



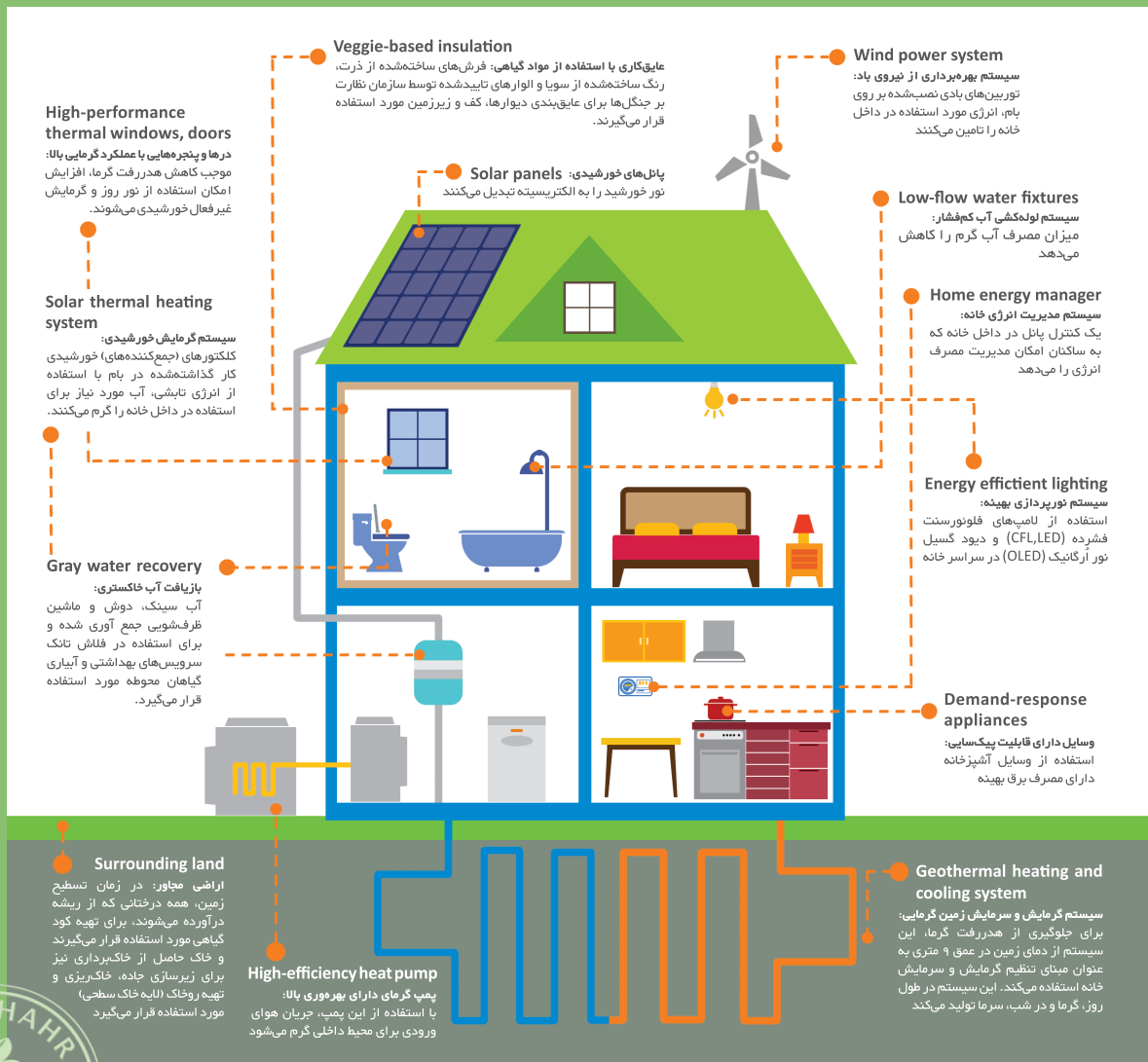
مرکز آموزش علمی - کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (گویک بیلد)
تحت نظارت دانشگاه جامع علمی - کاربردی

- حرکت به سوی ساختمان‌های صفر-انرژی
- روش‌های هم‌سوسازی ساختمان‌های صفر-انرژی با محیط‌زیست
- نحوه‌ی سنجش و شناسایی ساختمان‌های صفر-انرژی
- پژوهش‌های مورد نیاز برای ساختمان‌های صفر-انرژی
- مطالعات موردی

وژن ۲۰۲۰: حرکت به سوی ساختمان‌های صفر-انرژی

Vision 2020: Moving toward Zero Energy Buildings

نشریه شماره ۱۵۲، بهار ۱۳۹۵





به نام خداوند جان و خرد

آدرس: تهران، بلوار آفریقا، نرسیده به
چهارراه جهان کودک، کوچه ژوبین، پلاک ۹
کدپستی: ۱۵۱۸۶۳۵۹۱۱

info@rahshahr.com
www.rahshahr.com

تلفن: ۸۲۱۷۲۱۷۲
دورنگار: ۸۸۸۸۳۸۶۸

شماره سند: 01 09653 O PB 0152 00

یکصد و پنجاه و دومین نشریه علمی، فنی و مهندسی
آدرس وبسایت نشریات
<http://bulletins.rahshahr.com>

فهرست

- ۴ حرکت به سوی ساختمان‌های صفر- انرژی
- ۱۰ یافته‌ها و توصیه‌ها
- ۱۴ برخی روش‌های هم‌سوسازی ساختمان‌های صفر- انرژی با محیط‌زیست
- ۱۹ نحوه‌ی سنجش و شناسایی ساختمان‌های صفر- انرژی
- ۲۱ پژوهش‌های مورد نیاز برای ساختمان‌های صفر- انرژی
- ۲۵ مطالعه موردی شماره ۱
- ۳۸ مطالعه موردی شماره ۲

ناشر

مرکز آموزش علمی- کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (کوییک بیلد)

گردآوری و ترجمه:

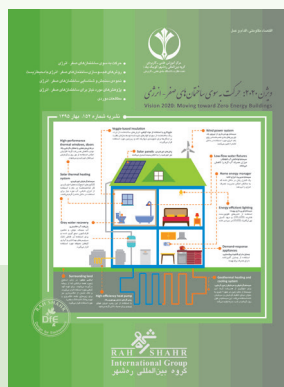
فرهاد مالکی، طلا آذرخش

ویرایش:

فرهاد مالکی

امور هنری

آوا ذاکری فردی



سخنی با خوانندگان

امروزه، ساختمان‌ها بخش عمده‌ای از مصرف انرژی در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. پیشرفت‌های صورت گرفته در بهره‌وری انرژی می‌تواند تا حدی جلوی این رشد روزافزون را بگیرند، ولی روند ساخت ساختمان‌ها سریع‌تر از صرفه‌جویی در انرژی است. به عبارت دیگر، مصرف انرژی واقعی رو به افزایش است.

ایجاد ساختمان‌هایی که در آن‌ها راحتی و آسایش ساکنان در کنار صرفه‌جویی در انرژی فراهم شود، مستلزم برنامه‌ریزی دقیق، تلاش هماهنگ و انجام اقدامات شجاعانه است. در همین راستا، اعضای انجمن مهندسان گرمایش، سرمایش و تهویه هوای آمریکا (ASHRAE) برنامه‌ای را با نام ویژن^۲ ۲۰۲۰ تنظیم کردند. طبق این برنامه، ساختمان‌ها در آینده باید بتوانند همان مقدار انرژی را که مصرف می‌کنند، تولید کنند. این ساختمان‌ها اصطلاحاً صفر-انرژی (NZEBS^۳) نامیده می‌شوند. انتظار می‌رود این ساختمان‌ها تا سال ۲۰۳۰ در سطح گسترده‌ای قابل بهره‌برداری باشند. این برنامه در آمریکا و برخی کشورهای اروپایی در حال انجام است. ساختمان‌های امروزی حداقل بین ۲۰ تا ۵۰ سال آینده مورد استفاده قرار خواهند گرفت و تصمیمات طراحی‌ای که امروز اتخاذ می‌شوند، آینده‌ی انرژی را رقم می‌زنند. هر تصمیمی که می‌گیریم، پیامد مستقیمی بر انرژی و محیط زیست ما دارد. نتیجه آن‌که، بیشتر ساختمان‌ها در سال‌های ۲۰۲۰ و حتی ۲۰۳۰، ساختمان‌هایی هستند که در حال حاضر نیز وجود دارند. این ساختمان‌ها باید در کانون توجه برنامه‌های جدید بهبود عملکرد انرژی قرار گیرند. ساختمان‌های قدیمی‌تر غالباً ناکارآمدتر هستند و آلودگی و پسماندهای بیشتری در مقایسه با ساختمان‌های جدید تولید می‌کنند. تجهیزات این ساختمان‌ها اغلب اُفت کرده و از رده خارج شده‌اند، سیستم‌های آن‌ها نیز قدیمی هستند و مدیریت متمرکزی ندارند. ساختمان‌های قدیمی‌تر می‌توانند به میزان قابل توجهی از علوم پیشرفته‌ی ساختمانی بهره‌مند شوند و صاحبان و مدیران ساختمان عموماً می‌توانند از برنامه‌های ویژه‌ی مالی و تشویقی برای دریافت وام‌های قابل توجه در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری‌های مربوط به صرفه‌جویی در انرژی، بهره‌برند.

بنابراین فرصت چندانی وجود ندارد. اگر بتوان بهره‌وری انرژی یک ساختمان را ۲۰٪ افزایش داد (هدفی که به‌سادگی دست‌یافتنی و مقرون‌به‌صرفه است)، اقدامات امروز می‌توانند موجب صرفه‌جویی‌های ۱۰۰ درصدی تا سال ۲۰۲۰ و ۳۰۰ درصدی تا سال ۲۰۳۰ شوند. این اقدامات مزایای موازی و قابل توجه دیگری نیز به‌همراه دارند که از آن جمله می‌توان به کاهش انتشار کربن و مصرف آب، بالا رفتن سطح سلامتی و سطح آسایش اشاره کرد.

نوآوری‌های فنی در صنعت ساختمان با سرعت چشم‌گیری در حال شکوفایی هستند. وسایل برقی، حس‌گرها، سیستم‌های تهویه‌ی هوای مطبوع و سیستم‌های مدیریت ساختمان جدید می‌توانند زمان تعویض، تعمیر یا تنظیم را به ما اطلاع دهند. سیستم‌های چندجداره در حال پیشرفت هستند و کارایی پنجره‌ها، درها و نورگیرها را افزایش می‌دهند. به تدریج، از هزینه‌های سیستم‌های فتوولتائیک کاسته و بر کارایی آن‌ها افزوده می‌شود. نانوفناوری پوشش‌های هوشمندی برای سطوح تامین کرده است. سیستم‌های روشنایی LED نیز گزینه‌های هوشمندتر و مقرون‌به‌صرفه‌تری را تامین می‌کنند.

از آن‌جا که گروه بین‌المللی ره‌شهر در راستای اهداف تعیین‌شده سازمانی، خود را موظف می‌داند که همواره در جهت توسعه‌ی پایدار و حفظ محیط زیست تلاش کند و شعار سازمانی «طراحی سازگار با محیط زیست»^۴ را انتخاب کرده است، لذا در جهت ارتقای سطح آگاهی عموم و کارشناسان و آشنایی آن‌ها با طرح‌ها و اقدامات آینده‌نگرانه‌ای که در این عرصه در سطح جهان در حال انجام است، اقدام به گردآوری و ترجمه مطالب این نشریه نموده است.

گروه بین‌المللی ره‌شهر

1- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

2- Vision 2020

3- net zero energy buildings

4- DFE= Design For Environment

«حرکت به سوی ساختمان‌های صفر- انرژی»

دنيس نستور^۱ و ويويان لافتنس^۲

آفرینش و بازآفرینش ساختمان‌های جهان به شیوه‌ای که سلامت و رفاه انسان‌ها حفظ شود، نیازمند برنامه‌ریزی، تلاش‌های منسجم و اقدامات چشم‌گیر است. برای تحقق چشم‌انداز ذهنی یک فرد، لازم است این چشم‌انداز توسط افرادی که وظایف مختلف طراحی، ساخت و مدیریت ساختمان‌ها را بر عهده دارند نیز درک شود. چرا که این سازه‌ها حیات را در کره‌ی خاکی در خود جای می‌دهند، به افزایش بهره‌وری کمک می‌کنند و تمدن‌های بشری در آن‌ها رقم می‌خورد. در سراسر جهان، مهندسان، معماران و سیاست‌گذاران به دنبال یافتن راه‌هایی برای ساخت ساختمان‌هایی با بهره‌وری بالا هستند که نیاز انرژی کاهش‌یافته‌ی آن‌ها را می‌توان با استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر تامین کرد. این چشم‌انداز نویدبخش آینده‌ای است که ساختمان‌های آن به جای مصرف انرژی، به تولید انرژی می‌پردازند- به عبارت دیگر، ساختمان‌هایی که حداقل، معادل انرژی مصرفی خود در طول سال، انرژی تولید می‌کنند. این ساختمان‌ها که از مفهوم کلی‌تر «ساختمان پایدار یا سبز» مشتق شده‌اند، با عنوان «ساختمان‌های صفر- انرژی» شناخته می‌شوند و بر دینامیک (پویایی) انرژی و بهره‌وری ساختمان تمرکز دارند. همگام با رویکرد سیاست‌گذاران و رهبران به‌سوی ایده‌ی «صفر- انرژی»، تلاش برای دستیابی به بهره‌وری انرژی بالا بر فناوری‌های یکپارچه و راه‌هایی برای برقراری ارتباط میان ساختمان‌ها و محیط زیست طبیعی متمرکز شده است. باور امروز این است که چنین ساختمان‌هایی تا سال ۲۰۳۰ بیشترین میزان تقاضای بازار را به خود تخصیص خواهند داد.

تعاریف مختلف ساختمان‌های صفر- انرژی

تعاریف مختلفی می‌توان برای ساختمان‌های صفر- انرژی ارائه کرد. برای مثال، یک ساختمان صفر-انرژی-سایت^۳ همان میزان انرژی که مصرف می‌کند، در محل (سایت) خود تولید می‌کند. اهمیت به کارگیری این تعریف آن است که مقدار انرژی را می‌توان در خود سایت/محل اندازه‌گیری کرد. این رویه در تشویق به طرح‌های دارای بهره‌وری انرژی بالا موثر است؛ با این وجود، هنوز به آن مرحله نرسیده است که بتوان بر مبنای آن سوخت‌های مختلف را از یکدیگر متمایز کرد یا دلایل مربوط به ناکارآمدی‌های شبکه‌ی خدمات عمومی (برق، گاز، ...) را توضیح داد.

یک ساختمان صفر- انرژی- منبع^۴ به‌طور سالانه همان میزان انرژی را که مصرف می‌کند، در مقایسه با انرژی موجود در محل منبع انرژی، تولید می‌کند. این سیستم دربرگیرنده‌ی ساختمان، سیستم انتقال انرژی، نیروگاه تولید انرژی و انرژی‌ای که صرف انتقال انرژی از منبع سوختی اصلی به نیروگاه می‌شود، است. این تعریف در مقایسه با تعریف ساختمان صفر-انرژی-سایت تصویر بهتری از تاثیر کل انرژی در اختیار ما قرار می‌دهد. هر چند که این تعریف نیز به دلیل سختی‌هایی که در فرآیند تبدیل انرژی از محل (سایت) به منبع وجود دارد و همچنین، محدودیت‌های موجود بر سر راه این تبدیل‌ها به چالش کشیده می‌شود.

صاحبان ساختمان‌ها بیشتر به ساختمان‌های صفر-انرژی-هزینه^۵ علاقه نشان می‌دهند چرا که این افراد عموماً صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را در برنامه‌های خود قرار می‌دهند. این تعریف را نیز می‌توان مانند تعریف ساختمان صفر-انرژی-سایت، به‌سادگی با استناد به قبض‌های برق و گاز و... مورد

1- Denise Nestor

2- Vivian Loftness

3- net zero site energy building

4- net zero source energy building

5- net zero energy cost buildings

در حقیقت، یک ساختمان صفر-انرژی ساختمانی است که زمانی که اندازه‌گیری‌های لازم در محل (سایت) انجام شود، همان مقدار انرژی که مصرف می‌کند، تولید کند و به‌طور سالانه، همان مقدار انرژی‌ای را از منابع تجدیدپذیر تولید کند که در زمان ارایه‌ی سطح قابل قبولی از خدمات و عملکرد، مصرف می‌کند. ساختمان‌های صفر-انرژی می‌توانند تا زمانی که تعادل انرژی خالص سالانه صفر است، با شبکه‌ی نیرو انرژی مبادله کنند.

صنعت ساختمان‌های صفر-انرژی

در حالی که بیشتر مسئولیت دستیابی به ساختمان‌های صفر-انرژی بر دوش طراحان است، چالش‌های قابل توجه و مهمی نیز پیش روی همه‌ی بخش‌های دیگر جامعه‌ی ساختمان‌سازی وجود دارد. اگر قرار باشد ساختمان‌های صفر-انرژی به واقعیت نزدیک شوند، تولیدکنندگان و طراحان باید بتوانند سیستم‌ها را به‌طور یکپارچه در ساختمان‌ها جای دهند، ساختمان‌هایی که بدون شک به‌میزان قابل توجهی با بیشتر ساختمان‌هایی که امروز ساخته می‌شوند، تفاوت خواهند داشت. بنابراین، طراحان به ابزارهایی نیاز خواهند داشت تا به کار طراحی پرداخته و تجهیزات یکپارچه‌ی بهتری را به کار گیرند. تولیدکنندگان/سازندگان باید تجهیزاتی با کارایی بسیار بالا تولید کنند و بدانند که چطور می‌توان به بهترین روش ممکن آن‌ها را در ساختمان‌ها به کار بست و هر دو باید بتوانند نیازهای ساکنان را بهتر مورد پایش قرار دهند و شرایط آسایش آن‌ها را فراهم کنند و از نبوغ انسانی و هر آنچه که طبیعت می‌تواند ارایه دهد، بهره ببرند.

سیستم‌های یکپارچه و راهکارهای نو

کلید دستیابی به ساختمان‌های صفر-انرژی، یافتن راهکارهای یکپارچه‌ای است که موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌ای و انرژی می‌شوند. لازم است تجهیزات به‌طور کامل یکپارچه‌سازی

تایید قرار داد. برخی هزینه‌ها نیز مربوط به زیرساخت‌ها و تاسیسات زیربنایی هستند. با این وجود، به‌دلیل الگوهای مصرف انرژی، به صفر رساندن، به معنای واقعی کلمه، بسیار سخت و حتی غیرممکن است. بسیاری از سیستم‌های اندازه‌گیری، هزینه‌ی انرژی‌های مصرفی برای انرژی‌ای که در چنین ساختمان‌هایی به سیستم بازگردانده می‌شود را به صورت اعتباری در نظر می‌گیرند ولی اجازه نمی‌دهند این رقم به‌طور سالانه به صفر برسد. به این ترتیب، راهی برای جبران هزینه‌های ثابت و هزینه‌های مصرف وجود ندارد.

