیرونی ساختمان یکپارچه سازی شده و توسط باد به گردش در می‌آیند. هر توربین دارای چراغ LED منحصر بفرد خود می‌باشد. چراغ LED مذکور متناسب با انرژی تولید شده توسط توربین مربوط به خود، قسمت کوچکی از نمای خارجی ساختمان را روشن می‌کند. این ایده‌ی طراحی به تولید یک جریان پالسی نور که در طول نمای خارجی ساختمان به جریان در می‌آید منجر می‌شود. همان طور که میزان نور تولید شده LED ها متناسب با سرعت گردش توربین است، رنگ تولید شده توسط چراغ‌ها نیز متناسب با دمای هوا و فصل‌ها می‌باشد.

۵.۳ . ساختمان آل‌بهار ابوظبی

شکل ۸- ساختمان آل‌بهار ابوظبی (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

صدها سال پیش در خاور میانه از وسایلی برای ایجاد سایه و پناهگاه در مقابل تابش خورشید استفاده می‌شد که به آن‌ها مشربیه یا پرده‌ی معماری می‌گویند. اکنون آن سایه‌بان‌ها باز هم به عرصه‌ی معماری برگشته‌اند ولی با تلفیقی از تکنولوژی روز به طوری که علاوه بر دفع گرمای ساختمان، زیبایی خاصی به آن می‌بخشند. Aedas معمار بزرگ برج‌های آل بهار در ابوظبی را با قطعات کوچک مثلثی زیبا طراحی کرده است به طوری که این قطعات، به گونه‌ای با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا در مواقع مورد نیاز، بر فضای داخل ساختمان و پنجره‌ها سایه بیفکنند. معماری کریس ویلکینسون که یک داور برای جوایز نوآوری ساختمان‌ها بلند می‌باشد، این سازه را این‌گونه توصیف می‌کند: " قطعات دینامیک بر روی آل بهار، با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا شرایط تابش نور خورشیدی بهینه را فراهم کنند. نمونه‌ی چنین چیزی در هیچ جا دیده نشده است. علاوه بر این، شکل ظاهری پوسته‌ی این ساختمان به خوبی با زمینه‌های فرهنگی این مکان هم‌خوانی دارد و طرح زنبور عسلی نامیده شده است . سقف هردو برج شیب دار و مجهز پنل‌های فوتوولتائیک است که ۵٪ انرژی ساختمان را تامین می کند."

۵.۴ . خانه خورشیدی شناور

شکل ۹- خانه خورشیدی شناور (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

یک معمار ایتالیایی به نام Giancarlo یک خانه شناور سازگار با محیط زیست طراحی نموده است. این خانه با مساحتی حدود ۱۰۰ متر مربع (۱۰۷۶ فوت مربع) می باشد. ۹۸ % از ساختار این خانه ازمواد برگشت پذیر استفاده شده است ضمن بیان این نکته که سقف آن به طور کامل از سلول های خورشیدی تشکیل شده

است. محل استقرار این خانه بر روی رودخانه ها، دریاچه ها، خلیج ها، و دریاها طراحی شده است. ساختار منحنی شکل پر زرق و برق این حانه با ابعاد ۱۲ متر (۳۹ فوت) در عرض و ۴ متر (۱۳ فوت) ارتفاع است. بدنه از آلومینیوم بازیافتی با یک قاب روکش چوبی و قسمتی فلزی و دیواره مقاوم در برابر آب و هواست برق تولیدی از طریق یک سلول خورشیدی یکپارچه با مساحت ۶۰ متر مربع (۶۴۶ فوت مربع) است که در پشت بام تولید می شود. پانل های خورشیدی از نوع مات Amorphous استفاده می شود، که شکل آن با سقف منحنی شکل ساختمان مطابقت دارد . توان پیک تولیدی ۴ کیلووات می باشد . علاوه بر این، یک سیستم تهویه کوچک با مصرف انرژی کم و هزینه پایین سرویس و نگهداری با سیستم کنترل درجه حرارت خودکار برای تنظیم هوا استفاده شده است. با استفاده از انرژِی ذخیره شده نمای این خانه در شب با روشنایی مورد استفاده بسیار خیره کننده است . فضای داخل این خانه را میتوان بطور دلخواه طراحی و پارتیشن بندی نمود. در حالت کلی برای یک خانواده چهار نفری فضای مناسب با دو اتاق خواب قابل استفاده خواهد بود. جدا از این مساله میتوان برای رستوران و فروشگاه و موارد دیگر نیز معماری داخل را تغییر داد. همچنین در این خانه از سیستم اتوماسیون و روشنایی هوشمند استفاده می شود.