تعریف چهارم، یک ساختمان صفر-انرژی-انتشار^۱، به آن چه بر اثر نیاز ساختمان به انرژی منتشر شده است، نگاه می‌کند. احتمالاً این مدل، مدل بهتری برای منابع انرژی سبز به‌شمار می‌آید؛ با این وجود، مانند تعریف ساختمان صفر-انرژی-منبع، محاسبه‌ی آن می‌تواند دشوار باشد.

یک تعریف واحد برای ساختمان صفر-انرژی

هر یک از تعاریفی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، دارای مزایای قابل توجهی در کاهش تاثیر نامطلوب بر محیط زیست و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر هستند. با این وجود، هم‌چنان نیاز به ارایه‌ی معنای واحدی برای ساختمان‌های صفر-انرژی وجود دارد. برای این منظور، ابتدا باید به این پرسش پاسخ داده شود که آیا می‌توان الگوی جهانی واحدی را برای ساختمان‌های صفر-انرژی معرفی کرد؟ در نهایت، تنها راه تشخیص قرار گرفتن یک ساختمان در مجموعه ساختمان‌های صفر-انرژی این است که به انرژی‌ای که در داخل محدوده‌ی ساختمان جابه‌جا می‌شود، توجه کنیم. تعاریف دیگر که مربوط به منبع، انتشار آلاینده‌ها و هزینه می‌شوند، مبتنی بر این اطلاعات اندازه‌گیری شده هستند و شامل فاکتورها و الگوریتم‌هایی می‌شوند که به ما در دستیابی به معیاری مطلوب کمک می‌کنند.

1- net zero energy emissions building

شوند تا انرژی‌های تلف‌شده و سایر منابع انرژی آزاد تا حد ممکن مورد بهره‌برداری قرار گیرند. این روش بسیار متفاوت از روش‌های فعلی است که تجهیزات غیریکپارچه مسئولیت‌های مستقل و ناپیوسته‌ای را به‌عهده دارند. برای مثال، در سیستم‌های یکپارچه در هر جا که مناسب باشد، تهویه‌ی هوای مکانیکی و طبیعی نیز به‌شکل مطلوبی در سیستم گنجانده می‌شود. برای دستیابی به اهداف ویژن ۲۰۲۰، روش یکپارچه‌سازی بسیار مناسب به‌شمار می‌آید. برای این کار می‌توان برخی نوآوری‌های ممکن در بحث انرژی را که به‌تنهایی قابل اجرا نیستند به‌عنوان بخشی قابل افزودن به پروژه‌ای که از پیش به تصویب مالک و مدیر ساختمان رسیده است، اضافه کرد. تاسیسات مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی را می‌توان به‌طور مشابه به سایر پروژه‌های ساخت‌وساز اضافه کرد. در زمان تعویض یک دیگ بخار، فن، موتور یا دستگاه تهویه هوا می‌توان هر یک از آن‌ها را با سیستم‌های کارآمدتری جایگزین کرد. برای مثال، در زمانی که پوشش سقف عوض می‌شود، می‌توان بر لایه‌های عایق‌بندی افزود. یا در زمانی که سیستم‌های مخابراتی جدید نصب می‌شوند، می‌توان حس‌گرهای حرارتی و سیستم‌های کنترل را به‌طور هم‌زمان به آن‌ها اضافه کرد. می‌توان گفت که تقریباً همه‌ی ساختمان‌های موجود یا پروژه‌های بازسازی‌شده این امکان را دارند و البته لازم است با راهبردهای صرفه‌جویی در انرژی و همچنین، فرصت‌های مالی خاص ترکیب شوند، تا به این ترتیب، سوددهی آن‌ها از روز نخست آغاز شود.

راهکارهای مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که مالکان، تیم‌های طراحی و پیمانکاران تلاش‌های خود را برای دستیابی به هدف عملکرد انرژی مطلوب هماهنگ کنند. اخیراً، تیم‌های پروژه شروع به استفاده از روش‌های جامع و یکپارچه‌تری نموده‌اند تا از یک سو، هزینه‌ها را تعدیل کنند و کنترل بیشتری بر هزینه‌ی سرمایه‌ای داشته باشند و از سوی دیگر، از راهبردهای خلاقانه در جریان تدارک، طراحی یکپارچه، روش ساخت خطی (کارآمد) و پاسخ‌گویی عملیاتی بهره‌مند شوند.

به دلیل این که مالکان معمولاً مجبورند مبلغ مشخصی را در یک پروژه هزینه کنند، ارزش افزوده زمانی حاصل می‌شود که بتوان یک ساختمان با بهره‌وری انرژی بالا را – که در آن بیش از ۵۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود – با قیمتی مشابه ساختمانی که طبق آئین‌نامه‌های موجود ساخته شده است، احداث کرد. با استفاده از فنآوری‌های جدید، ساختمان‌های تجاری می‌توانند تا ۵۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند، مشروط بر این که تیم طراحی، مالک و پیمانکار به این موضوع توجه کرده و به شیوه‌ای هماهنگ با یکدیگر کار کنند – در این صورت، به بودجه اضافی نیازی نیست.

ساده‌ترین راه برای دستیابی به این هدف، اجرای موارد فوق در قالب یک پیمان واحد (مانند طراحی و ساخت) است. این روش به تیم طراحی این امکان را می‌دهد که با همکاری پیمانکار، یک راهکار خلاقانه را با توجه به محدودیت بودجه انتخاب کنند. به این ترتیب، با استفاده از فنآوری مورد نظر برای حل مشکلات مربوطه، می‌توان راه آن را در بازار نیز هموار کرد. در اغلب موارد، قیمت این فنآوری در بازار مشخص نیست زیرا «جدید» است و ممکن است موجب افزایش ریسک پروژه شود. سردرگمی باعث افزایش ریسک و ریسک نیز موجب افزایش هزینه می‌شود. در این موارد، تیم طراحی برای حل مشکلات موجود و دستیابی به اهداف عملکردی موردنظر وارد عمل می‌شود. در مواردی که طراحان و پیمانکاران از انگیزه‌ی لازم برای حل مشکلات مالک برخوردار باشند یا زمانی که بهره‌وری انرژی یک هدف عملکردی باشد، پایداری و فنآوری به سرعت پیشرفت می‌کنند.

همه باید در جریان حل مشکلات انرژی سهیم باشند، زیرا هر شخصی تصمیمات متفاوتی را اتخاذ می‌کند – مسئله کلیدی، یافتن راه‌هایی برای حل مشکلات به روشی خلاقانه است، که این روش‌ها شامل استفاده از فرایندهای پیشرفته و فنآوری‌های نوین و برتر است.

ممیزی انرژی

پیش از خرید یا فروش، وضعیت ساختمان‌ها توسط مالکان و مدیران (برای پیش‌بینی هزینه‌های سرمایه‌ای مورد نیاز) یا وام‌دهندگان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. افزودن یک برنامه‌ی ممیزی انرژی به این ارزیابی موجب تقویت آن و مقرون‌به‌صرفه شدن بهره‌برداری از انرژی می‌شود. ممیزی‌های انرژی را می‌توان به همراه سایر خدمات بازرسی ساختمان انجام داد. به این ترتیب، زمانی که در یک ساختمان هستیم می‌توانیم نگاهی نیز به عملکرد انرژی آن داشته باشیم که به ما کمک می‌کند به اطلاعاتی دست یابیم که در توسعه‌ی شرایط ساختمان مفید و موثر هستند. برای این منظور، به استانداردهای اندازه‌گیری عملکرد سیستم‌های یکپارچه در داخل ساختمان‌ها نیاز است. برای مثال، لازم است روش‌ها و استانداردهای طراحی شوند تا از منابع انرژی موجود در داخل و خارج از سایت بهتر بهره گرفته شود. این کار شامل تعیین روش‌هایی برای استفاده از ذخیره‌ی انرژی نیز می‌شود.

در جریان طراحی یک ساختمان، افراد مختلف تصمیماتی را اتخاذ می‌کنند که بر عملکرد انرژی و هزینه تاثیر می‌گذارند. برای مثال، در یک ساختمان معمولی که طبق آئین‌نامه‌های انرژی و با هزینه‌ای قابل قبول ساخته شده است، در اغلب موارد، بهره‌وری انرژی توسط تیم مهندسی مورد توجه قرار می‌گیرد. از آن جا که به کارگیری راهبردهای بهره‌وری انرژی موجب افزایش هزینه‌های ساختمان می‌شوند، تجزیه و تحلیلی درباره‌ی هزینه و سود این راهبردها انجام می‌شود تا مزایای استفاده از راهبردهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی با هزینه‌ی به کارگیری آن‌ها مقایسه شود و میزان بازگشت سرمایه‌ی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این مطالعات برای اولویت‌بندی به مالکان ارائه می‌شوند، زیرا بودجه‌ی در نظر گرفته شده به ندرت برای استفاده از همه‌ی راهبردهای مطلوب بهره‌وری انرژی کافی است.

ابزارهای رایانه‌ای که توانایی مدل‌سازی انرژی و هزینه‌ها را دارا

هستند، همیشه این قابلیت را نیز دارند که راهکارهای بهینه‌ای بیابند. برای مثال، با شبیه‌سازی می‌توان راهکارهایی برای کاهش مساحت بخش‌های شیشه‌ای (برای صرفه‌جویی در انرژی و هزینه ساخت) پیدا کرد و پنجره‌ها را تنها به اندازه‌ای ساخت که از نور روز استفاده شود - این راهکار در مقایسه با اتلاف یا جذب گرما از طریق سطوح مات عایق‌بندی شده، موجب صرفه‌جویی قابل توجه و بیشتری در مصرف انرژی می‌شود.

ابزارها و تصمیمات طراحی

معماران، مهندسان و شرکت‌های تولیدکننده‌ی سیستم‌ها و تجهیزات دارای بهره‌وری بالا به ابزارهای دقیقی برای ارزیابی و انتخاب تجهیزات مناسب در ساختمان‌های صفر - انرژی نیاز دارند. امروزه، نیاز به ابزارهای هندسی دقیق و پیشرفته‌تر در مدل‌های معماری به حوزه‌ی برنامه‌های شبیه‌سازی مصرف انرژی نیز کشیده شده است. فعالان صنعت ساختمان‌سازی باید فعالانه بکوشند تا قابلیت استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری موجود را بهبود بخشیده و آن‌ها را به استاندارد در این صنعت تبدیل کنند و در عین حال، به توسعه‌ی نرم‌افزارهایی بپردازند که بتوانند به درستی ساختمان‌های صفر - انرژی را مدل‌سازی کنند. همچنین، به ابزارهایی نیاز است که شکل ساختمان و اجزای آن را به عنوان بخشی از سیستم گرمایش، سرمایش و روشنایی یکپارچه کنند - و البته با استفاده از سیستم‌های تهویه‌ی هوای مطبوع و سیستم‌های روشنایی الکتریکی بار باقی مانده را نیز متعادل سازند - تا به این ترتیب، بتوانند نیازهای ساکنان را برآورده کنند.

از این ابزارها انتظار می‌رود طراحی‌های مربوط به روشنایی روز و تهویه‌ی هوای ترکیبی را بهبود بخشیده و راه‌حل‌های کم‌هزینه و ابزارهای سنتی و مدرن را با هم ترکیب کنند. ابزارهایی نیز برای مقایسه‌ی کاربردهای انواع مختلف تجهیزات و چیدمان سیستم‌ها مورد نیاز خواهد بود تا مهندسان و مالکان بتوانند مقرون‌به‌صرفه‌ترین رویکرد را از نقطه نظر انرژی در ساختمان

مورد نظر انتخاب کنند. همچنین، لازم است مزایای انواع گوناگون سیستم‌ها برای کاربری‌های خاص ساختمانی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرند تا به مالکان و طراحان در انجام انتخاب‌های آگاهانه کمک شود.

ساخت ابزارهای شبیه‌سازی نیز باید به‌منظور کاربرد ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر بهبود بخشیده شود تا پروژه‌های دارای بودجه‌ی پایین بتوانند از نهایت توانایی‌های خود بهره‌برند. افزون بر این، ساختمان‌های معمولی به‌گونه‌ای پیش‌شبیه‌سازی شوند که راه‌حل‌های متداول به‌سرعت از سوی صنایع پذیرفته شوند.

در عین حال، تصمیمات طراحی ممکن است به‌گونه‌ای اتخاذ شوند که هزینه‌های سرمایه‌ای و مصرف انرژی افزایش یابد. در اغلب موارد، این تصمیمات در قالب امکانات رفاهی (تسهیلات) یا سایر ویژگی‌های ساختمانی مانند نمای تمام شیشه‌ای یا فواره‌ها پیاده می‌شوند. این عناصر سازه‌ای انرژی بیشتری مصرف کرده و هزینه‌ها را افزایش می‌دهند، ولی بر اساس تمایل تیم طراحی یا مالک شکل می‌گیرند. در اغلب موارد، نبردی میان ظاهر و عملکرد ساختمان وجود دارد - و در بیشتر موارد، ظاهر بر عملکرد غلبه می‌کند. تجزیه و تحلیل مهندسی مبنایی را برای تعیین استانداردهای بهره‌وری انرژی برای آیتم‌هایی که جاذبه‌ی ظاهری دارند، ایجاد می‌کند. استفاده از تجهیزاتی با بهره‌وری انرژی پایین، عایق‌بندی بی کیفیت یا خواص شیشه‌های ساختمان، نمونه‌های رایجی از موارد مرتبط با «مهندسی ارزش» هستند. کلید این کار، یکپارچه‌سازی هزینه‌ی بهره‌وری انرژی با تصمیمات مربوط به امکانات یا ویژگی‌های ساختمان است.

تجربیات و درس‌هایی از نخستین پروژه‌های انجام‌شده در این زمینه

نخستین پروژه‌هایی که در این حوزه اجرا شده‌اند، نشان می‌دهند که ساختمان‌های صفر- انرژی قابل اجرا هستند و حتی ساخت

آن‌ها به‌صورت بالقوه در کوتاه‌مدت از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه است. با این وجود، در این پروژه‌ها، سازندگان با چالش‌هایی مواجه هستند که همین چالش‌ها موجب بروز تردید و عدم اطمینان از ایده‌ی صفر- انرژی خالص (یا نزدیک به خالص) شده است. در مصاحبه‌هایی که با نمایندگان چندین پروژه انجام شد، سه چالش رایج، به شرح زیر مورد توجه قرار گرفتند:

- هزینه‌های فرآیندها
- سطح آگاهی از فناوری
- مشارکت ساکنان ساختمان

در این‌جا، تجربیات مستقیم و غیرمستقیم مجریان پروژه، دست‌اندرکاران کلیدی و سیاست‌گذاران درگیر در پروژه‌های ساختمانی صفر- انرژی و پروژه‌های نوسازی ساختمان‌های تجاری و متعلق به بخش خصوصی مورد بحث قرار خواهد گرفت. مدیران ساختمان‌های خصوصی و تجاری و سیاست‌گذارانی که به‌دنبال بهینه‌سازی هزینه و افزایش بهره‌وری منابع انرژی، آب و پسماند (به‌عنوان بخشی از راهبردهای مدیریت دارایی‌های ساختمان در بلندمدت) هستند، به‌خوبی می‌توانند از این تجربیات بهره‌مند شوند.

انگیزه‌های ساخت ساختمان‌های صفر- انرژی

یکی از اهداف مشترک افرادی که در پروژه‌های صفر- انرژی مشغول فعالیت هستند، به‌نمایش گذاشتن هنر اجرای چنین پروژه‌هایی به همراه عملکرد انرژی بالا و پایداری در ساختمان‌ها است. از میان چندین پروژه‌ای که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، هدف اصلی، دستیابی به یک ساختمان صفر- انرژی به مفهوم واقعی کلمه نبوده است، بلکه ساختمان‌هایی با بهره‌وری بالا یا نزدیک به صفر- انرژی مدنظر بوده‌اند. انگیزه‌ی اصلی بیشتر این پروژه‌ها، مجموعه‌ای از عوامل و نگرانی‌هایی که از گذشته وجود داشته‌اند - صرفه‌جویی در منابع و هزینه‌های بلندمدت، رفاه ساکنان و مسئولیت زیست‌محیطی - در کنار تمایل به نشان

در انرژی و دارای گواهینامه‌ی لید آغاز شده است، به دلیل کمبود اطلاعات موجود در این زمینه، تعیین ارزشی که به ساختمان‌های صفر- انرژی خالص اضافه می‌شود، دشوار است. پاسخ‌دهندگان به‌روشنی به این موضوع اشاره کرده‌اند که از نظر آن‌ها ویژگی صفر- انرژی می‌تواند تاثیر زیادی بر افزایش ارزش فضای مورد نظر داشته باشد. این مزیت می‌تواند بر ذهنیت تصمیم‌گیرندگان پروژه نیز تاثیر قابل توجهی بگذارد.

چالش‌های موجود بر سر راه دستیابی به ساختمان‌های صفر-انرژی

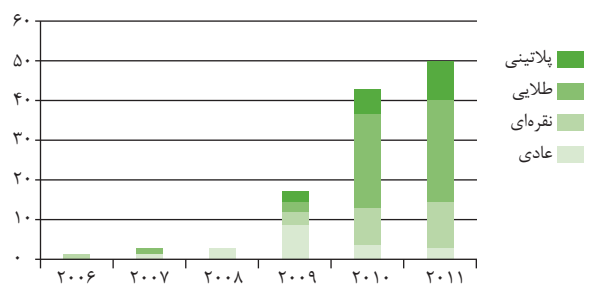
بسیاری از نمایندگان پروژه‌ها معتقدند آئین‌نامه‌ها و مقررات محلی (به‌ویژه، آئین‌نامه‌های شهرداری) به‌جای حمایت از اهداف آن‌ها در ساخت ساختمان‌های صفر- انرژی، مانعی بر سر راه‌شان ایجاد کرده‌اند. در برخی موارد، کسب مجوزهای لازم، یکی از چالش‌های اصلی پیش روی آن‌ها به‌شمار می‌آید.

برخی از آن‌ها نیز به چالش‌هایی که برای انتقال دیدگاه‌شان در زمینه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی به مقامات محلی وجود دارند، اشاره کرده و متذکر شده‌اند که چنین چالش‌هایی را حتی می‌توان به کارکنان، کاربران و ساکنان این ساختمان‌ها نیز تعمیم داد. به نظر می‌رسد لازم است محور اصلی پروژه‌ها بر این موضوع متمرکز شود که چگونه می‌توان میزان صرفه‌جویی در انرژی را به نمایش گذاشت و پیام اصلی را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که به‌خوبی قابل انتقال باشد. برای مثال، آیا شعار موردنظر باید در رابطه با صرفه‌جویی در انرژی و محیط زیست باشد؟ یا مرتبط با سلامت و رفاه ساکنان؟ یا هر دو؟

دادن تاثیر ترکیب فناوری‌های نوین با ابتکارات و ایده‌های مناسب بوده است. یک عامل به‌ندرت می‌تواند به‌تنهایی در یک پروژه‌ی صفر- انرژی تعیین‌کننده باشد. در بیشتر موارد، ترسیم تصویر یک «قهرمان زیست‌محیطی» مهم‌تر از صرفه‌جویی در هزینه است.

البته، تاثیر گرانش‌هایی که امروز در حوزه‌ی معماری سبز وجود دارند را نمی‌توان دست کم گرفت. یکی از پیشگامان این پروژه‌ها به این موضوع اشاره کرد که امروزه، همه در تغییر شکل گسترده‌ی بازار و حرکت به‌سوی پایداری در محیط‌های مصنوعی مشارکت دارند. در واقع، تجربیات حاصل از توسعه‌ی ساختمان‌های سبز را می‌توان به‌شکل پیش‌زمینه‌ای برای تکامل ساختمان‌های صفر- انرژی در نظر گرفت. همان‌طور که در شکل شماره ۱ مشاهده می‌کنید، طی یک دهه‌ی گذشته، تعداد پروژه‌های ساختمانی در اروپا که موفق به کسب مجوز لید^۱ شده‌اند، به‌میزان قابل توجهی افزایش یافته است.

شکل شماره ۱ - افزایش تعداد ساختمان‌های دارای مجوز لید در اروپا طی سال‌های اخیر



در حالی که مطالعاتی برای تعیین ارزش «حرکت به سوی معماری سبز»، از لحاظ افزایش نرخ اجاره و فروش ساختمان‌های کارآمد

۱- LEED = Leadership in Energy and Environmental Design است که به فارسی می‌توان آن را گواهینامه «پیشرو در طراحی محیطی و انرژی» ترجمه کرد که برای خانه‌های به اصطلاح سبز صادر می‌شود و دارای درجه و کیفیت مختلفی است. پنج معیار اصلی این گواهینامه «پایداری سایت»، «بهره‌وری آب»، «انرژی و اتمسفر»، «مصارف و منابع»، «کیفیت فضای داخلی» و معیار جدیداً اضافه‌شده «خلاقیت در طراحی» است که آن دسته از شاخص‌هایی را که در معیارهای پنج‌گانه طراحی محیطی لحاظ نشده‌اند، پوشش می‌دهد. انواع گواهینامه‌های LEED بسته به امتیاز ساختمان صادر می‌شوند: گواهینامه عادی: ۴۰ تا ۴۹ امتیاز، گواهینامه نقره‌ای: ۵۰ تا ۵۹ امتیاز، گواهینامه طلایی: ۶۰ تا ۷۹ امتیاز و گواهینامه پلاتینی ۸۰ امتیاز به بالا.

همه‌ی گزینه‌های موجود برای کاهش تقاضای انرژی در سایت را مورد بهره‌برداری قرار دهند. در این مرحله، به‌ویژه، آئین‌نامه‌ها و مقررات محلی باید مورد بررسی قرار گرفته و به‌خوبی درک شوند، زیرا عدم توفیق در کسب مجوزهای مربوطه می‌تواند موجب بروز تاخیرهای قابل توجهی در پروژه شود. انگیزه‌ها و یارانه‌های موجود در کنار گزینه‌های تامین مالی نیز باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی در مراحل اولیه‌ی این فرآیند مدنظر قرار گرفته و بررسی شوند.

در زمانی که پروژه در حال انجام است، بسیار مهم است که ارتباط با ساختمان و ساکنان آن حفظ شود و در صورت مشاهده‌ی عملکردی متفاوت با پیش‌بینی‌های صورت گرفته، فناوری‌ها و سیستم‌های مورد استفاده، اصلاح و تغییرات لازم در آن‌ها اعمال شود.

سیاست‌گذاری که مایل به فعالیت در حوزه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی هستند، ممکن است بخواهند برنامه‌های آموزشی و معرفی برای مقامات محلی در نظر بگیرند و آن‌ها را با مقررات و آئین‌نامه‌های اعطای مجوز به ساختمان‌های صفر- انرژی آشنا کنند، به‌ویژه، به این دلیل که ساختمان‌های صفر- انرژی ممکن است برای بسیاری از مقامات محلی چالشی کاملاً جدید به‌شمار آیند. مقامات محلی تنها گروهی نیستند که باید از اطلاعات و مقررات مربوط به ساختمان‌های صفر- انرژی مطلع شده و درباره‌ی آن‌ها آموزش ببینند؛ برای ایجاد شرایط مطلوب در بازار ساختمان‌های صفر- انرژی، دانش و قدرت رقابت پیمانکاران فعلی نیز باید در نظر گرفته شوند. یکی از معماران فعال در ساخت ساختمان‌های اداری صفر- انرژی در این باره چنین می‌گوید: «امروزه دیگر ساختمان‌های صفر- انرژی تنها یک فرآیند نیستند، بلکه یافتن پیمانکارانی که از توانایی‌های لازم برای ساخت این نوع سازه‌ها در موعد مقرر و با بودجه‌ای معقول برخوردار باشند، کار بسیار دشواری است. روزی که تعداد پیمانکاران مطلع و

موضوع ارزش اقتصادی در بخش بعدی بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت. بروز برخی چالش‌های جدی در چند پروژه موجب ایجاد بی‌اعتمادی و برداشت نادرست درباره‌ی هزینه‌ی بالای این روش‌ها و عدم باورپذیری صرفه‌جویی واقعی و افزایش کارایی انرژی (فناوری) در ساختمان‌ها شده است. این ایده که ساختمان‌ها از یک سو می‌توانند کارآمدتر و سازگار با محیط زیست بوده و از سوی دیگر، محیطی دلپذیر و کم‌هزینه برای ساکنان فراهم کنند، الزاما در سطح گسترده قابل پذیرش نیست.

یکی دیگر از باورهای عمومی و نسبتاً رایج، این است که هزینه‌های معاملاتی و مربوط به فرآیندهای طراحی یکپارچه و سایر عناصر ساختمان‌های صفر- انرژی بسیار زیاد هستند. این موضوع نیز به چالشی جدی برای مدیران پروژه تبدیل شده است. زیرا آن‌ها باید ضمن برقراری ارتباط، دلایل و توجیهات خود را درباره‌ی لزوم تخصیص زمان، انرژی و منابع بیشتر برای هموار کردن مسیر چنین پروژه‌هایی در موعد مقرر ارائه دهند.

از جمله چالش‌های فنی نیز می‌توان به تدارک تامین‌کنندگان واجد شرایط برای آرایه‌ی خدمات، گزینه‌های فناوری مناسب و نوشتن اسناد مناقصه اشاره کرد که در مواردی مشاهده شده‌اند.

در قسمت‌های بعدی، یافته‌های اصلی این مطالعات را دسته‌بندی کرده و بر چالش‌ها و موانع پیش روی تبدیل ایده‌ی ساختمان تقریباً صفر- انرژی یا صفر- انرژی خالص به واقعیت تمرکز خواهیم کرد.

« یافته‌ها و توصیه‌ها

۱- هزینه‌های معاملاتی و فرآیندی: زود شروع کنید، مشاوره بگیرید و به‌روز باشید.

برنامه‌ریزی اولیه و یکپارچه برای مجریان پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا به این ترتیب می‌توانند در مرحله‌ی طراحی،

آموزش‌دیده در این حوزه در بازار زیاد شود، قیمت‌های این نوع ساختمان‌ها به‌طور خودکار کاهش خواهد یافت.”

یکی از ویژگی‌های متمایز پروژه‌های صفر- انرژی در مقایسه با پروژه‌های متداول و قدیمی، استفاده از فرآیند طراحی یکپارچه است که در آن معماران، مهندسان، پیمانکاران، توسعه‌دهندگان پروژه و حتی ساکنان ساختمان به اتفاق هم از همان مراحل اولیه با پیروی از راهبردی جامع می‌کوشند هزینه‌ها را کاهش دهند، الگوهای استفاده از ساختمان را بهتر پیش‌بینی کنند و با همکاری هم از فرصت‌های صرفه‌جویی در انرژی نهایت بهره‌برداری را به‌عمل آورند.

در پروژه‌هایی که تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (پروژه‌های ساخت و بازسازی) نوعی فرآیند طراحی یکپارچه‌ی مشترک وجود دارد. در نگاه اول، فرآیند طراحی یکپارچه ممکن است زمان‌بر به‌نظر برسد، به‌ویژه، به‌دلیل آن‌که چرخه‌ی برنامه‌ریزی برای ساخت یک ساختمان قدیمی یا انجام پروژه‌های بازسازی عمده، معمولاً بسیار طولانی است. با این وجود، بیشتر پروژه‌های بررسی‌شده در کم‌تر از دو سال تکمیل شدند. این وضعیت به معنی آن است که تلاش بیشتر در مراحل برنامه‌ریزی اولیه می‌تواند موجب کاهش زمان کلی پروژه شود. در سطح گسترده‌تر و از منظر اقتصاد کلان، می‌توان به این نتیجه رسید که با برنامه‌ریزی درست، حمایت از سیاست اتخاذشده، توجه به شرایط بازار و سرمایه‌گذاری سیاسی در زمینه‌ی پروژه‌های مطرح و بزرگ، اروپا می‌تواند بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ به اهداف خود در زمینه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی دست یابد.

یکی از معماران فعال در حوزه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی،

می‌گوید: “غیرممکن است بدون داشتن فرآیند طراحی یکپارچه، بتوان ساختمان‌ی با بهره‌وری انرژی بالا ساخت. ممکن است در حال حاضر ندانیم که چگونه می‌توان این کار را انجام داد، ولی زمانی که افراد مختلف دانش و تجربیات خود را درباره‌ی یک موضوع به اشتراک بگذارند، می‌توان به این هدف دست یافت. در چنین شرایطی می‌توان ضمن آشنایی با عرصه‌های جدید، بزرگ‌تر فکر کرد.” بوگدان آتاناسیو^۱، یکی از کارشناسان ارشد بهره‌وری انرژی در موسسه‌ی ارتقای عملکرد ساختمان در اروپا^۲ نیز در این باره می‌گوید: “در زمان بازسازی ساختمان‌های تجاری، برنامه‌ریزی برای مراحل مختلف اجرای پروژه بسیار حائز اهمیت است. برای پیشبرد پروژه متناسب با بودجه‌ی موجود، بازسازی باید تا حد ممکن همراه با اقداماتی جهت بازپرداخت در کوتاه‌ترین دوره‌ی زمانی یا صرفه‌جویی‌هایی قابل توجه انجام شود. بازپرداخت در یک چارچوب زمانی تجاری نرمال می‌تواند موجب ایجاد انگیزه در مراحل بعدی شده و اطمینان برای حرکت رو به جلو را تقویت کند.”

برخی نمایندگان پروژه‌ها نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که ممکن است به انگیزه‌های بیشتری نیاز باشد تا طرف‌های مختلف به مشارکت در فرآیندهای طراحی یکپارچه و همکاری در مقیاسی بزرگ‌تر تشویق شوند، به‌ویژه، به‌دلیل آن‌که ممکن است در ابتدا نوعی بی‌اعتمادی میان حرفه‌های مختلف وجود داشته باشد که از آن جمله می‌توان به معماران، مهندسان، پیمانکاران و کارشناسان املاک و مستغلات اشاره کرد. مقامات دولتی و قانون‌گذاران نیز ممکن است با روش‌های غیرسنتی طراحی، ساخت و بازسازی ساختمان ناآشنا باشند. این شرایط خود نشان‌دهنده‌ی نیاز به انجام کارهای آموزشی بیشتر برای این مخاطبان است. به این موضوع نیز در بخش‌های بعدی اشاره شده است.

1- Bogdan Atanasiu

2- Buildings Performance Institute Europe

۲- آگاهی از فنآوری: شناسایی و معرفی فنآوری‌های

موجود و تامین‌کنندگان خدمات

افزایش سطح آگاهی از فنآوری می‌تواند چالش‌برانگیز باشد، چرا که ممکن است شرکت‌ها وقت یا تخصص کافی برای شناسایی بهترین تامین‌کنندگان، سازندگان سیستم و فروشندگان را برای پروژه‌های صفر-انرژی نداشته باشند. با این وجود، بسیار مهم است که این شرکت‌ها پیش از آن که در فرآیندهای ساخت یا بازسازی پیش روند، در سریع‌ترین زمان ممکن با انواع فنآوری‌ها و سیستم‌های موجود در بازار آشنا شوند، زیرا انتخاب‌های آن‌ها می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر بودجه و چارچوب زمانی پروژه داشته باشد.

در میان فنآوری‌ها و تصمیمات طراحی، بحث نفوذپذیری ساختمان، پنجره‌ها، عایق‌بندی و سایر ویژگی‌های پوسته‌ی ساختمان در بیشتر پروژه‌ها از موارد مهم و اساسی به‌شمار می‌آیند. بنابراین، مواد و مصالحی که به این منظور به‌کار برده می‌شوند، باید به‌دقت انتخاب شوند تا طراحی پوسته‌ی ساختمان نیز با دقت و در سطح بالایی صورت گیرد، چرا که هزینه‌ی چنین فنآوری‌هایی نسبتاً بالا است و تاثیری مستقیم بر بهره‌وری انرژی دارد. در عین حال، سایر فنآوری‌ها و سیستم‌های نصب‌شده نیز باید هوشمند و انعطاف‌پذیر بوده و قابلیت تطبیق‌پذیری با الگوهای مصرف ساکنان را داشته باشند. یکی از معماران دست‌اندرکار در ساخت یک مدرسه‌ی ابتدایی صفر-انرژی در فرانسه می‌گوید: "پروژه‌های صفر-انرژی شبیه خودروهای مسابقه‌ای هستند: همه چیز باید درست و بی‌عیب و نقص عمل کند. مجریان پروژه باید انگیزه‌ی لازم برای فعالیت تیم اجرایی را فراهم کنند، زیرا هدف آن‌ها، انجام کاری فراتر از کارهای عادی است. این موضوع چالشی جدید برای بشریت به‌شمار می‌آید: دستیابی به بهترین نتایج با کم‌ترین حد مصرف انرژی."

تهویه‌ی طبیعی در محیط‌های متراکم، آلوده و پر سر و صدای شهری از چالش‌های فنی مهم به‌شمار می‌آید. این بحث به‌ویژه، در بستر پایداری شهری و یکپارچگی سیستم‌ها باید مورد توجه

تفاوت‌های قابل توجهی در نحوه‌ی پرداخت در پروژه‌های مختلف وجود دارد، هر چند به‌نظر می‌رسد بیشتر آن‌ها بر روش قدیمی که همان تامین مالی توسط مالک یا بانک به‌همراه یارانه‌های محلی یا ملی است، تکیه دارند. مدیر یک هتل صفر-انرژی در وین می‌گوید: "زمانی که برای طراحی و ساخت یک ساختمان صفر-انرژی برنامه‌ریزی می‌شود، تنها به هزینه‌های سرمایه‌گذاری فکر می‌کنند و به موضوعات بعدی توجهی ندارند. برای ساخت این نوع ساختمان‌ها، باید اشتیاق زیادی به اجرای چنین پروژه‌هایی داشت و از اطلاعات و شهادت کافی برخوردار بود. بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها مستلزم داشتن دیدگاهی مثبت است، دیدگاهی که بر مبنای آن بتوان خود و اطرافیان را متقاعد به سرمایه‌گذاری در چنین پروژه‌هایی کرد."

برای بررسی تامین مالی در پروژه‌های بازسازی و احداث ساختمان‌های صفر-انرژی، به تلاش بیشتری نیاز است، هر چند مطالعاتی که تا به حال انجام شده است، نشان می‌دهند سازوکارهای خلاقانه‌ی تامین مالی در پروژه‌های صفر-انرژی غیرمستکونی در بازارهای امروز چندان متداول نیستند. مجری یک پروژه‌ی عمده‌ی بازسازی صفر-انرژی در بلژیک می‌گوید: "برای این که افراد بخواهند در چنین پروژه‌هایی فعالیت کنند، لازم است از دلایلی قانع‌کننده برای جلب نظر مثبت آن‌ها استفاده کرد، چرا که ایده‌ی ساختمان‌های صفر-انرژی، ایده‌ای نو است و البته احداث چنین ساختمان‌هایی پرهزینه‌تر از ساختمان‌های معمولی است. با این وجود، امروزه، تعداد افرادی که می‌دانند هزینه‌ی زندگی در محیطی سالم به‌مراتب مهم‌تر از هزینه‌ی صرف‌شده در ساختمان‌های صفر-انرژی است، در حال افزایش است."

شرایط اقتصادی دشوار و عدم وجود انگیزه‌ها و اهداف بهره‌وری انرژی، به‌ویژه، در اروپا توسعه‌ی چنین روش‌هایی را به تاخیر انداخته است.

گری فابرت^۳، مدیر سابق طراحی یکپارچه در شرکت معماری HOK در پروژه‌ی نِت زیرو کورت^۴ در سنت لوئیس^۵، واقع در میزوری^۶ آمریکا، اشاره می‌کند که «چالش اصلی، تعریف توان تامین مالی پروژه و ایجاد تعادلی واقعی میان این مسئله است که افراد در آغاز کار چه میزان هزینه برای صرفه‌جویی در انرژی پرداخت می‌کنند و تا چه حد توانایی دستیابی به طرحی صفر-انتشار را دارند».

متعادل‌سازی دقیق هزینه‌ها و مزایا در همه‌ی پروژه‌های بازسازی و ساخت (جدید) متداول است. در حوزه‌ی ساختمان‌های صفر-انرژی، کارآمد در مصرف انرژی و پایدار، به‌طور کلی، اغلب از هزینه‌ی کل مالکیت با نگاه کلی‌تری به مفهوم ارزش استفاده می‌شود: بازگشت سرمایه در کوتاه‌مدت باید در مقایسه با مزایای بلندمدتی مانند صرفه‌جویی در انرژی و منابع، ارزش بالاتر در بازار ساختمان‌های «سبز»، و همچنین، رفاه ساکنان و افزایش بهره‌وری سنجیده شود.

همان‌طور که در بخش اول، در جریان بررسی انگیزه‌های موجود عنوان شد، در بیشتر مطالعات انجام‌شده در خصوص این که منطق اقتصادی و ارزیابی ارزش پروژه‌ها الزاما باید در بلندمدت مورد توجه قرار گیرند، اتفاق نظر حاصل شد. نکته‌ی قابل توجه این که در هیچ یک از پروژه‌های مورد مطالعه، تاثیر منفی بر رفاه ساکنان و بهره‌وری پروژه مشاهده نشد. در عوض، آن‌چه در همه‌ی این پروژه‌ها مشاهده شد، این بود که هر چند در ابتدا پرسش‌ها یا نگرانی‌هایی درباره‌ی پروژه‌ها وجود داشت، عموماً، ساکنان و کاربران ساختمان‌های صفر-انرژی از سکونت در این سازه‌ها بسیار

قرار گیرد. نکته‌ی جالب توجه این که، به نظر می‌رسد از لحاظ استانداردهای به کار گرفته‌شده، جنبه‌های مشترک معدودی میان پروژه‌ها وجود دارد. برخی پروژه‌ها فاقد برچسب استاندارد مناسب در بازار هستند، در حالی که، پروژه‌های دیگر از استانداردهای «پسیو هاوس»^۱ یا «اکو لیبِل»^۲ به‌صورت بخشی جدایی‌ناپذیر از راهبردهای خود بهره می‌برند. یکی از مجریان پروژه از کشور اتریش در این باره می‌گوید: «گواهینامه‌هایی مانند «لید» هیچ‌گاه از نظر من جذابیتی نداشتند، چرا که قصد فروش ساختمان‌هایی را که طراحی کرده‌ام، ندارم. برخی افراد در زمانی که می‌خواهند ساختمان‌هایی را که طراحی کرده‌اند، بفروشند، هزینه‌ی زیادی را صرف کسب گواهینامه‌های مطرح می‌کنند».