۵.۵ . خانه انرژی پلاس Mock up در کره جنوبی

شکل ۱۰- خانه انرژی پلاس Mock up در کره جنوبی(ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

خانه Mock up با مساحت ۵۵/۶ متر مربع به عنوان یک بنای energy plus در کره جنوبی به منظور یادگیری و کسب تجربه در زمینه تکنولوژی ساخت، بنا گردیده است . با مساحت ۵۵/۶ متر مربع به عنوان یک بنای energy plus در کره جنوبی به منظور یادگیری و کسب تجربه در زمینه تکنولوژی ساخت، بنا گردیده است. این ساختمان با کنترل هدر رفت انرژی از طریق بازشوها و جداره ها با اعمال عایق های مناسب در مقایسه با خانه های معمول کره جنوبی مصرف انرژی را به حدود ۶۸ درصد کاهش داده است. این ساختمان حدود ۵۰/۶ ٪ انرژی را از طریق دیگ بخار و ۵۶/۴ ٪ از طریق پنل های فتوولتائیک تولید میکند که حدودا ۴۰۷۶ کیلووات ساعت سالانه مازاد بر نیاز ساختمان است.

۵.۶ . ساختمان "evolve1"

شکل ۱۱- ساختمان "evolve1"(ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

شورای ساختمان‌های سبز کانادا (CaGBC) نخستین ساختمان اداری "کربن صفر" این کشور موسوم به "evolve1" را به عنوان الگویی برای بناهای سبز کانادا برشمرد . این ساختمان اداری ۱۰ هزار مترمربعی که برای کارکنان خدمات تکنولوژی طراحی و در نزدیکی یک ایستگاه راه‌آهن جدید ساخته شده است ، در شهر "واترلو" واقع در جنوب استان " انتاریو" قرار دارد. شهر واترلو سرچشمه آغاز استارت‌آپ‌های تکنولوژی و توسعه آن‌ها در کانادا است . ایجاد یک ساختمان کربن صفر در این شهر، گام ارزشمندی در راستای پیشگامی پروژه‌های دوستدار محیط در دنیای پیشرفته امروزی است ؛ چرا که اگر یک زیرساخت یک بنا ، کربن صفر نباشد تنها می‌توان نسبت به افزودن پانل‌های خورشیدی یا خرید انرژی‌های دوستدار محیط برای آن اقدام کرد درحالی‌که ایجاد یک ساختمان کربن صفر مزایای فراوانی دارد.

۵.۷ . برج Agora Garden تایوان

شکل ۱۲- برج Agora Garden تایوان (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

برج Agora Garden واقع در تایپه ، پایتخت کشور تایوان، ساختمانی بسیار لوکس است که ۲۰ طبقه را در برگرفته است. این برج اعجاب‌انگیز سازه‌ای دوستدار محیط زیست است و در هر طبقه از آن یک باغ سرسبز بسیار رویایی قرار گرفته شده است. طراح این برج، وینست کالبو، با الهام از شکل ظاهری DNA سازه‌ای طراحی کرده است که مشابه آن در هیچ جای دنیا یافت نخواهد شد. طبقات ساختمان از پایین به بالا حالتی چرخشی دارد به طوری که از طبقه همکف تا بالاترین طبقه یک چرخش ۹۰ درجه به چشم می‌خورد. این برج سازه‌ای کاملا خودکفا است و تمام انرژی مورد نیاز خود را از دو پنل خورشیدی عظیم، که در پشت‌بام تعبیه شده است، تامین می‌کند. در ساخت این برج از عناصر قابل بازیافت استفاده شده است و تمام قطعات آن را می‌توان از هم جدا کرد و برای احداث سازه‌های آتی به کار برد.