۳- مشارکت ساکنان ساختمان: ایجاد نگاهی مشترک و ارزش‌آفرینی در بلندمدت

ایجاد و انتقال نگاهی علاقه‌مند به خانه‌های صفر-انرژی برای اطمینان از فروش آن‌ها در میان مخاطبان، به‌خصوص کاربران واقعی این ساختمان‌ها بسیار مهم است.

پژوهش‌ها نشان دادند که آگاهی از کیفیت زندگی و مزایای نامحسوس (به بیان دیگر غیرفنی و غیرمالی) پروژه‌های صفر-انرژی برای ساکنان این ساختمان‌ها بسیار پرجاذبه هستند. برخی کارشناسان به این نکته اشاره می‌کنند که یکی از دلایل جذابیت پیام‌های غیرفنی برای افراد این است که هر چند ممکن است به ساختمان‌ها بسیار علاقه‌مند شوند، ولی این احتمال وجود دارد که الزامات واکنش مشابهی نسبت به فناوری‌های مربوط به صرفه‌جویی در انرژی نداشته باشند.

1- Passive House

2- Ecolabel

3- Gerry Faubert

4- Net Zero Court

5- St. Louis

6- Missouri

مختلف دولت درخواست تورهای بازدید از هتل ما ارایه کردند و تعداد مسافران نیز افزایش یافت. در آن زمان بود که فهمیدم این کار مورد توجه افراد زیادی قرار دارد و حالا همه مرا به‌عنوان فردی موفق می‌شناسند که توانست ثابت کند می‌توان چنین هتلی ساخت و در محیط کسب‌وکار فعالیت موفقیت‌آمیز داشت."

«برخی روش‌های هم‌سوسازی ساختمان‌های صفر- انرژی با محیط‌زیست»

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، در طراحی ساختمان‌های صفر- انرژی، فضاهای بسته و دارای شیشه‌های تیره باید جایگزین شوند. فضای بسته‌ی این ساختمان‌ها، ترکیبی از مواد شیمیایی را درون خود جای می‌دهد که پیامدهای خطرناکی برای سلامت انسان دارند که از آن جمله می‌توان به آسم، ناراحتی‌های پوستی و چشمی، مشکلات باروری و سرطان اشاره کرد. نکته‌ی مهم این که، ساختمان‌هایی با فضای بسته، بدون پنجره یا با شیشه‌های تیره، موجب حبس شدن منابع طبیعی مانند روشنایی روز، تهویه‌ی طبیعی، گرمایش خورشیدی منفعل و استفاده از خنکی طبیعی در شب می‌شوند که از مزایای تجدیدپذیر و محور انعطاف‌پذیری طبیعت به شمار می‌آیند.

در واقع، باید در پی طراحی سازگار با محیط‌زیست بود تا بدین وسیله بتوان از یک سو، تهویه‌ی طبیعی را با استفاده از روش‌های خاص شرایط اقلیمی مختلف به حداکثر و از سوی دیگر، میزان استخراج از منابع آب و انرژی و آلودگی را به حداقل سطح ممکن رساند و در عین حال، نهایت استفاده را از مصالح بومی به عمل آورد و تاثیر حمل‌ونقل و مواد سمی را کاهش داد و به این ترتیب، پیچیدگی‌های فناوری را با بهره‌گیری به‌موقع از آن (در مواردی که به نوآوری در فناوری نیاز است) ساده کرد.

راضی بودند. مدیر تاسیسات ساختمان مرکزی^۱ WWF در هلند در این باره می‌گوید: "در ساختمان‌های قدیمی، کارکنان مجبور بودند در اتاق‌های کوچک کار کنند و می‌توانستند دمای اتاق را مطابق میل خود تنظیم کنند. ولی امروزه، در ساختمان‌های جدید، در فضاهای باز کار می‌کنند و سیستم‌های گرمایش و تهویه به‌شکل مرکزی مدیریت می‌شوند. دلیل تردید آن‌ها در ابتدا قرار گرفتن در شرایط جدید بود، ولی حالا، از ساختمان‌های جدید کاملاً راضی هستند."

در برخی از موارد مطالعه‌شده، در اعتبارنامه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی دستورالعمل‌هایی وجود داشت که موجب افزایش قابل توجه مشارکت ساکنان در پایداری این ساختمان‌ها می‌شد، به این معنی که ساکنان نقش فعالی در کمک به دستیابی به بهره‌وری بالای انرژی در این ساختمان‌ها ایفا می‌کردند. این وضعیت پیامدهای بالقوه‌ی قابل‌توجهی در راستای بازگشت سرمایه دارد. اگر ساختمان صفر- انرژی بتواند الهام‌بخش ساکنان باشد و آن‌ها را تشویق کند تا تبدیل به «قهرمانان سبز»^۲ شوند، بازگشت سرمایه در عمل بیشتر می‌شود، چرا که همکاری ساکنان حتی ممکن است منجر به صرفه‌جویی بیش از پیش‌بینی‌های اولیه شود.

افزون بر این، برخی پروژه‌های صفر- انرژی مورد مطالعه، بازدیدکنندگان کنجکاو و گردشگران محیط‌زیست (اکوتوریست‌ها) را جذب می‌کنند، افرادی که مایلند بیشتر در این حوزه اطلاعات کسب کنند. حتی در یکی از پروژه‌ها، فردی به‌صورت تمام‌وقت برای پاسخ‌گویی به رسانه‌ها و علاقمندان استخدام شد. مدیر یک هتل صفر- انرژی در وین می‌گوید: "هرگز تا این اندازه از ارزش و اهمیت یک هتل صفر- انرژی آگاه نبودم، تا زمانی که خودم تصمیم به انجام این کار گرفتم. پس از راه‌اندازی هتل، روزنامه‌نگارانی از سراسر جهان درباره‌ی هتل ما نوشتند، هیات‌هایی از بخش‌های

۱- صندوق جهانی طبیعت



شکل شماره ۳ - طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از سرمای طبیعی

طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از سرمای طبیعی - طراحی مناطق محصور و در عین حال پویا (دینامیک) برای به حداقل رساندن گرمای ناخواسته ناشی از نور خورشید طی زمان‌های بسیار گرم سال، نخستین گام در دستیابی به آسایش و راحتی



شکل شماره ۲ - طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از گرمای طبیعی (نور خورشید)

طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از گرمای طبیعی (نور خورشید) - از آن‌جا که گرمایش بزرگ‌ترین بار انرژی را به ساختمان‌ها تحمیل می‌کند، برای جلوگیری از اتلاف گرما، ساختمان‌ها در برابر هوا کاملاً عایق‌بندی شده و غیرقابل نفوذ طراحی می‌شوند تا به این ترتیب، اطمینان حاصل شود که انرژی خورشیدی ایستا، منبع گرمایی اصلی در داخل ساختمان است. ساختمان‌هایی که از طراحی خوبی برخوردارند، می‌توانند از این مزیت مهم بهره‌مند شوند که در ۷۵٪ تا ۹۰٪ زمان، بدون نیاز به گرمایش مکانیکی، از گرمای طبیعی استفاده کنند و بار انرژی باقیمانده آن‌ها نیز با استفاده از سیستم‌های مکانیکی دارای بهره‌وری بالا و بازیافت گرما در بخش‌های مختلف ساختمان تامین شود.

راهبردهای سرمایش و تهویه مکانیکی و طبیعی است که برای ساختمان‌های صفر-انرژی حیاتی به‌شمار می‌آیند.

طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از هوای تازه (تهویه طبیعی) - هر چه بیشتر ساختمان خود را محصور کنیم، استفاده از تهویه مکانیکی در تمام طول سال اجتناب‌ناپذیرتر می‌شود. این میزان تهویه شامل بیش از ۲۰٪ کل باری است که به ساختمان‌های تجاری وارد می‌شود. درحالی‌که پنکه‌های دارای سرعت‌های مختلف، سیستم‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی، هواسازهای رطوبت‌گیر و سیستم‌های بازیافت گرما مزایای قابل‌توجهی برای کاهش نیاز به مصرف انرژی جهت تهویه هوا در ساختمان‌های جدید دارند، دستیابی به ساختمان‌های صفر-انرژی تنها با طراحی ساختمان‌ها به شیوه‌ای ممکن است که بتوانند از تهویه طبیعی به‌عنوان راهبرد اصلی تهویه ساختمان در هر ساعت، روز، ماه و فصل بهره‌مند شوند. پوسته‌های ساختمانی غیرقابل نفوذ به طراحی تهویه هوای دقیق‌تری نیاز دارند چرا که طراح امکان بهره‌برداری کم‌تری از نفوذپذیری پوسته دارد. طراحی و تاسیسات پیشرفته امکان کنترل بهتر کیفیت هوای داخل را فراهم می‌کنند. کنترل منبع به کمک انتخاب مواد (مصالح) و تجهیزاتی که انتشار کم‌تری از سطوح آن‌ها صورت می‌گیرد، در کنار فن‌آوری‌های پیشرفته‌ی نفوذ و تصفیه‌ی هوا، نیاز به تهویه هوای خارجی را کاهش می‌دهند. پاک‌کننده‌های هوا-اعم از گازی، ذره‌ای و بیولوژیکی- روش‌های دیگری برای کاهش مصرف انرژی‌ای که صرف تهویه هوای مطبوع می‌شود، هستند.

طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از روشنایی روز - استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف، بالاست‌ها و سایر لوازم برقی بهینه‌نخستین گام‌های مهمی هستند که می‌توان با استفاده از آن‌ها ۳۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. حس‌گرهای حساس به

ساکنان است. به‌طور هم‌زمان، این مناطق باید به‌شکل پویایی از سرمایش طبیعی استفاده کنند. روش‌های مختلف سرمایش طبیعی - تهویه طبیعی در طول روز و هنگام شب، سرمایش تبخیری و سرمایش از سطح زمین (مانند لوله‌هایی که در کف ساختمان کار گذاشته می‌شوند) - را می‌توان با استفاده از پیشرفت‌های قابل‌توجه صورت‌گرفته در قرن بیست و یکم در زمینه‌ی مواد و مصالح جدید و روش‌های مونتاژ خلاقانه بهبود بخشید. تهویه مرکب و منطقه‌بندی (مایکرو زونینگ^۱) فضاهای تهویه، نقطه‌ی تلاقی



شکل شماره ۴ - طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از هوای تازه (تهویه طبیعی)

این مصرف را دارند. ما از آب آشامیدنی تنها یک بار استفاده می‌کنیم. سپس با فاضلاب‌های شهری رودها را آلوده می‌کنیم و در بسیاری مناطق تا حد زیادی به آب شیرین وابسته هستیم. برای اطمینان از دسترسی همیشگی به آب شیرین، باید با طراحی مناسب و خلاقانه از این فرصت استفاده کنیم که از منابع آب موجود به خوبی محافظت کرده و آن‌ها را احیاء کنیم.

طراحی سازگار با محیط زیست برای سیستم‌های کنترل و اتوماسیون پیشرفته‌ی ساختمانی (BMS) - برای این منظور، حس‌گرهایی مورد نیاز است که در عین مقرون‌به‌صرفه بودن، برای توزیع گسترده در ساختمان‌ها مناسب باشند و با صرف انرژی کم‌تری بتوان ساده‌تر آن‌ها را کنترل کرد. بهتر است که این حس‌گرها عملکرد چندگانه داشته باشند، برای مثال، حس کردن دما، رطوبت و غلظت دی‌اکسیدکربن. در حال حاضر، هزینه‌ی نصب حس‌گرها و برنامه‌ریزی آن‌ها مانعی بر سر راه به‌کارگیری آن‌ها در مقیاس بالا است. لازم است فناوری حس‌گر پیشرفته دارای قابلیت عملکرد متقابل باشد و فناوری‌هایی، از جمله بی‌سیم، می‌توانند به کاهش هزینه کمک کنند. حس‌گرهای بهتری برای تشخیص زمانی که تهویه‌ی هوا گزینه‌ی ارجح به‌شمار می‌آید و هم‌چنین، زمانی که استفاده از روشنایی روز امکان‌پذیر است، مورد نیاز هستند. حس‌گرهای دقیق حرکتی همگی از آثار انرژی در ساختمان‌ها بهره می‌برند. برای این منظور، به سیستم‌های هوشمندی نیاز است که فضاهای خالی از کاربران را تهویه نکرده و می‌توانند تشخیص دهند که در چه زمان‌هایی کاربران در فضای مورد نظر حضور دارند و از افزایش بار در زمان‌های خالی بودن فضاها از کاربران بکاهند. به این ترتیب، انرژی را می‌توان با صرف زمان و بهره‌گیری از سیستم‌های خود-راه‌انداز که دائماً و مطابق نیاز عملکرد آن‌ها در مقایسه با هدف طراحی و تنظیمات خودکار مورد پایش قرار می‌گیرد، ذخیره کرد.



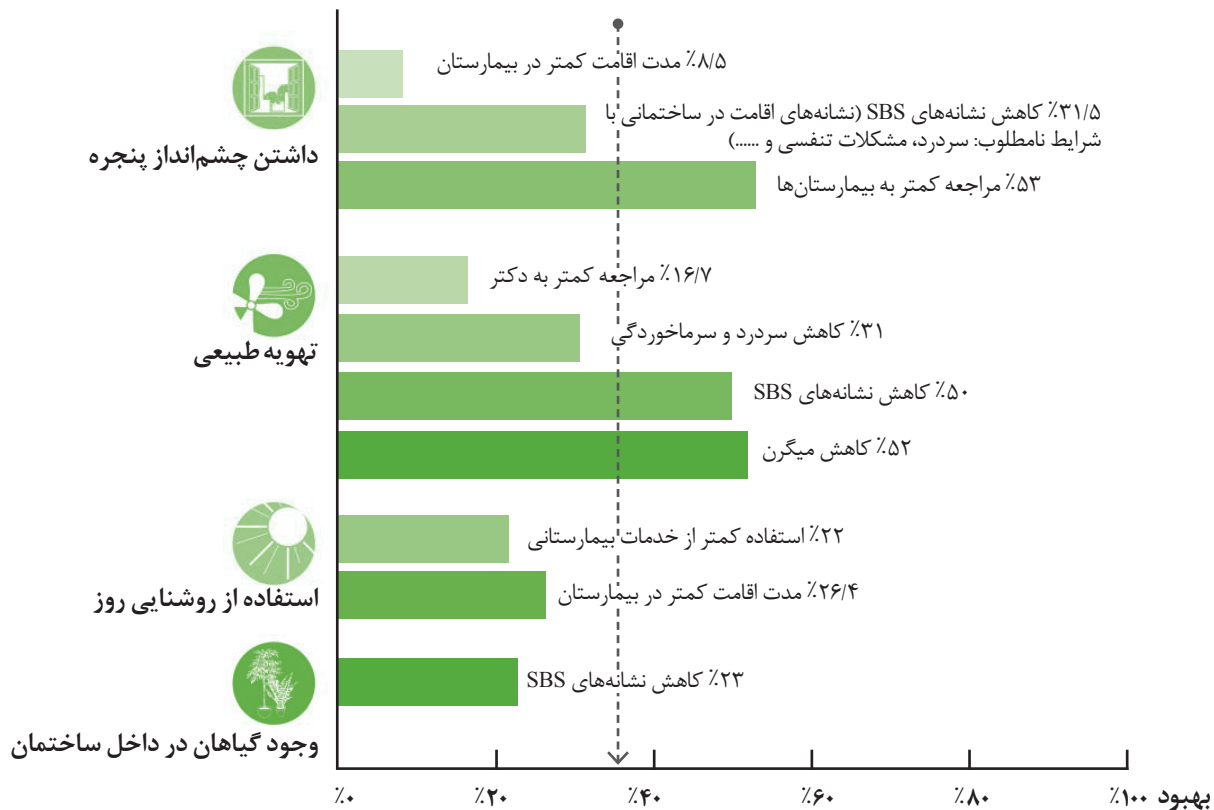
شکل شماره ۵ - طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از روشنایی روز

روشنایی روز (فتوسل)^۱ و حرکتی هم می‌توانند حدود ۲۰٪ دیگر در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند. با این حال، در ساختمان‌های صفر- انرژی، منبع اصلی نور، روشنایی روز است. با بازنگری در مهندسی و طراحی بهینه برای حداکثر استفاده از نور روز، می‌توان در ۹۰٪ اوقات در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد و در طول روز، نیاز به الکتریسیته برای روشنایی را حذف کرد.

طراحی سازگار با محیط زیست برای استفاده از آب باران و فاضلاب - کشور آمریکا بیشترین سرانه مصرف آب را دارد، در حالی که کشورهای اروپایی حدود یک چهارم یا حتی یک دهم

1- photocell

شکل شماره ۶ - مزایای سلامتی ناشی از دسترسی به محیط طبیعی



راهکارهای بسیاری در این زمینه وجود دارند که هر یک از آن‌ها بر مبنای یکی از روش‌های زیر و توسط دست‌اندرکاران مختلف ارائه می‌شوند:

- پرنده‌سازان و کارفرمایانی که تمام توان خود را صرف پیشرفت و بهبود معماری مکان‌های مختلف کرده و به تناسب و برقراری تعادلی منطقی بین فناوری‌های معمولی و پیشرفته در طراحی مشترک توجه ویژه‌ای دارند.
- معمارانی که خود را ملزم به استفاده از مصالح بومی و تجدیدپذیر دانسته و بر پیوستگی ذاتی و ژنتیکی انسان و محیط طبیعی و طراحی فضاهای خارجی با تهویه طبیعی که نیاز به فضاهای داخلی را کاهش می‌دهند، تاکید دارند.
- مهندسانی که به از بین بردن پیچیدگی‌های غیرضروری علاقه

مزایای زیست‌محیطی و انسانی بهره‌گیری از عوامل طبیعی، مانند خورشید، باد، نور، سرمایش طبیعی، استفاده از آب داخل سایت و سهولت حرکت بسیار قابل توجه هستند. این مزایا در جدول مطالعات پژوهشی مربوط به ارتباط محیط زیست طبیعی با سلامت انسان و بهره‌وری نشان داده شده‌اند.

چالش‌های آتی معدودی وجود دارند که از آن جمله می‌توان به تمایل بسیار زیاد به استفاده از راهکارهای وابسته به فناوری، پرنده‌سازی معماری که سبک‌های نامناسب با اقلیم و فرهنگ را به جوامع مختلف صادر (تحمیل) می‌کنند و روش‌های تجاری و ضد ریسک قدیمی که قدرت طراحی مشترک و تخصص بومی را نادیده می‌گیرند، اشاره کرد.

صرفه‌جویی‌های پایدار شوند. لازم است با «عملکردی ناوگانی» به اهداف‌مان نزدیک شویم. به بیان دیگر، نباید خود را درگیر تعداد انگشت‌شماری ساختمان که عملکرد چندان خوبی ندارند یا حتی مواردی که عملکرد فوق‌العاده‌ای دارند، کنیم. هدف، سطح متوسطی از عملکرد در بین تعداد قابل توجهی از ساختمان‌ها است. ساختمان‌های صفر- انرژی نمادهایی ستودنی هستند و عناوین جذابی را به‌وجود می‌آورند، ولی حقیقت این است که بیش از ۱۰۰ میلیون ساختمان وجود دارند که باید در سطح گسترده به آن‌ها رسیدگی شود تا صرفه‌جویی‌های موردنظر تحقق یابند.

◀ نحوه‌ی سنجش و شناسایی ساختمان‌های صفر- انرژی

لازم است مجموعه اقداماتی انجام شوند تا افراد مختلف به استفاده از فناوری ساختمان‌های صفر- انرژی ترغیب شده و از فعالیت‌های بازاریابی که در این زمینه صورت می‌گیرند، حمایت کنند. در این‌جا سه گزینه‌ی اصلی اعطای گواهینامه به ساختمان‌ها، اعتبارسنجی توسط کارشناسان و برچسب‌های نشان‌دهنده‌ی مصرف انرژی ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اعطای گواهینامه به ساختمان

اعطای گواهینامه‌ی صفر- انرژی می‌تواند موجب افزایش انگیزه‌ی مالکان و طراحان ساختمان‌ها شود. برخی از دلایل اعطای گواهینامه به ساختمان‌ها عبارتند از: افزایش اعتبار، برجسته شدن و رهبری بازار. رهبری بازار موجب تثبیت جایگاه یک ساختمان و مالک و تیم طراحی آن، به‌عنوان نقش‌آفرینانی با عملکرد سطح بالا می‌شود.

اعطای گواهی به ساختمان می‌تواند به شکل یک پلاک، برچسب (اتیکت/نشان) یا گواهینامه‌ای باشد که بتوان آن را به‌طور بارزی

داشته و از سیستم‌های تهویه مرکب (طبیعی و مصنوعی) و طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع ساده و توزیع‌شده هوشمند برای تهویه در زمان لازم در محوطه‌های تقسیم‌بندی‌شده استقبال می‌کنند.

- طراحان منطقی که به طراحی‌های حلقه بسته^۱ برای بازیافت آب مورد استفاده علاقمندند و ضمن بازگرداندن آب باران به حوزه‌های آب محلی، پس از بازیافت آب خاکستری (فاضلاب قابل استفاده) و آب سیاه (فاضلاب غیرقابل استفاده)، آن‌ها را به سیستم‌های فاضلاب هدایت کرده و در عین حال، از تولید غذای محلی نیز حمایت می‌کنند.
- برنامه‌ریزی که از عدم استفاده از زمین‌های جدید، منطقه‌بندی چندمنظوره و اکولوژی مناظر طبیعی که برای پایداری جامعه و محیط زیست حیاتی هستند، استقبال می‌کنند.

کارشناسان طراحی سازگار با محیط زیست می‌توانند به حفظ و تجدید منابع فراوان طبیعی بپردازند، فناوری‌هایی را ایجاد کنند که شبیه‌سازی و بازسازی طبیعت باشند و بتوانند آن را بدون هیچ اتلافی بازآفرینی کنند و به کاهش استفاده از فناوری‌هایی بپردازند که ما را از محیط زیست طبیعی جدا می‌کنند. معماری تولیدشده توسط طراحی سازگار با محیط زیست از روشنایی روز، فصل‌های مختلف و فرهنگ منحصربه‌فرد هر جامعه بهره گرفته و به انرژی‌های خلاق و بدون محدودیت طبیعت تکیه می‌کند.

کار در مقیاس بزرگ: منشاء بروز تفاوت‌های واقعی

لازم است بزرگ فکر کنیم تا راهبردهای صرفه‌جویی در انرژی به گستره‌ی وسیعی از ساختمان‌های کشور راه یابند. برای دستیابی به این مهم لازم است کل جوامع، مجموعه‌ها و صاحبان و مدیران املاک بزرگ هدف قرار داده شوند، تا بهینه‌سازی‌هایی که در حوزه‌ی انرژی انجام می‌شوند، حقیقتاً بتوانند منشاء

1- closed loop

تعیین‌شده در مجموعه آئین‌نامه‌ها و استانداردها، عملکرد مورد انتظار در ساختمان‌های مشابه و عملکرد پیشین ساختمان مورد نظر مقایسه کرد.

اگر سیستم داشبورد به‌صورت مرکزی اداره شود، این مزیت را دارد که امکان گردآوری داده‌های تولید و مصرف انرژی برای طیف گسترده‌ای از پروژه‌های مشابه فراهم می‌شود. این داده‌ها می‌توانند به‌عنوان چارچوبی برای ایجاد یک پایگاه داده‌های مفید انتخاب شوند، هم برای درک عملکرد فعلی پروژه‌های تحت نظارت و هم برای مقایسه با اطلاعات انرژی مجموعه داده‌های سازمان مطالعه‌ی مصرف انرژی در ساختمان‌های تجاری (CBEC³). در این حالت، سیستم داشبورد به‌معنای واقعی مشابه آمپرها و صفحات نمایش کار گذاشته‌شده در داشبورد خودرو عمل می‌کند و در آن اطلاعاتی نشان داده می‌شوند که به هدایت صنعت ساختمان به سوی الگوی صفر- انرژی کمک شایانی می‌کنند. با این وجود، هدف از جمع‌آوری اطلاعات، مستندسازی پیشرفت‌های صورت‌گرفته در صنعت ساختمان است. یکی از دلایل ارائه‌ی این اطلاعات، توسعه‌ی یک ساختمان سبز با عملکرد بهینه به‌عنوان زیرمجموعه‌ی CBEC³ است. پس از معرفی روشی برای ارائه‌ی این اطلاعات، پرسش بعدی این است که چه شاخص‌هایی باید نمایش داده شوند.

مصرف انرژی:

- در زمان واقعی، یکپارچه و به‌صورت روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه
- تفکیک بر مبنای میزان استفاده، به عنوان مثال، میزان مصرف انرژی فن‌ها، چیلرها، چراغ‌ها، آسانسورها و غیره.
- مقادیر مرجع، CBEC³، ارزش طراحی و غیره.

در ساختمان در معرض نمایش گذاشت. برای مثال، می‌توان به یک برنامه‌ی اروپایی اشاره کرد که با اعطای برچسب EP (www.eplabel.org) به یک ساختمان، بهره‌وری کلی انرژی آن را با توجه به الگوها و مقادیر تعیین‌شده نشان می‌دهد. صدور گواهی صفر- انرژی برای ساختمان‌ها موجب طرح موضوعاتی از قبیل الزامات قانونی و زیرساخت‌های لازم برای پشتیبانی از یک سیستم درجه‌بندی می‌شود.

سنجش عملکرد واقعی ساختمان

در حالی که برچسب انرژی ساختمان یک نشانه‌ی ایستا در رابطه با عملکرد ساختمان به‌شمار می‌آید، داشبورد^۱ (می‌توان از معادل نمایشگر گرافیکی هم به‌جای داشبورد استفاده کرد) یک نشانه‌ی پویای آنی (در زمان واقعی) برای نشان دادن این شاخص است. برچسب‌های غیرپویا^۲ تصویری کلی از عملکرد ساختمان نشان می‌دهند و در اعطای گواهی ساختمان کاربرد دارند، در حالی که داشبوردهای پویا (دینامیک) مستلزم جمع‌آوری لحظه‌ای داده‌ها و گزارش اطلاعات هستند. هدف از به‌کارگیری چنین وسیله‌ای، از یک سو، ارائه‌ی بازخورد به مالکان و ساکنان ساختمان درباره‌ی عملکرد ساختمان و از سوی دیگر، فراهم ساختن معیارهای استاندارد برای گزارش عملکرد ساختمان به مخاطبان بیشتری است.

این داشبوردها برای پروژه‌های متعدد دیگری نیز توسعه یافته‌اند. ایده‌ای که در این جا قصد ارائه‌ی آن را داریم، ترکیب کنتورها و حس‌گرهای مختلف با نرم‌افزار ثبت داده‌ها در فواصل زمانی متوالی و نمایش گرافیکی برای نشان دادن چگونگی عملکرد ساختمان در هر لحظه، در بازه‌های زمانی جدید یا در درازمدت است. این عملکرد را می‌توان به صورت گرافیکی با الگوهای طراحی، الزامات

۱- dashboard (management information system) = یک واسط کاربری که با خواندن اطلاعات روی آن که به صورت گرافیکی ارائه شده است، می‌توان به صورت آنی از وضعیت فعلی مصرف انرژی ساختمان مطلع شد.

2- static

3- Commercial Buildings Energy Consumption Survey

چگونه می‌توان نظر مهندسان، سازندگان، کارشناسان طراحی و کارفرمایان را تغییر داد و آن‌ها را به استفاده از راهکارهای صفر- انرژی ترغیب کرد؟

الف. ساختار حق‌الزحمه را بر اساس عملکرد ساختمان و نه هزینه‌ی تجهیزات سازمان‌دهی کنید. پیشنهادهای قیمت را می‌توان در چندین بخش ارائه کرد و در یکی از آن‌ها، قیمت «پایه» طراحی یک سیستم بهره‌وری انرژی را پیشنهاد نمود. در بخش‌های دیگر نیز می‌توان در صورت کاهش قابل توجه هزینه‌های انرژی در طول عمر سیستم یا کل طول عمر ساختمان، پاداش‌هایی را برای طراحان و مهندسان در نظر گرفت. حق‌الزحمه‌های طراحی به عملکرد متناسب با مشخصات طراحی تعیین شده بستگی داشته و پس از تایید در قالب اسناد و مدارک مربوطه یا صورت‌حساب‌های مصرف انرژی (قبض‌های برق، گاز، ...) پرداخت می‌شوند. ممکن است لازم باشد تمهیداتی نیز در رابطه با بخش‌های دیگر طراحی، تعمیر و نگهداری و عملکرد ساختمان اندیشیده شوند.

در اغلب موارد، شرکت‌های خدمات عمومی (آب، برق، ...) برای نصب تجهیزات بهینه به مشتریان خود تخفیف می‌دهند. در صورت ارائه پیشنهاد استفاده از این تجهیزات با تخفیف مربوطه به معماران و مهندسان، بعید است آن‌ها به استفاده از این وسایل که طراحی آن‌ها در ساختمان آسان‌تر است، تمایلی نشان ندهند.

ب. آموزش دانش‌آموزان و دانشجویان درباره موضوعات و استانداردهای نوین مصرف انرژی

نسل بعدی طراحان و معماران را با روش‌ها، استانداردها و تجهیزات دارای مصرف بهینه انرژی آشنا کرده و آموزش لازم را به آن‌ها ارائه کنید.

دسترسی به حامیان مالی (اسپانسرها) و برنامه‌های آموزشی که به ترویج و ادغام علم ساختمان‌سازی و سیستم‌های مصرف بهینه انرژی در مطالب درسی قابل تدریس در رشته‌های مهندسی و معماری می‌پردازند، از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین،

• میزان تقاضای محلی برای استفاده از تسهیلات (آب، برق، گاز، ...)؛ قیمت‌ها
وضعیت سیستم:

• میزان جریان هوا، از جمله میزان ورودی هوا از خارج ساختمان
• دمای جریان هوا
سطح خدمات:

• آسایش گرمایی: دمای خشک مخزن، رطوبت نسبی (RH)،
سرعت جابه‌جایی هوا، مکان‌های مختلف در ساختمان
• سطح آلاینده‌های داخل ساختمان، برای نمونه، دی اکسید کربن و ذرات ریز و درشت
• تعداد ساکنان
شرایط خارج از ساختمان:

• دمای هوا
• سرعت و جهت باد
• سطح آلاینده‌های محیطی: ذرات ریز و درشت، اوزن و غیره.
• عملکرد غیرمرتبط با انرژی ساختمان
• میزان مصرف آب در داخل و خارج از ساختمان
• خروجی فاضلاب

◀ پژوهش‌های مورد نیاز برای ساختمان‌های صفر- انرژی

به‌منظور تهیه‌ی یک راهنمای طراحی برای سال ۲۰۲۰، پژوهش‌هایی باید در حمایت از ساختمان‌های صفر- انرژی انجام شوند. این پژوهش‌ها شامل همه‌ی جنبه‌های صنعت ساختمان می‌شوند، از جمله، پوسته (سطح) خارجی ساختمان، تجهیزات مکانیکی، روشنایی، گرمایش، سرمایش و موارد مشابه دیگر. افزون بر جنبه‌های مرتبط با ساختمان، فرآیند طراحی باید به‌دقت آزمایش شود تا از صفر- انرژی بودن ساختمان اطمینان حاصل شود. در ادامه، به برخی موضوعات پژوهشی دارای اولویت که برای راهنمایی و کمک به طراحی ساختمان‌های صفر- انرژی لازم هستند، اشاره خواهد شد.

د. به کارکنان بخش تعمیر و نگهداری آموزش‌های لازم را ارائه کرده و دلیل استفاده از سیستم‌های پیشرفته فنی را به همراه روش‌های مدیریت و نگهداری از آن‌ها توضیح دهید.

زمان، بودجه، آموزش و سهولت استفاده (از جمله، سادگی استفاده از رابط‌های رایانه‌ای) ملاحظات هستند که باید به‌عنوان عوامل موثر و ضرابی در جریان محاسبه هزینه سیستم‌ها مورد توجه قرار گیرند.

ه. به ترویج طراحی میان‌رشته‌ای (به عبارت دیگر، طراحی یکپارچه مکانیکی، الکتریکی و معماری) بپردازید.

تخصص‌های مکانیک، برق و معماری معمولاً از منابع مختلف تامین می‌شوند و در اغلب موارد، سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) در مرحله بعد از پیاده شدن نقشه‌های معماری، طراحی می‌شوند. این عدم پیوستگی در نتیجه نبود تجربه در طراحی یکپارچه، ترس از به‌وجود آمدن ریسک‌های مالی جدید به‌دنبال تغییر فرایندهای طراحی و وجود معیارها و دیدگاه‌های متضاد درباره این که چه چیزی موجب شکل‌گیری یک ساختمان دارای عملکرد بهینه می‌شود، تشدید می‌گردد.

یک راهبرد برای ترویج طراحی میان‌رشته‌ای، ارزیابی مجموع ارزش فعلی و هزینه سکونت در ساختمان به‌عنوان یک هدف مالی است. این کار می‌تواند به تطبیق اهداف طراحی کمک کرده و زمینه را برای یکپارچه‌سازی اطلاعات مکانیکی و الکتریکی و تشویق تبادل اطلاعات، شفافیت و ارتباط میان رشته‌هایی که در حال حاضر بر تخصص انحصاری تاکید می‌ورزند، مساعد کند.

و. آموزش کارفرمایان/مشتریان در رابطه با ساختمان‌های صفر - انرژی و تشویق آن‌ها به تقاضا برای طراحی چنین ساختمان‌هایی.

۱- مخالفت با طراحی سیستم‌های تهویه (HVAC) بیش از حد بزرگ با این منطق که ساکنان احتمالی آبی ساختمان ممکن

به حمایت از مطالب و عناوین درسی‌ای بپردازید که در آن‌ها دوره‌های آموزشی درباره این سیستم‌ها گنجانده شده و به نحو مناسبی دانشجویان را با مفهوم بهره‌وری انرژی آشنا می‌کنند.

ج. آموزش سازندگان و تامین‌کنندگان مالی (سرمایه‌گذاران) سازندگان و سرمایه‌گذاران از انگیزه بالایی برای کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و دستیابی به حداکثر سود و فروش برخوردارند. معمولاً، آن‌ها انگیزه کمتری برای سرمایه‌گذاری در زمینه سیستم‌های دارای بهره‌وری انرژی دارند زیرا در حال حاضر، سودی از صرفه‌جویی آتی انرژی نصیب آن‌ها نمی‌شود. با اصلاح روش‌های حسابداری می‌توان تصویر درستی از هزینه‌های سرمایه‌ای این سیستم‌های برتر و نرخ‌های تخفیفات مربوطه را به آن‌ها ارائه کرد. به همین منظور، می‌توانید برای وکلا، وام‌دهندگان تجاری، مشاوران سرمایه‌گذاری، ارزیابان و سازندگان موضوعات محوری زیر را روشن کنید:

۱- اجتناب از هزینه‌های انرژی اضافی برای امور مختلف ساختمان می‌تواند ارزش ساختمان را در بازار افزایش دهد.

۲- کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای به‌وسیله استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) با سبب مناسب و بهینه‌سازی یکپارچه کل سیستم‌های ساختمانی می‌تواند موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سرمایه‌ای شود. لازم به ذکر است که بهینه‌سازی عناصر (سیستم‌های) ساختمانی به صورت مجزا می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌ها شده و نتیجه معکوسی در بر داشته باشد، در حالی که، بهینه‌سازی کل سیستم‌ها می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری و در عین حال، کاهش هزینه‌ها شود.

۳- هرگونه سرمایه‌گذاری اضافی در سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) می‌تواند به‌وسیله افزایش کارایی ساکنان ساختمان جبران شود، زیرا ارزش فعلی هزینه‌های سرمایه‌ای سیستم‌های مکانیکی موجود در مقایسه با ارزش فعلی حقوق کارکنان ناچیز به نظر می‌رسد.

است تقاضای انرژی کمتری داشته باشند. شما می‌توانید با در نظر گرفتن فضاهایی برای افزودن وسایل و تجهیزات احتمالی به ساختمان، ضمن افزایش انعطاف‌پذیری و صرفه‌جویی در سرمایه اولیه و هزینه انرژی، از افزودن اجزا و عناصر غیرلازم و بزرگ به ساختمان جلوگیری به عمل آورید.

۲- افزایش آگاهی درباره ساختارهای هزینه‌ای مختلفی که می‌توانند در نتیجه طراحی بهینه موجب کاهش مخارج شوند.

ز. تنظیم قراردادهایی که شامل مجموعه کاملی از مشخصات فنی هستند و مراحل آغاز، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری، آموزش و مستندسازی به طور کامل در آن‌ها ذکر شده‌اند.

باید از ذکر عبارات مبهمی مانند «موتور با راندمان بالا» یا «شیشه با قابلیت انتشار/تشنع پایین» در قسمت مشخصات فنی اجتناب کرد. حق‌الزحمه مشاور و طول مدت برنامه زمانی طراحی نیز باید افزایش یابند تا جزئیات مشخصات اضافی و ویرایش لازم در قرارداد اعمال شوند.

ح. ساختمانی با کارایی بالا و هزینه پایین طراحی کنید.

این کار می‌تواند شامل ارزیابی طول عمر سیستم‌ها (LCA¹) و جمع‌آوری مجموعه‌هایی با بهره‌وری بالا باشد تا بدین وسیله، ضمن کاهش هزینه‌ها، عملکرد انرژی سیستم‌های ساختمانی را بهینه کرد. این کار هم‌چنین، مستلزم مشارکت فعالانه و یکپارچه تیم مهندسی در جریان طراحی شماتیک اولیه ساختمان به‌منظور هماهنگی هزینه‌های مکانیکی و بهینه‌سازی طراحی ساختمان است (به عبارتی، سرمایه‌گذاری برای استفاده از شیشه‌های بهینه‌تر می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های سیستم تهویه مطبوع شود).