۵.۸ . خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان)

شکل ۱۳- خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان) (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

این اولین خانه‌ی مدرن انرژی مثبت در دنیا است که حدود ۵ برابر انرژی مورد نیاز خود را تولید می‌کند و زاییده‌ی افکار آقای رالف دیچ (Ralph Disch) است . این خانه ، بطورکامل از مزیت انرژی خورشیدی بهرمند می‌شود زیرا متناسب با زاویه‌ی تابش نور خورشید ، میچرخد. این منجر می‌شود تا فضای داخلی خانه نیز از طریق پنجره‌های سه‌گانه به بهترین شکل ممکن از نور طبیعی خورشیدی بهرمند شود. بنابراین، پنل‌های خورشیدی و لوله‌های گرمایشی خورشیدی که در بام خانه نصب شده‌اند به خوبی با گرمای خورشیدی تغذیه می‌شوند. این خانه به طوری زمان‌بندی شده تا در طول روز، همراه با خورشید، ۱۸۰ درجه بچرخد. پنل‌های

خورشیدی ۶.۶ کیلواتی بر روی بام، با تولید مازاد انرژی مورد نیاز خانه، آن را تبدیل به یک خانه‌ی انرژی-مثبت کرده است. یک سیستم ریلی بر روی بام، گرمای حاصل شده در لوله‌های حرارتی جهت گرمایش آب مصرفی و رادیاتورها را دو برابر افزایش می‌دهد. ساختمان گل آفتابگردان برای اولین بار در جهان برای تولید انرژی کاملا تجدید- پذیر و انتشار رایگان مورد استفاده قرار گرفت.

۵.۹ . ساختمان سبز

شکل۱۴ - خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان) (ماخذ: http://www.energyenergy.ir)

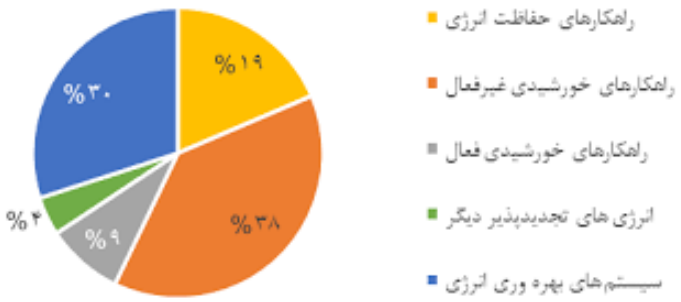
"ساختمان سبز" اولین ساختمان انرژی صفرایران است که در سال ۱۳۹۱ از سوی پژوهشگاه مواد و انرژی تعریف شده و طراحی و اجرای آن در قالب EPC به شرکت مشاوران بهسازی نوسازی انرژی (مبنا) واگذار گردید. ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه مواد و انرژی در شهرستان کرج با دیدگاه کاهش مصارف انرژی اولیه و جبران انرژی مصرف شده از طریق تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و پاک، به عنوان اولین ساختمان انرژی صفر در ایران طراحی گردید و در سال ۱۳۹۳به بهره برداری رسید. ساختمان مذکور با زیربنای ۲۰۰۰ مترمربع در دو طبقه و با کاربری آموزشی - پژوهشی می باشد. در این ساختمان سعی گردیده تا با استفاده از معماری ساختمان و عواملی مانند بادگیر و گلخانه نیاز انرژی ساختمان تا حد ممکن کاهش یافته و بخشی از نیازهای انرژی ساختمان نیز با استفاده از انرژی خورشیدی تامین گردد.