ط. اجاره ساختمان، زیرا در این صورت، هم مستاجر و هم مالک می‌توانند از مزایای بهبود سیستم‌های بهره‌وری انرژی بهره‌مند شوند.

تثبیت مرزهای ساختمان

الف. اگر انگیزه اصلی، کاهش تاثیر مصرف انرژی ساختمان بر گرمایش جهانی باشد، منبع انرژی باید مشخص شود.

ب. می‌توان استاندارد را برای سنجش حجم انتشار گازهای گل‌خانه‌ای محلی (GHG²) تعیین کرد تا بدین وسیله:

۱. رقم انرژی تجدیدناپذیری که در ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، مشخص شود.

۲. ضریب تراکم منطقه‌ای گازهای گلخانه‌ای برای تشخیص مقدار خالص انتشار کربن یک ساختمان به‌همراه تاثیر منبع انرژی تعیین شود. در این ضریب باید میزان اتلاف عبور به همراه نوع منبع انرژی مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین، باید زمان روز و میزان وابستگی به نسبت حفظ (بقای) انرژی در نظر گرفته شود. استفاده از این ضریب، امکان تبدیل میزان استفاده از انرژی، منبع و انتشار آن را فراهم می‌کند.

۳. آب شرب، فاضلاب و اتصال به شبکه: میزان استفاده از آب برای ساختمان باید در شاخص مصرف انرژی ساختمان (EUI³) مد نظر قرار داده شود.

این کار به‌وسیله تعیین کمیت (حجم) آب مورد استفاده یا تولیدشده توسط ساختمان و تبدیل این مقدار به معادل انرژی صورت می‌پذیرد. ساختمان‌هایی که بیش از میزان مصرف خود، آب شرب (یا فاضلاب تمیز/خاکستری) تولید می‌کنند، باید از طریق روش اندازه‌گیری خالص طبقه‌بندی شوند.

1- Life Cycle Assessment

2- regional greenhouse gas

3- energy utilization index

بدین ترتیب، وجه فنی ساختمان‌های صفر-انرژی به همراه پروسه تامین مالی و ساخت مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

افزایش آگاهی عمومی

در اینجا، این پرسش مطرح می‌شود که آیا هر گونه سرمایه‌گذاری در جهت منافع عمومی، استفاده بهینه از منابع به‌شمار می‌آید؟ نکته اصلی این است که کاربر (ذینفع) نهایی ساختمان‌های صفر-انرژی، عموم مردم هستند. با این وجود، آیا عموم مردم -از جمله، ساکنان این ساختمان‌ها- نیروی محرکه اصلی برای اجرای ساختمان‌های صفر-انرژی (NZEBS) به‌شمار می‌آیند؟

تلاش زیادی باید صورت گیرد تا تامین مالی توسط یک نهاد یا سازمان علاقمند به پیشرفت فناوری‌های سازگار با محیط زیست صورت گیرد. این کار را می‌توان با مشارکت سازمان‌ها و انجمن‌های مختلف انجام داد.

کاهش محدودیت‌های تحمیل‌شده توسط ساختار فعلی

صنعت

طرف‌های متعددی (معماران، مهندسان، کارفرمایان، خریداران، پیمانکاران، وام‌دهندگان، مالکان و مستاجران/ساکنان) که در صنعت ساختمان مشارکت دارند، انگیزه‌های مالی متفاوت و گاه متضادی را دارند که در برخی موارد، موجب دلسردی آن‌ها از سرمایه‌گذاری در ساختمان‌های صفر-انرژی می‌شوند. به همین دلیل، حتی ممکن است پس از انجام اقدامات مرتبط با بهره‌وری انرژی در جریان طراحی پوسته (سطح خارجی) ساختمان و عایق‌بندی آن، باز هم سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) بزرگی خریداری و در آن نصب شوند. شناسایی و درک این انگیزه‌های متضاد از اولویت بالایی برخوردارند زیرا نشان‌دهنده توانایی کارشناسان ساختمانی در حمایت از انجام تغییرات در رابطه با بهره‌وری انرژی هستند.

در حال حاضر، پروژه‌هایی که دارای سیستم تصفیه فاضلاب در داخل سایت خود هستند، به شدت جریمه می‌شوند. ساختمان‌های دیگری که از سیستم‌های آب آشامیدنی و فاضلاب استفاده کرده و باری را به این شبکه‌ها وارد می‌کنند، در جریان تجزیه و تحلیل انرژی مورد محاسبه قرار نمی‌گیرند. ۴. انرژی کل (از ابتدا تا انتها)

باید تلاش زیادی صورت گیرد تا میزان کل انرژی مصرفی از ابتدا تا انتهای فرایند ساخت کاهش یابد. توسعه پایگاه داده‌های استاندارد شده به همراه اپلیکیشن‌هایی برای کمک به طراحان جهت کمک به تصمیم‌گیری آن‌ها در این رابطه، اقدامات موثری در این زمینه به‌شمار می‌آیند.

افزایش آگاهی در صنعت ساختمان

مخاطبان این راهبرد بازاریابی جوامعی هستند که از معماران، مقامات قانونی، سازندگان ساختمان‌ها، کارشناسان طراحی و ساخت و تولیدکنندگان تشکیل شده‌اند.

دو ابزار اصلی برای دستیابی به این مخاطبان، انتشار اخبار و مقالات در نشریات تجاری و تشکیل یک گروه منابع سبز است که به عنوان نهاد سخن‌گو در همایش‌ها و نشست‌های انجمن‌های مربوطه در صنعت ساختمان عمل می‌کند. این گروه باید همواره آماده باشد تا از فرصت‌هایی که در رسانه‌ها به وجود می‌آیند، برای به اشتراک گذاشتن پیام‌ها نهایت استفاده را به عمل آورند.

راهکار دیگری که در این رابطه وجود دارد، برگزاری یک کنفرانس فناوری ساختمان‌های صفر-انرژی (NZEBS) است. در این کنفرانس از سخنرانان مطلع دعوت می‌شود تا اطلاعات خود را ارائه کنند. هدف این کنفرانس آموزش و افزایش سطح آگاهی کارشناسان و افراد فعال در این زمینه، مقامات دولتی و سازندگان در ارتباط با مزایای ساختمان‌های صفر-انرژی است.

◀ مطالعه‌ی موردی شماره‌ی ۱

ساختمان دفتر مرکزی موسسه‌ی پاکارد

دفتر مرکزی موسسه‌ی پاکارد مطالعه‌ی موردی بسیار خوبی به‌شمار می‌آید: برنامه‌ریزی برای این پروژه به‌همراه مطالعات گسترده و کاملی که در حوزه‌ی مسایل مربوط به انتشار کربن و مصرف انرژی انجام شده است، یکی از بهترین ایده‌های طراحی فعلی را به خود اختصاص داده و نوآوری‌هایی را در حوزه‌ی فنآوری ایجاد کرده است که به پیشرفت مصرف بهینه‌ی انرژی در صنعت ساختمان‌سازی کمک شایانی کرده است. این پروژه استاندارد بسیار بالایی را در همه‌ی بحث‌های برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و اسکان نشان می‌دهد و الگویی برای همه‌ی ساختمان‌های صفر-انرژی دیگر به‌شمار می‌آید.

این ساختمان که در اواسط سال ۲۰۱۲ کامل شد و ساکنان در آن مستقر شدند، هم‌اکنون چند سال از عمر راه‌اندازی خود را پشت سر گذاشته و نشان داده که اهداف برنامه‌ریزی و طراحی آن با موفقیت برآورده شده‌اند. این ساختمان به‌تازگی به‌عنوان بخشی از برنامه‌ی جدی خود در راستای کسب مجوزهای معتبر، به نام «لیوینگ بیلدینگ چلنج»^۱ یک گواهی‌نامه صفر-انرژی از موسسه‌ی بین‌المللی «لیوینگ فیوچر»^۲ دریافت کرده است. همان‌طور که در مطالعه موردی بعدی نیز مشاهده خواهد شد، بحث درباره‌ی این پروژه با پیگیری قسمت‌های مختلف فرآیند هدف‌گذاری دنبال می‌شود: تعیین هدف، طراحی در راستای دستیابی به هدف، ساخت در راستای دستیابی به هدف و در نهایت، پایش، تشخیص و اصلاح. این فرآیند چهار-مرحله‌ای با دقت برای هر یک از پروژه‌هایی که در عنوان مطالعات موردی به آن‌ها پرداخته می‌شود، ذکر شده است.

- راهبردهای طراحی برای دستیابی به عملکرد صفر-انرژی (صفر-انرژی سایت)؛
- مدل‌سازی انرژی که به‌عنوان بخشی از یک رویکرد طراحی یکپارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد؛
- مقایسه‌ای با اندازه‌گیری‌های واقعی پس از اسکان و مصرف انرژی با استفاده از نتایج مدل‌سازی؛
- اطلاعات اندازه‌گیری‌شده (۱۲ ماه) طی فرآیند مقایسه‌ی مصرف انرژی ساختمان در مقابل انرژی تجدیدپذیر تولیدی در سایت، که نشان‌دهنده‌ی عملکرد صفر-انرژی است.
- هر اقدام اصلاحی که برای مرتفع ساختن مشکلات عملی مورد نیاز است و پس از اسکان در ساختمان به‌وجود می‌آید و برای دسترسی به عملکرد صفر-انرژی انجام می‌شود.

شرح کاملی از تاریخچه‌ی پروژه‌ی دفتر مرکزی موسسه‌ی پاکارد و همچنین، سایر جنبه‌های طراحی ساختمان پایدار را می‌توان در گزارشی^۳ که خود موسسه تهیه کرده است و در وبسایت آن قابل دسترسی است، مشاهده کرد.

پیشینه

بحث پیرامون طراحی یک دفتر مرکزی برای موسسه‌ی دیوید و لوسیل پاکارد در سال ۲۰۰۶ و برنامه‌ی ساخت آن به‌طور جدی در سال ۲۰۰۸ آغاز شد. از آن جا که این موسسه از فعالان اعطای کمک‌هزینه به پروژه‌های حفاظت از محیط زیست و علوم به‌شمار می‌آید و تاکید ویژه‌ای بر فعالیت‌هایی دارد که باعث کاهش انتشار کربن در سطح جهان می‌شوند، دستیابی به سطح بالایی از طراحی پایدار را از جمله اهداف اصلی خود قرار داده است. این اهداف شامل پیشی گرفتن از

1- The Living Building Challenge

2- International Living Future Institute (ILFI)

۳- تپ، رابرت. ایچ، "پایداری در عمل - ساخت و راه‌اندازی پلاک ۳۴۳ در خیابان دوم"، موسسه‌ی دیوید و لوسیل پاکارد، اکتبر ۲۰۱۳
<http://www.packard.org/about-the-foundation/our-green-headquarters/>

شکل شماره ۷ - نقشه طبقه هم‌کف ساختمان مرکزی موسسه پاکارد



- ۱- دفتر
- ۲- آشپزخانه
- ۳- سالن همایش روباز
- ۴- سالن استراحت کارکنان
- ۵- سراسرای ورودی
- ۶- سالن همایش
- ۷- لابی
- ۸- اتاق پذیرایی

بلوک‌های باریک اداری که به کمک حیاط‌های سبز از هم جدا می‌شوند، امکان تهویه‌ی سراسری^۳ را با استفاده از پنجره‌هایی که در تمامی فضاها اداری وجود دارند، پدید می‌آورند. شکل سایت و آرایش شبکه‌ی محلی شهری، ایجاب می‌کند که نماها نخست رو به شرق و سپس رو به غرب باشند. با در نظر گرفتن آب‌وهوای گرم این منطقه و حجم این ساختمان، استفاده مناسب از نور خورشید (روشنای روز) و تهویه هوا از طریق پنجره‌ها از اهمیت زیادی برخوردار بود.

در جریان برنامه‌ریزی، فضای اداری به دوازده قسمت تقسیم شد، که برخی از آن‌ها مستقیماً رو به سوی فضای حیاط مرکزی دارند. این تقسیم‌بندی فضایی در حقیقت یک راهکار طراحی برای امکان سازمان‌دهی برخی خدمات خاص بود که از آن جمله می‌توان به ایجاد یک ایستگاه چاپ برای کاهش تعداد چاپ‌گرهایی که عموماً در هر یک از بخش‌ها قرار می‌گیرند، اشاره کرد.

یک استاندارد «لید پلاتینیوم»^۱ در تمامی حوزه‌های پایداری و همچنین، مشخص ساختن تجهیزاتی که در مدت زمان یک سال میزان مصرف انرژی خالص آن‌ها معادل صفر است و هیچ انتشار کربنی ندارند، هستند. گزارش زیر شامل بحث گسترده‌ای پیرامون اقدامات انجام‌شده توسط این موسسه برای دستیابی به اهداف انتشار صفر کربن و عملکرد صفر-انرژی است.

برنامه‌ریزی/مفهوم

سایت این دفتر مرکزی یک بلوک مثلثی‌شکل در مرکز تجاری «لس آلتوز»^۲ در کالیفرنیا است که با مساحتی حدود ۱۵۲۴۰ متر مربع به منظور ساخت ساختمان اصلی، پارکینگ و فضاهای خارجی کاربردی مورد نیاز است. مطالعات طراحی، که شامل بررسی فرم‌های ساختمانی به منظور بهبود ویژگی‌های حرارتی و روشنایی روز می‌شود، به شکل‌گیری یک طرح دو-جناحی و دو-طبقه با حیاطی جنوبی بین دو بلوک باریک ساختمانی اداری منتهی شد.

1- LEED-Platinum
2- Los Altos
3- Cross Ventilation

چون توان عایق‌بندی و سختی بالاتر (که مانع از هدر رفتن ارزش عایق‌بندی در هنگام کار در سایت ساختمانی می‌شود) و مقاومت بیشتری در برابر کپک دارد. نتیجه کار دیواری است که ارزش عایق‌بندی آن R-24.2 بوده و اثر پل حرارتی را خنثی می‌کند.

بام نیز از سیستم عایق‌بندی مشابهی برخوردار است که در آن از یک لایه‌ی ۵ سانتیمتری عایق پشم‌شیشه‌ی سخت روی سازه و زیر سقف فلزی استفاده شده است. در نهایت، برای افزایش ارزش عایق‌بندی، صفحه‌ی بتنی روی ورقه‌ی عایق ضدآب قرار داده می‌شود تا ارزش عایق‌بندی بالایی معادل R-23 ایجاد شود. لایه‌ی عایق سخت ۲/۵ سانتیمتری که دیوار را پوشش می‌دهد، پایین‌تر از سطح کف نیز ادامه می‌یابد تا در محل پی‌ها نیز بتوان از عایق‌بندی مناسب سود جست.

پنجره‌ها تقریباً ۵۰٪ از مساحت بیرونی دیوارها را تشکیل می‌دهند که به تامین روشنایی مطلوب در فضاهای پیرامونی کمک بسیار می‌کنند. برای اطمینان از ویژگی‌های گرمایی مناسب در این بخش از پوسته‌ی ساختمان، جداره‌های پنجره شامل لایه‌های بازتابنده‌ی گرمایی هستند- دو لایه شیشه‌ی شفاف به‌همراه یک لایه‌ی بازتابنده‌ی گرمایی معلق بین آن‌ها. تحلیل مالی به‌عمل‌آمده نشان داد که این نوع پنجره می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها (از کاهش ابعاد سیستم گرمایش گرفته تا موارد پراهمیت‌تری مانند سیستم فُتولتائیک برنامه‌ریزی‌شده) شود که به‌این‌ترتیب، تأثیری بیش از جبران هزینه‌ی استفاده از پنجره‌های دوجداره‌ی معمولی اولیه دارد. (به‌طور کلی، هر اقدامی که در جهت مصرف بهینه‌ی انرژی انجام می‌شود باید در مقایسه با زمانی که از سیستم‌های معمولی تولید انرژی استفاده می‌شود، هزینه‌ی کم‌تری در بر داشته باشد).



شکل شماره ۸ - نمای جنوبی حیاط موسسه پاکارد

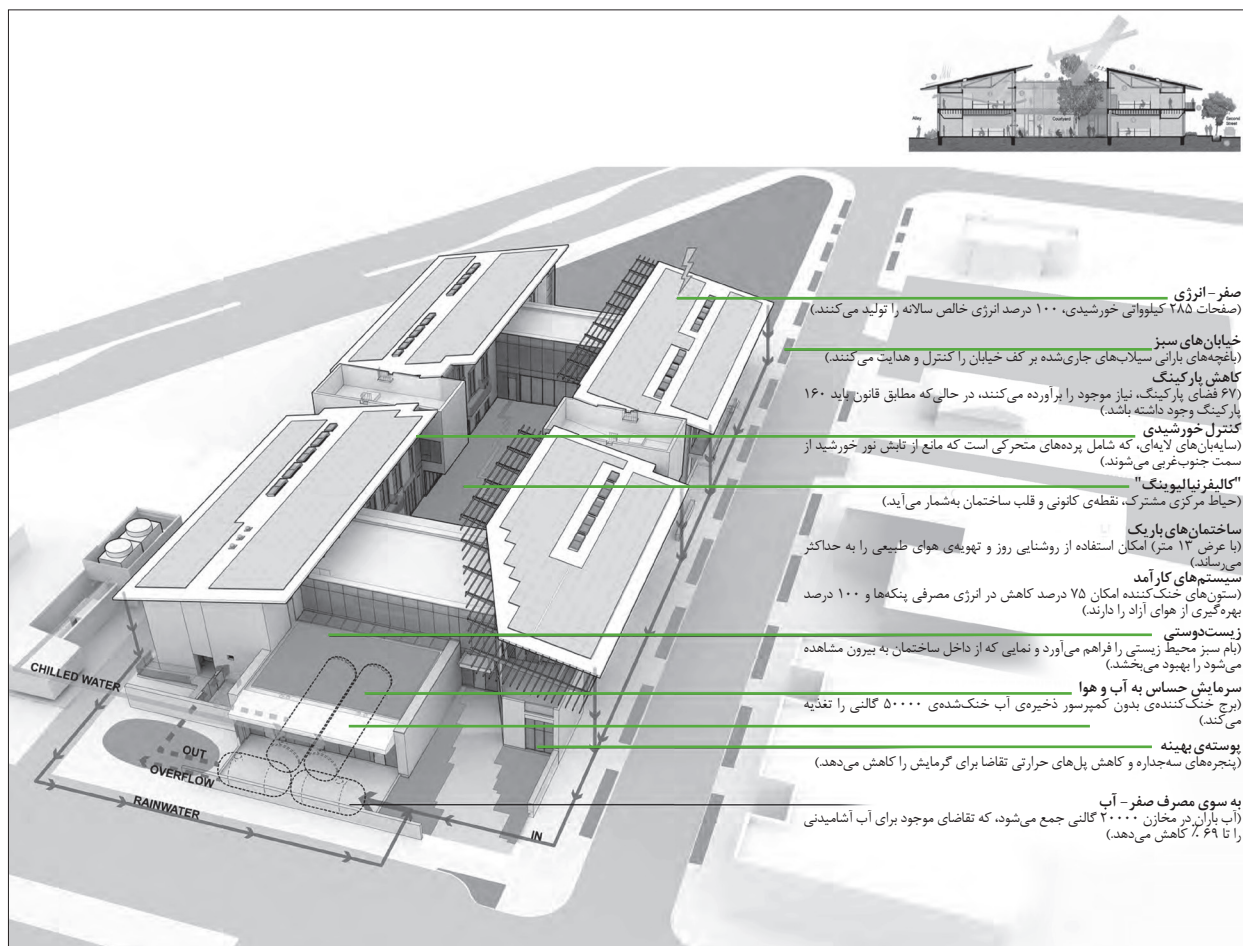
پوسته‌ی ساختمان

دیوار بلند اطراف ساختمان امکان استفاده از روشنایی روز و تهویه‌ی هوای مطبوع در فضای اداری را فراهم می‌کند، ولی در عین حال، باعث افزایش هدررفت‌های گرمایی می‌شود. تحلیل انرژی نشان داد که وقتی همه‌ی موارد در نظر گرفته می‌شوند، پوسته‌ی دارای دیواره‌ی بلند منتهی به کاهش نیاز به مصرف انرژی می‌شود.

پوسته‌ی ساختمان دو نیاز کلی را در خصوص تامین شرایط لازم برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان برآورده می‌کند: سطح بالایی از عایق‌بندی مداوم و آب‌بندی مناسب در محل اتصالات و سایر قسمت‌هایی که احتمال نشتی از آن‌ها وجود دارد. به‌منظور پیشگیری از ایجاد اثر پل حرارتی^۱ که به‌دلیل وجود المان‌های سازه‌ای متناوب و دیوارهایی که با قاب‌های چوبی طراحی شده‌اند، رخ می‌دهد، تیرهای چوبی‌ای در فواصل ۶۰ سانتیمتری از یکدیگر قرار داده شده و یک لایه‌ی ۲/۵ سانتیمتری عایق پشم‌شیشه‌ی سخت به‌طور یکپارچه روی سطح بیرونی تیرها کشیده شده است. عایق‌بندی‌ای که بین تیرها انجام می‌شود نیز از جنس پشم‌شیشه است، که به فایبرگلاس ترجیح داده می‌شود

۱- پل حرارتی یا Thermal bridge به یک رخنه در عایق‌کاری گفته می‌شود که نسبت به سطوح اطراف خود دارای ضریب انتقال حرارت بیشتری است. به‌عنوان مثال، تیرهای آهن در دیوارها به علت انتقال حرارت زیادتر نسبت به آجر و گچ اطراف یک نوع پل حرارتی هستند که باعث اتلاف انرژی گرمایی در زمستان می‌شوند.

شکل شماره ۹- قسمت‌های مختلف موسسه پاکارد با ویژگی‌های سازگار با محیط زیست



وقتی نور مستقیم خورشید به نما می‌تابد، سایه‌بان‌های بیرونی به‌طور خودکار به جهتی در مقابل پنجره‌ها می‌چرخند و طوری تنظیم می‌شوند که جلوی تابش مستقیم را بگیرند و در عین حال، روشنایی روز را به فضای داخلی منتقل کنند. عملکرد سایه‌بان‌ها همچنین این امکان را به‌وجود می‌آورد که ساکنان اتاق مورد نظر بتوانند پنجره‌ها را باز کنند تا در صورت مطلوب بودن دمای هوای بیرون، از تهویه طبیعی نیز بهره‌برند. ساکنان بر سیستم سایه‌بان داخلی نیز کنترل دارند، ولی سایه‌بان‌های خارجی با استفاده از سیستم کنترل ساختمان، کنترل می‌شوند. تغییراتی

استفاده از روشنایی روز و تنظیم سایه

از آن‌جا که جناح‌های این ساختمان طولی معادل ۱۳/۵ متر دارند، به‌واسطه فضای موجود می‌توان به‌خوبی از روشنایی مطلوب روز بهره‌برد. برای اطمینان از این‌که روشنایی روز به قسمت‌های مرکزی نیز می‌رسد، قفسه‌های روشنایی نیز اضافه شدند تا نور غیرمستقیم را نیز به داخل فضا هدایت کنند. به‌دلیل جهت‌گیری غالب شرقی- غربی نماهای دارای طول نسبتاً زیاد، قفسه‌های روشنایی نیمی از روز و در زمانی که نور مستقیم به سمت مخالف جناح ساختمان می‌تابد، به‌خوبی عمل می‌کنند.



شکل شماره ۱۰- سایه‌بان‌های ساختمان پاکارد

کاربری یک ساختمان هوشمند، به مشکلی عملکردی تبدیل می‌کند.

در حالی که سیستم‌های کنترل یکپارچه‌ی جدیدتری در حال پیدایش در این صنعت هستند، موسسه‌ی پاکارد تصمیم گرفت با در نظر گرفتن اهمیت عملکرد ساختمان در موفقیت پروژه، به طراحی سیستم‌های کنترل خودکار بپردازد. به طور کلی، محل پروژه، قلب «سیلیکون ولی»^۱ است و کارکنان بخش فناوری اطلاعات موسسه مایل بودند که چنین چالشی را بپذیرند. برای افزایش این چالش، قرار شد همه‌ی عملیات ممکن ساختمان قسمتی از سیستم کنترل خودکار باشند، به عنوان مثال، برنامه‌ریزی برای اتاق‌ها، سیستم‌های امنیتی و دیداری- شنیداری. برای ایجاد امکان کنترل آسان توسط مدیر عملیات

که در عملکرد سیستم سایه‌بان خارجی به وجود می‌آید، می‌تواند به طور جداگانه و انفرادی، با استفاده از دادن برنامه‌ی جدید به سیستم کنترل اعمال شود. با توجه به سادگی سیستم کنترل، انجام این کار نسبتاً ساده است. (رجوع کنید به بحثی که پیرامون سیستم کنترل ساختمان در صفحات بعد ارائه می‌شود).

سیستم‌های کنترل

ساختمان‌های صفر- انرژی ضرورتاً ساختمان‌های هوشمندی هستند و برای این که تا حد امکان در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود، همه‌ی ویژگی‌ها و سیستم‌های ساختمانی در آن‌ها پاسخ‌گوی تغییرات آب‌وهوایی، شرایط خورشیدی، روشنایی روز و کاربرد کاربران به طور فصلی و روزانه هستند. در ساختمان‌های امروزی که به میزان قابل توجهی در مصرف انرژی کارآمد هستند، به خصوص، ساختمان‌هایی که ابعاد بزرگ‌تری دارند، پاسخ به تغییر شرایط تا حدودی به کمک دخالت ساکنان، ولی عمدتاً به کمک سیستم‌های پیچیده‌ی کنترل ساختمانی انجام می‌شود.

هر یک از سیستم‌های ساختمانی که می‌توانند شامل روشنایی، حس‌گرهای روشنایی روز، سیستم‌های کنترل تهویه هوای مطبوع (BMS)، حس‌گرهای مونو اکسید کربن، سایه‌بان‌های خودکار یا سلول‌های فتوولتائیک تولیدکننده باشند، عموماً دربرگیرنده‌ی مجموعه پروتکل‌های پردازش منحصر به فردی برای سیستم‌های کنترل خود خواهد بود. از آن‌جا که نیاز به هماهنگی این سیستم‌ها برای اهداف پایش و گزارش اطلاعات افزایش یافته است، صنایع کنترل‌های ساختمانی، با استفاده از طراحی سیستم‌هایی که قابلیت پایش سیستم‌های کنترل تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را دارند، به این نیاز پاسخ داده‌اند. این همان فناوری مدرن است و همان‌طور که انتظار می‌رود، مسایل مربوط به برقراری ارتباط گاهی این مسئله را در مراحل اولیه‌ی

ساختمانی، رابط اینترنتی و همچنین، امکان دسترسی سایرین به اطلاعات عملکرد ساختمان طراحی شد.

امکان ایجاد نوعی احساس آسایش و خنکی را در دماهای بالاتر به وجود می‌آورد.

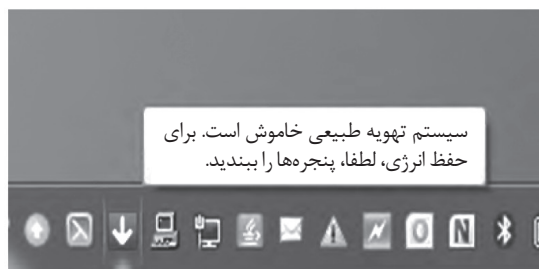
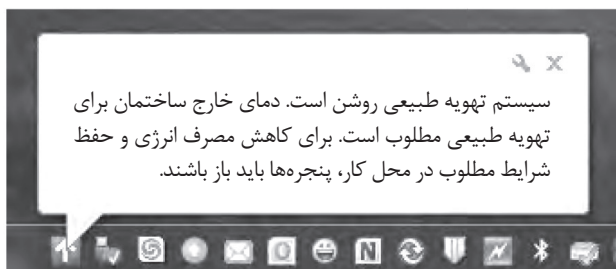
موسسه‌ی پاکارد توسعه‌ی این سیستم را به عنوان تجربه‌ای بزرگ قلمداد کرده و ارزش فنی بالایی برای آن قائل است. این موسسه همچنین، این اقدام را تلاشی برای نفوذ در حوزه‌ای از فناوری که نیازمند رشد سریع است و برنامه‌هایی برای به اشتراک گذاشتن این اطلاعات با صنعت ساختمان می‌داند تا به این ترتیب پروژه‌های صفر- انرژی آتی بتوانند از این نوع سیستم به صورتی آماده با حداقل ریسک بهره گیرند.

تهویه‌ی طبیعی

سیستم کنترل ساختمان عملکرد سایه بان‌های پنجره‌های خارجی را مدیریت می‌کند ولی ساکنان فضاهای مورد نظر بر پنجره‌های باز شو کنترل کامل دارند. سیستم HVAC قابلیت برآوردن همه‌ی نیازهای مربوط به خنک‌سازی و تهویه‌ی هوا را دارد، به نحوی که هدف از تهویه‌ی طبیعی، ایجاد نوعی احساس کنترل بر شرایط آسایش و راحتی برای کاربران و همچنین، کاهش بار سیستم سرمایش در زمان استفاده توسط ساکنان است. این وضعیت دو نتیجه‌ی خوب به همراه دارد: (۱) برداشت کاربر از یک ساختمان صفر- انرژی، ساختمانی با قابلیت تامین حداکثر آسایش است؛ (۲) نقاط تعیین شده‌ی دمای سرمایش HVAC ها می‌تواند بالاتر از حد استاندارد باشد، چرا که حرکت هوا در تهویه‌ی طبیعی

به عنوان راهنمایی برای کاربران ساختمان در خصوص این که چگونه محیط پیرامون خود را برای آسایش و مصرف انرژی کمتر مدیریت کنند، کارکنان فناوری اطلاعات موسسه‌ی پاکارد، برنامه‌های کاربردی ساده‌ای را طراحی کردند تا بتوانند آن‌ها را نسبت به تغییر شرایط بیرونی آگاه کرده و اگر مایل باشند به عنوان مشاور در خصوص اقدامات مفید از آن‌ها کمک بگیرند. در نمایشگر رایانه‌ی هر یک از ساکنان، یک نماد تصویری (گزینه انتخاب) وضعیت تهویه‌ی طبیعی وجود دارد (شکل پایین)- به صورت فلشی سبز به سمت بالا و فلشی قرمز به سمت پایین- که توسط سیستم کنترل خودکار ساختمان تنظیم می‌شود. وقتی فلش سبز دیده می‌شود، می‌توان پنجره‌ها را برای تهویه‌ی طبیعی باز کرد و زمانی که فلش قرمز دیده می‌شود، پیشنهاد می‌شود پنجره‌ها بسته بمانند. وقتی شرایط تغییر می‌کند، یک علامت، مشابه آن چه هنگام دریافت ایمیل دیده می‌شود، به عنوان هشدار روی صفحه‌ی نمایشگر پدیدار می‌شود.

این ابزار دیداری ساده، در عین حالی که دخالت کاربر را در به کارگیری سیستم‌های ساختمانی هدایت می‌کند، به ساکنان این امکان را می‌دهد تا بهترین شرایط شخصی را برای آسایش تعیین کنند.



شکل شماره ۱۱- برنامه راهنمای تهویه طبیعی در نمایشگرهای رایانه‌ای ساختمان پاکارد

سیستم‌های گرمایش، تهویه و سرمایش

سیستم‌های مکانیکی تهویه‌ی هوا بر اساس اصول استفاده از کارآمدترین نوع ابزارهای سرمایش و گرمایش و به حداقل رساندن کاربرد فن‌هایی که با استفاده از انرژی الکتریکی کار می‌کنند و جبران کاهش افت انرژی به دلیل افت فشار در داکت‌های هوایی که به موتورخانه‌ی مرکزی ساختمان وارد یا از آن خارج می‌شوند، طراحی می‌گردند.

یک پمپ حرارتی دارای منبع هوای بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هنگام گرمایش فضا، پمپ حرارتی، آب گرم را به مخازن ذخیره‌ی حرارتی بزرگ می‌رساند و از آن جا با دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به دمنده‌های هوای منطقه‌ای هدایت می‌شود. در ساعات اولیه‌ی روز، این سیستم ساختمان را تا دمایی ثابت گرم می‌کند.

در طول فصل سرمایش، یک برج خنک‌کننده‌ی ۴۸۰ تنی در هنگام شب مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از طریق سرمایش تبخیری ۵۰۰۰۰ گالن آب خنک تولید کند که با دمای ۱۴/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در یک منبع ذخیره‌ی آب خنک برای مصرف روزهای آتی ذخیره می‌شود. این عملیات سرمایش خارج از اوج مصرف، هزینه‌ی انرژی را به دلیل نرخ‌های پایین‌تر خدمات

عمومی (آب، برق، گاز...) در آن زمان کاهش می‌دهد. در شرایط اوج مصرف در سرمایش شدید، می‌توان در طول روز از چیلری ۸۰ تنی که با استفاده از آب خنک می‌شود، استفاده کرد.

برای به حداقل رساندن استفاده از فن‌هایی که با انرژی الکتریکی کار می‌کنند، به جای یک موتورخانه‌ی مرکزی در ساختمان که به داکت‌های رفت و برگشت متصل است، این سیستم از مجموعه‌ای از دمنده‌های هوای منطقه‌ای که در بالا به آن‌ها اشاره شد، استفاده می‌کند تا بتواند به‌طور منطقه‌ای هوایی ۱۰۰٪ تازه را برای سیستم توزیع ستون‌های خنک‌شده‌ی فعالی که در سقف فضای قسمت‌های مسکونی نصب می‌شوند، تامین کنند. فن‌های کوچک‌تری که در این واحدهای دمنده‌ی هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند، هوا را در نزدیکی ستون‌های خنک‌شده تزریق می‌کنند، که باعث می‌شود هوای اتاق از درون ستون خنک‌شده عبور کرده و با هوای تهویه‌شده ترکیب شود.

ترکیب هوای القاء‌شده باعث کاهش توان مورد نیاز فن در مقایسه با سایر سیستم‌های توزیع هوا شده و این امکان را فراهم می‌کند که هوای تزریق‌شده دمای بالاتری داشته باشد (۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای برج‌های خنک‌شده).



شکل شماره ۱۲- دیاگرام/نمودار سیستم مکانیکی از روی مدل Revit

فُتوولتائیک خورشیدی ۲۸۵ کیلوواتی (DC) است که دارای پانلهایی است که روی بام ساختمان و سایه‌بان پارکینگ‌ها قرار می‌گیرند. بام‌های توخالی به سمت شرق و غرب شیب دارند، ولی اُفت کارایی آن‌ها (که بین ۵ تا ۱۰ درصد تخمین زده می‌شود) در مقایسه با شیب و آرایش مطلوب آن‌ها کم است و به‌سادگی با اضافه کردن چند پانل دیگر جبران می‌شود.

روشنایی

سیستم روشنایی با کارایی بالا که از لامپ‌های T-5HO استفاده می‌کنند برای دستیابی به متوسط شدت توان روشنایی ۷۰ وات بر فوت مربع در فضاهای اداری استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرند. طراحی کلی روشنایی الکتریکی پیروی روش رابطه وظیفه و محیط^۲ است که نوعی روش هوشمند به شمار می‌آید. برای مثال، می‌توان به چراغ‌هایی که از سقف آویزان هستند یا منابع روشنایی که در هر یک از بخش‌های کاری نصب می‌شوند، اشاره کرد. در این روش تشخیص داده می‌شود که برای فضاهایی که در آن‌ها راه می‌رویم، نور کم‌تری در مقایسه با فضاهایی که در آن‌ها کار می‌کنیم، لازم است و به‌همین دلیل، از دو نوع روشنایی برای تامین حداقل نور لازم برای تامین آسایش ساکنان بهره گرفته می‌شود که این وضعیت منجر به کاهش میزان انرژی مورد نیاز برای روشن کردن کل فضای موجود می‌شود.

چراغ‌ها در واکنش به حس‌گرهای روشنایی روز کم‌نور می‌شوند و در صورت حضور افراد، با فعال شدن حس‌گرهای مادون قرمز، روشن می‌شوند. در ادارات خصوصی برای کنترل روشن و خاموش شدن چراغ‌ها هم حس‌گرهای مادون قرمز و هم حس‌گرهای فراصوتی وجود دارند. با ترکیب این دو، از تشخیص‌های اشتباه دستگاه‌های فوق حساس فراصوتی که قابلیت تشخیص ظریف‌ترین حرکت‌های صفحه کلید را هم دارند، پیش‌گیری می‌شود چرا که

در نهایت، مهندسان طراح از رویکرد چیدمان مکانیکی در طراحی *قطرهای کم‌فشار* استفاده کردند. با بهره‌گیری از اتصالات ۴۵ درجه به‌جای زانویی‌های ۹۰ درجه و انتخاب داکت‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر، به‌طور قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش فشار هوای مورد نیاز و توان (نیروی برق) مورد نیاز فن‌ها می‌شود.

بار تجهیزاتی که از برق AC استفاده می‌کنند^۱

در طول مراحل اولیه‌ی طراحی، وقتی تحلیل انرژی نشان داد که حجم بالایی از بار الکتریکی که قرار است با استفاده از سیستم فُتوولتائیک تامین شود، جزئی از بار تجهیزاتی که از برق AC استفاده می‌کنند، است، تیم طراحی متوجه شد که برای برآورد دقیق ابعاد سیستم به درک بهتری از این نوع بار نیاز دارد. به‌دنبال بررسی مفهوم سرمایه‌گذاری در مصرف بهینه‌ی انرژی برای کاهش هزینه‌ی سیستم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، روشن شد که انتخاب بهینه‌ترین تجهیزات برای ساختمان از لحاظ مصرف انرژی، می‌تواند منجر به مقرون به‌صرفه‌ترین گزینه ممکن شود.