بکارگیری مواردی مانند طراحی غیر فعال خورشیدی، جهت گیری ساختمان، جانمایی فضاها و عایقکاری در طراحی معماری ساختمان و به کارگیری استانداردهای نوین طراحی سبب گردیده مصرف انرژی این ساختمان نسبت به یک ساختمان معمولی تا ۹۰ ٪ کاهش یافته و به ۲۸۷ kWh/m برسد که همین مقدار مصرف انرژی نیز با استفاده از تجهیزات خورشیدی جبران می گردد. در کنار استفاده از رویکرد انرژی در طراحی معماری ساختمان، المان های متنوعی نظیر بادگیر و گلخانه نیز درساختمان به کاربرده شده که علاوه بر بازنمایی ایده های معماری سنتی، تلفیق آن با جنبه های مدرن ساختمان در خورتوجه است. همچنین استفاده از بادگیر درساختمان سبب کاهش مصرف انرژی ساختمان در فصول میانی گردیده است. استفاده از سیستم های مدرن کنترلی و BMS در ساختمان نیز سبب گردیده تا کنترل مناسبی بر مصرف انرژی ساختمان ایجاد گردد. در نهایت استفاده از سیستم های آب گرم خورشیدی و فوتوولتاییک برای تولید انرژی از منابع بازگشت پذیر و پاک سبب گشته تا ساختمان فوق به یک ساختمان انرژی صفر تبدیل گردد.

۶- تحلیل یافته ها

در اکثر نمونه های موردی که مطرح گردید طراحی و اجرای ساختمانها با دیدگاه استفاده از انرژی خورشید و با هدف تولید و مصرف بهینه انرژی همراه است . بکارگیری مواردی مانند طراحی غیر فعال خورشیدی ، جهت گیری ساختمان ، جانمایی فضاها و عایقکاری در طراحی معماری ساختمان و به کارگیری استانداردهای نوین طراحی کارایی این ساختمان ها را افزون کرده و مکمل سیستم تامین انرژی به روش خورشیدی می باشد . با توجه به فراوانی راهکارها وتکرارآنها درنمونه های موردی ، راهکارهای پیشنهادی در۵ گروه طبقه بندی گردید .

- راهکارهای حفاظت انرژی
- راهکارهای خورشیدی غیر فعال
- راهکارهای خورشیدی فعال
- انرژی های تجدید پذیر دیگر
- سیستم های بهره وری انرژی



شکل ۱۵ – سهم هرکدام از راهکارهای طراحی ساختمان های صفر انرژی (ماخذ: سایت kilid)

برای تحقق اهداف معماری انرژی صفر گزینه‌های متفاوتی با توجه به شرایط محل و نحوه طراحی وجود دارد . انرژی خورشیدی ، باد ، آب ، امواج ، زمین گرمایی و دیگر انواع انرژی روش‌هایی هستند که در صنعت ساختمان‌سازی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. برای هر منطقه با توجه به پتانسیل های موجود ، روش مناسبی جهت تامین انرژی انتخاب می شود . درمورد کشور ایران با توجه به گستردگی تنوع اقلیمی و شرایط محیطی نمی‌توان روش و منبع خاصی را به صورت کلی درنظر گرفت . همچنین استفاده از انرژی های زمین گرمایی و باد و آب محدود می باشد اما به دلیل قرار گرفتن ایران درکمربند زرد گرم و خشک زمین که متوسط روزهای آفتابی کشور ۳۰۰ روز است (شش برابر کشورهای اروپایی) و متوسط تابش خورشید در ایران ۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع درروز می باشد استفاده از انرژی خورشیدی را می‌توان منبع مناسب تری برای کسب انرژی درنظر گرفت.

۷- نتیجه گیری

امروزه بحث انرژی مورد توجه همه جوامع قرار دارد زیرا سوخت های فسیلی روزی به اتمام خواهند رسید واستفاده از انرژی های تجدیدپذیر بهترین راه برای حفظ محیط زیست و صرفه جویی درمصرف انرژی وحفظ سوخت های فسیلی ودیگر منابع تجدید ناپذیر برای آیندگان است. امروزه بحث ساختمان های انرژی صفر درجهان بسیار مورد توجه واقع شده است . در این فرآیند نه تنها ساختمان باید به تمامی نیازهای انرژی خود تا حد امکان پاسخ دهد بلکه این امکان با مشارکت همه عوامل ساخت و اجراء و تامین نظرات مهندسان با توجه به کاهش هزینه ها و اتلاف منابع محیطی میسر خواهد شد. مهمترین گام در هماهنگی راهبردها در مراحل اولیه طراحی، اسکیس ها و برنامه ریزی بدست طراحان معماری رقم می خورد .

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از نقش محوری طراحی درخلق معماری پایدار و اکولوژیکی است . این مقاله با روش تحلیلی توصیفی و با استفاده از مطالعات کتابخانه ای پس معرفی اصول و اهداف معماری سبز در ساختمان های صفر انرژی و بررسی نمونه های موردی در جهان به ارائه راهکارهای موثر جهت کاهش آسیب های زیست محیطی وتامین آسایش حرارتی و بهبود کیفیت محیطی و ایجاد تعامل در چرخه تولید و مصرف انرژی درساختمان می پردازد . لذا با توجه به پتانسیل عظیم انرژی های تجدید پذیر بویژه انرژی خورشیدی درکشور ما ، ضرورت رویکرد به احداث ساختمانهای سبز و صفر انرژی با استفاه از تکنولوژی های نوین احساس می شود .

منابع :

۱ . خشنود زرگر، صبا و فیلی، لیدا و زیران، حمید، (۱۳۹۵) ، بررسی روش های طراحی واحدهای مسکونی، سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین-آلمان

۲ . جوانشیر، معصومه ، (۱۳۹۴) ، ساختمان انرژی صفر، اولین همایش علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی ایران

۳. عباسی ، سحر و رضایی ، داوود ، (۱۳۹۴) ، بررسی راهکارهای تحقق پذیری ایده ساختمان های صفرانرژی گامی جهت علمی کردن اصول معماری پایدار، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه کالبدی

۴ . رضایی ، نازنین و کامل نیا ، حامد ، (۱۳۹۵) ، بررسی شاخصه های تاثیرگذاردرطراحی ساختمانهای انرژی صفر، سومین کنگره بین المللی افق های جدید در معماری و شهرسازی

۵ . مددی ، حسین و علی اکبری ، پریا ، (۱۳۹۴) ، رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمانهای انرژی صفر، فصلنامه علمی ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو، سال دوم ، شماره اول، صفحات ۱۱-۱۶

۶ . کرمی ، فتانه ، (۱۳۹۴) ، طراحی ساختمانهای انرژی صفربا استفاده ازانرژی های تجدیدپذیر،کنفرانس بین المللی پژوهش درعلوم و تکنولوژی

۷ . هوتمن، توماس ، (۲۰۱۲) ، راهنمای معماری اقتصادی – طراحی ساختمان صفرانرژی ، ترجمه دکترمقدی خدابخشیان، نگارامین الرعایایی، سوگل خسروی شاد و مجید موزون ، چاپ اول .تهران : دانشگاه آزاد اسلامی (خوارسگان)، اندیشه گویا

۸ . قربانعلی افجه ، محسن ، (۱۳۹۵) ، ساختمان انرژی صفر با منابع انرژی تولید پراکنده ، مشهد : ناشرمینوفر

۹ . اتمن ، عثمان ، (۲۰۱۲) ، معماری سبز: مواد و تکنولوژی‌های پیشرفته ، ترجمه فرشته صادقی ، چاپ اول .تهران : ناشر اول و آخر

۱۰ . علی اکبری ، پریا ، (۱۳۹۶) ، آشنایی با ساختمان های صفرانرژی ، چاپ اول .تهران : ناشر آرمان شهر

۱۱ . لی ایکنس ، نانسی و گریت هستنس ، آنا ، (۱۳۹۶) ، ساختمان های آلاینده صفر(ساختمان های سبز) ، ترجمه محمد حیدری ، احسان مجتهدین یزدی ، چاپ اول . تهران : ناشرتهران
۱۲ . آتینیتیس ، اندریاس و اُبرین ، ویلیام ، (۱۳۹۷) ، مدل سازی،طراحی و بهینه سازی ساختمان با مصرف انرژی خالص صفر، ترجمه دکتر هادی غایبی ، مهندس جواد جنت خواه ، مهندس هاله کریم مسلک ، چاپ اول .اردبیل : ناشر انتشارات جهاددانشگاهی
۱۳ . فاروقی ، علی ، (۱۳۹۹) ، نگرشی بر معماری ساختمان مسکونی با رویکرد معماری انرژی صفرZEB (معماری پایدار) ، چاپ اول . شیراز : کتبه نوین
۱۴ . دفترتدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان ، (۱۳۹۹) ، مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ،صرفه جویی درمصرف انرژی ، تهران : ناشر توسعه ایران
۱۵ . نیک فطرت ، مرتضی و امان پور، مریم ، (۱۳۹۲) ، ساختمان صفر انرژی (ZEB) الگوی پایداری در ساختمان های آینده ، اولین همایش ملی معماری،مرمت،شهرسازی و محیط زیست پایدار
۱۶ . حیدری ، رضا و قاسمی سیچانی ، مریم و خدابخشیان کنارکی ، مقدی ، (۱۳۹۵) ، طراحی خانه با تئوری انرژی صفر(Zero Energy) نمونه مورد مطالعه : شهر اصفهان ، کنفرانس دو سالانه جامعه و معماری معاصر
۱۷ . اسدی زارچ ، ابوالفضل و خانقایی زارچ ، سید مهدی ، (۱۳۹۷) ، طراحی، ساخت نظارت برساختمان های با انرژی خالص صفربا هدف پایداری درمنابع انرژی ، پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع
۱۸ . دهقان ، الهام و افهمی ، رضا ، (۱۳۹۶) ، بررسی راهکارهای طراحی ساختمان کربن صفربا بهره گیری ازانرژی های نو ،کنفرانس بین المللی عمران،معماری و شهرسازی ایران معاصر
۱۹ . چرکزی ،گزل و فرخ زاد ، محمد و سالاریان ، حسام الدین ، (۱۳۹۳) ، طراحی ساختمان با مبحث انرژی صفر، چهارمین کنفرانس بین – المللی رویکردهای نوین درنگهداشت انرژی
۲۰ . تقی زاده ، فرید و بهاروند ، محمد ، (۱۳۹۴) ، بررسی ساختمانهای با مصرف انرژی صفر، پنجمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدارو عمران شهری
۲۱ . شاکری جنتی ، محترم و میرزایی ، رضا ، (۱۳۹۷) ، استراتژی های دستیابی به ساختمان صفر انرژی ، سومین کنفرانس بین المللی عمران،معماری و طراحی شهری
۲۲ . حیدری ، علی ، (۱۳۹۹) ، مبانی واصول طراحی ساختمان باخالص انرژی صفر، چاپ اول .سنمان : ناشردانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان
۲۳ . عظیمی ، امیر و شریعت مداری ، آیدا ، (۱۳۹۸) ، مدیریت انرژی های زیستی با مصرف کم کربن در راستای توسعه پایدار(مطالعه موردی انرژی الکتریکی حاصل از انرژی های نو) ، چهارمین کنفرانس ملی کیفیت و بهره وری
۲۴ . صابونی ، مینا و هدایتی مرزبالی ، معصومه ، (۱۳۹۷) ، بررسی راهکارهای استفاده از انرژی خورشیدی جهت رسیدن به ساختمان انرژی صفر، سومین کنفرانس بین المللی عمران ،معماری و طراحی شهری
25. James , Mary , (2015) , Net Zero Energy Building Passive House + Renewables , Published by Low Carbon Productions.
26. Ming , HU, (2019), Net Zero Energy Building: Predicted and Unintended Consequences , University of Maryland, College Park .
27. William , Maclay , (2014) , The New Net Zero , Published by Chelsea Green Publishing Company .