تیم طراحی درباره‌ی تجهیزات اداری متداول (مانند رایانه‌ها، سرورها، و سایر انواع تجهیزات رایج) تحقیق کرد تا بتواند کم‌مصرف‌ترین برندها و انواع ماشین‌ها را انتخاب کند که امکان نصب آن‌ها در ساختمان جدید وجود داشته باشد. سیستم درجه‌بندی EPA مربوط به *Energy Star*[®] شاخص معتبری برای سنجش عملکرد بهینه در انرژی است. به کمک این تحقیق، مجموعه‌ای از تجهیزات مشخص شدند که بار مجموعه را حدود ۵۰ درصد در مقایسه با ساختمان‌های اداری متداول کاهش دادند.

سیستم فُتوولتائیک خورشیدی

سیستم انرژی‌های تجدیدپذیر واقع در سایت، یک سیستم

1- plug loads

2- Task/Ambient approach

«تایگر»^۱ شکل گرفت تا عملکردها را از زمان نقل مکان ساکنان به ساختمان تا مدتی پس از شروع به کار آن‌ها مدیریت کند. در این میان، اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی و برقراری ارتباط با ساکنان درباره‌ی نحوه عملکرد ساختمان نیز صورت گرفت.

نقش ساکنان/کاربران

مدیریت موسسه‌ی پاکارد تشخیص داد که نقش کاربران ساختمان در دستیابی به عملکرد صفر- انرژی به اندازه طراحان و سازندگان مهم است. تبادل اطلاعات درباره‌ی ویژگی‌ها و عملکرد ساختمان از قسمت‌های اصلی ترویج رفتار حمایتی از سوی ساکنان است.

در ابتدا، ایده‌ی مشارکت کاربر از جمله اقدامات پیشگیرانه بود که در آن از هر ۱۲ دفتری که در آغاز فرآیند برنامه‌ریزی ایجاد شدند، نماینده‌ای انتخاب شد. ایده اصلی این بود که نماینده‌ها اطلاعاتی در خصوص ویژگی‌های پایداری ساختمان‌ها و روند عملکرد آن‌ها کسب کنند و آن را با سایر همکاران خود به اشتراک گذارند. در ادامه، به دلیل کیفیت اطلاعاتی که خود ساختمان (با استفاده از صفحه‌ی نمایشگر بزرگ واقع در ورودی و همچنین، دسترسی آسان به این اطلاعات در مانیتور هر یک از کارکنان) با ساکنان مبادله می‌کرد و به دلیل آن که ساختمان سطح مشخصی از آسایش را برای ساکنان فراهم می‌کرد، مشخص شد که این موضوع به طور حاشیه‌ای حائز اهمیت است. یک نمونه از مواردی که به آن‌ها اشاره شد، نصب یک علامت نشان‌دهنده وضعیت تهویه‌ی هوای طبیعی بود که در پاراگراف‌های بالا به آن اشاره شد. لازم نیست حتماً ساکنان ساختمان با رفتاری تعیین شده به این سیستم‌ها پاسخ گویند، ولی ترجیح بر آن است که کارهایی انجام دهند که به آن‌ها احساس آرامش و راحتی بیشتری می‌دهند. این ساختمان با وجود تنوع رفتارهای ساکنان خود، به عملکردش در سطح صفر- انرژی ادامه می‌دهد.



شکل شماره ۱۳- پانل‌های فتوولتائیک بر روی بام ساختمان پاکارد

حس‌گرهای مادون قرمز نیز باید حضور فرد را در اتاق تایید کنند. از آن‌جا که در زمان طراحی این ساختمان فناوری به اندازه‌ی کافی پیشرفت نکرده بود، تجهیزات روشنایی LED برای کاربرد در این ساختمان انتخاب نشده بودند. (پیشرفت‌های اخیر صورت گرفته در فناوری می‌توانستند منجر به انتخاب ویژگی‌های متفاوتی هم برای تجهیزات روشنایی خطی معلق و هم برای تجهیزاتی که روی زمین قرار می‌گیرند، شوند.)

آزمایش نهایی ساختمان

با در نظر گرفتن میزان نوآوری در طراحی ساختمان، کل تیم پروژه روش کاملی را برای فرآیند آزمایش نهایی این پروژه برنامه‌ریزی کرد. در ابتدای کار، گروهی به نام تیم خدمات پس از اسکان برای اطمینان از عملکرد مناسب ساختمان در آغاز کار فعالیت می‌کردند. مدت کوتاهی پس از آن، یک گروه پیگیری به نام تیم

مصرف انرژی- اندازه‌گیری واقعی و مقایسه با نتایج مدل‌سازی

تیم «تایگر» و مهندس طراح ساختمان به‌طور جدی یک فرآیند ارزیابی پس از اسکان افراد در ساختمان را دنبال کردند و در سال‌های اولیه‌ی اسکان در ساختمان، مشارکت کارکنان را با هدف حفظ عملکرد صفر- انرژی افزایش دادند. پایش روزانه و عیب‌یابی، تضمین‌کننده حرکت صحیح ساختمان در مسیر دستیابی به عملکرد صفر- انرژی است. نمایشگر موجود در لابی ساختمان، که اطلاعات آن روی نمایشگرهای هر یک از رایانه‌های شخصی نیز نمایش داده می‌شود، به‌دقت مورد پایش قرار می‌گیرد تا هر گونه انحراف از مسیر صفر- انرژی مشاهده شود.

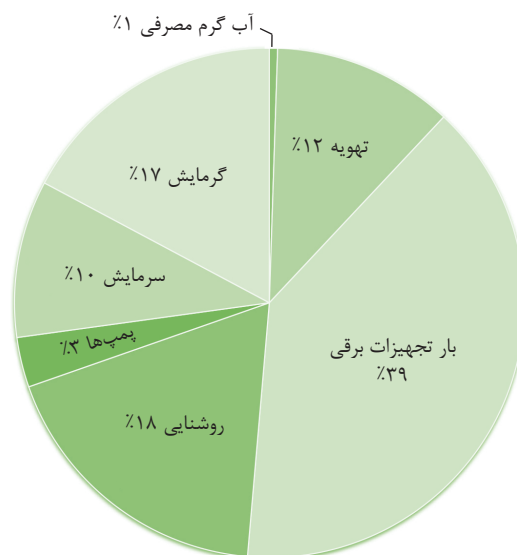
اطلاعات اندازه‌گیری‌شده برای مصرف انرژی در کل سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد که عملکرد ساختمان به‌طور کلی بسیار به پیش‌بینی مدل‌سازی نزدیک است. نکته جالب این که، مصرف انرژی برای گرمایش از آن چه در مدل‌سازی پیش‌بینی شده بود، بالاتر بود، در حالی که، انرژی مصرفی برای سرمایش کم‌تر از حد پیش‌بینی شده بود. بنا بر نظر مهندسان طراح، این الگویی است که در سایر ساختمان‌های کم- انرژی نیز مشاهده می‌شود زیرا مصرف انرژی برای گرمایش غالباً توسط برنامه‌های مدل‌سازی دست کم گرفته می‌شود. تصور بر این است که این حالت به‌دلیل آثار کلی پل حرارتی و امکان طراحی پوسته ساختمان با مقاومت کم، به‌ویژه با در نظر گرفتن کمبود فضا (فشرده‌گی) ساختمان است. شکاف‌های موجود در عایق‌ها و عدم موفقیت در بستن روزنه‌های نشستی هوا در طول مدت ساخت ممکن است منجر به افزایش بارهای گرمایش واقعی در مقایسه با آن چه در مدل‌های ایده‌آل اندازه‌گیری شده، شود.

از سوی دیگر، انرژی لازم کم‌تر برای سرمایش می‌تواند تا حدی ناشی از این فرضیه باشد که برای اطمینان از این که روی ستون‌های خنک‌شده‌ی فعال معیان رخ نمی‌دهد، ممکن است به

تحلیل طراحی و عملکرد انرژی- مدل‌سازی در برابر اقدامات اولیه پس از اسکان مصرف انرژی- مدل‌سازی

مدل‌سازی برای دفتر مرکزی موسسه‌ی پاکارد با استفاده از ورژن ۳،۶۴ برنامه eQuest انجام شد. در تحلیل نهایی، این مدل شدت مصرف انرژی (EUI) معادل ۱۹،۴ را نشان می‌داد که از قبل هم پیش‌بینی شده بود، این امکان وجود دارد که این میزان ارزش تقاضای انرژی را تنها با استفاده از پانل‌های فتوولتائیک روی بام ساختمان تامین کرد. از آن جا که تاثیر رفتار ساکنان بر تقاضای واقعی نامشخص بود، برای احتیاط و اطمینان از دستیابی به هدف عملکرد صفر- انرژی، پانل‌های اضافی دیگری روی سایه‌بان‌های قرار گرفته روی فضای پارکینگ‌های بازدیدکنندگان در نظر گرفته شدند.

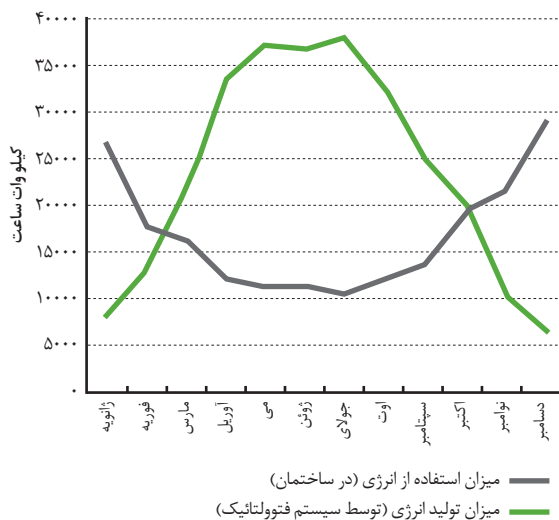
شکل شماره ۱۴- مدل‌سازی میزان انرژی مصرفی سالانه در موسسه پاکارد



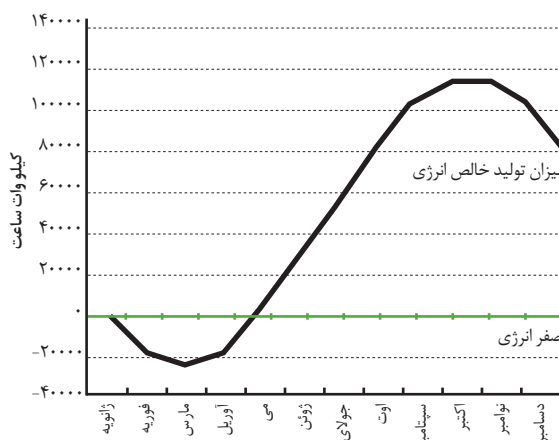
مطالعه‌ی موردی شماره‌ی ۱

به خط صفر و پایان سال خود می‌رسد، به عبارت دیگر، تعادل موجود میان مصرف و تولید انرژی در این نقطه از سال به صفر می‌رسد. با توجه به تولید خالص سالانه‌ی بالا، ساختمان دفتر مرکزی موسسه‌ی پاکارد در سال ۲۰۱۳، یک ساختمان با تولید انرژی خالص بود.

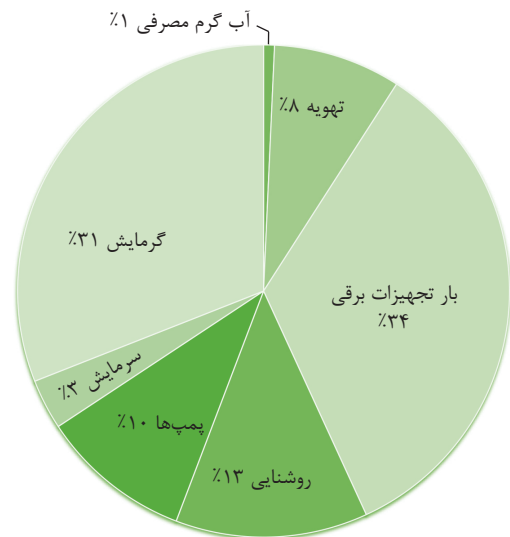
شکل شماره ۱۶- عملکرد سیستم فتوولتائیک خورشیدی در موسسه پاکارد در سال ۲۰۱۳



شکل شماره ۱۷- عملکرد انرژی خالص انباشته در موسسه پاکارد در سال ۲۰۱۳



شکل شماره ۱۵- میزان انرژی مصرفی سالانه اندازه‌گیری‌شده در موسسه پاکارد



رطوبت‌زدایی نیاز باشد. دقت و توجه ساکنان ساختمان به تهویه‌ی طبیعی و سایر اقداماتی که نیاز به سرمایش را کاهش می‌دهند نیز ممکن است عامل مهم و تعیین‌کننده‌ای به‌شمار آید.

در سال ۲۰۱۳، مشخص شد که ظرفیت اضافی تولید انرژی با استفاده از سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی که به‌عنوان تضمینی برای عملکرد صفر- انرژی مورد استفاده قرار می‌گرفتند، ضرورتی نداشت. در این سال، ایالت کالیفرنیا شرایط خشک‌سالی جدی‌ای را پشت سر گذاشت و سطح تولید انرژی بسیار بالا بود. در نمودار زیر، انرژی تجدیدپذیری که با استفاده از سیستم فتوولتائیک خورشیدی تولید می‌شود با انرژی‌ای که در سال ۲۰۱۳ در ساختمان مصرف شده است، مقایسه شده است.

منحنی انرژی خالص "متراکم/انباشته" در نمودار زیر، تعادل انرژی خالص را در گذشت سال‌ها نشان می‌دهد، در حالی که ساختمان در ابتدا مصرف انرژی بیشتری را نسبت به انرژی تولیدی در ماه‌های زمستان نشان می‌دهد، این تعادل در نیمه آفتابی سال برعکس می‌شود. یک ساختمان صفر- انرژی در دسامبر (آذر)

سیستم واحدهای دمنده‌ی هوا که در ستون‌های خنک‌شده‌ی فعال نصب شده‌اند، از هیچ ابزاری جهت بازیافت حرارت از سیستم تخلیه هوا بهره نمی‌گیرند. با تجربه‌ی به‌دست آمده پس از یک سال کارکرد، در حال حاضر، مهندسان طراحی به بازیابی حرارت به‌کمک سیستم‌های هوای مستقیم خارجی به‌عنوان بخش مهمی که لازم است در طراحی‌ها گنجانده شوند، توجه می‌کنند. مهندسان طراحی هم‌چنین به این نکته توجه دارند که ذخیره‌ی حرارتی بیشتر برای گرمایش می‌تواند منجر به بهبود عملکرد در شرایط گرمایش شود.

از لحاظ سرمایش، این موسسه در نهایت با افزایشی اندک در دمای آب خنک‌شده در حال عبور از ستون‌های خنک‌شده‌ی فعال موافقت کرد. این روش از لحاظ مصرف انرژی مقرون‌به‌صرفه‌تر و موجب کاهش مدت زمانی که رطوبت‌زدایی لازم است، می‌شود. ویژگی رطوبت‌زدایی در حال حاضر تنها در تابستان مورد استفاده قرار می‌گیرد و در فصل‌هایی که دمای هوا در نوسان است یا در زمستان از آن استفاده نمی‌شود.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: تهویه‌ی هوای طبیعی

در سال ۲۰۱۳، کاربران ساختمان، از ویژگی تهویه‌ی طبیعی مطابق برنامه بهره می‌بردند و مشخص شد که ساکنان مایل به استفاده از هوای بیرون حتی در شرایطی که دمای آن نسبتاً بالا بود، نیز بودند. در ابتدا، سیستم به ساکنانی که از سیستم پایش روی رایانه‌های خود استفاده می‌کردند، هشدار داد که وقتی دمای هوای بیرون بالاتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد است، پنجره‌ها را ببندند. همان‌طور که ساکنان به‌مرور زمان سیستم را تجربه می‌کردند، مهندس ساختمان این نقطه را برای دماهای بالاتر تنظیم می‌کرد. در حال حاضر، روزهایی وجود دارند که دمای هوای بیرون ۲۱ تا ۲۳ درجه‌ی سانتی‌گراد است و فضاهای اداری به‌طور کامل به‌صورت طبیعی تهویه می‌شوند و سیستم سرمایش مکانیکی قطع می‌شود.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: کنترل و پایش
قدرت پایش و جمع‌آوری اطلاعات این پروژه در نوع خود مثال‌زدنی است. دسترسی آسان به سیستم اطلاع‌رسانی به‌عنوان قسمتی از سیستم خودکار/توماسیون کنترل بازخوردی آنی و واقعی را به ساکنان و مهندسان مدیریت ساختمان می‌دهد. به جز عدم موفقیت اولیه در یکی از مُبدل‌های سیستم فُتوولتائیک خورشیدی، که به‌سرعت اصلاح شد، همه‌ی تبادل اطلاعات سیستم طبق برنامه پیش رفت.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: سیستم تهویه، گرمایش و کنترل هوا HVAC

مدت کوتاهی پس از اسکان افراد در ساختمان، پمپ‌های حرارتی منبع هوا از کار افتادند و باعث سرد شدن ساختمان در صبح و طرح سوالاتی در میان ساکنان ساختمان درباره‌ی رابطه‌ی این مشکل و طراحی صفر-انرژی شد. عامل این مشکل ناتوانی این نوع خاص از پمپ‌های حرارتی که از لحاظ کیفیت برای ساختمان‌های مسکونی طراحی می‌شوند، در یک کاربری تجاری مانند این ساختمان نسبتاً بزرگ بود. مقرر شد پمپ‌های حرارتی جدیدی جایگزین پمپ‌های قبلی شوند. پمپ‌های جدید این قابلیت را داشتند که مقاومت بیشتری از خود نشان دهند و بتوانند در دمای پایین‌تر عملکرد بهتری داشته باشند و از آن زمان با هیچ مشکلی مواجه نشده‌اند.

مدیریت موسسه‌ی پاکارد گزارش کرد که لازم است بحث‌هایی پیرامون این موضوع انجام شود تا این موضوع روشن شود که این پمپ‌های حرارتی بخشی از رویکرد کلی طراحی ساختمان‌های صفر-انرژی به‌شمار نمی‌آیند. با این وجود، از نقطه‌نظر مهندسان این طرح، تاثیر ناخوشایند این مشکل این بود که باوری غلط به وجود آمد و ساکنان فکر کردند ساختمان ظرفیت گرمایشی لازم را ندارد.

مُبدل‌ها این امکان را به‌وجود آورد که کنتورها، همه‌ی سطوح پایین‌تر جریان را تشخیص دهند و ارقام ثبت‌شده توسط آن‌ها مورد تایید قرار گرفتند. در نتیجه، اطلاعات عملکرد چند ماه قبلی به درد نمی‌خورد. در پایان سال ۲۰۱۳، امکان ارائه گزارشی از یک سال عملکرد ساختمان از لحاظ میزان مصرف انرژی فراهم شد.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: بار وارده

در زمان نقل مکان به این ساختمان، کارکنان بخش فناوری اطلاعات موسسه‌ی پاکارد نرم‌افزار سرور مجازی (VMWare^R) را در شبکه‌ی ساختمان تعریف کردند که تعداد سرورهای مورد نیاز برای سیستم را کاهش می‌دهد. این وضعیت به‌نوبه‌ی خود باعث شد سیستم UPS‌ای که از پیش خریداری شده بود، دارای ابعادی بزرگ‌تر از آن‌چه برای بار واقعی سرور مورد نیاز است، باشد. کارکنان بخش فناوری اطلاعات متوجه شدند که حدود یک سوم ظرفیت UPS مورد استفاده قرار نمی‌گرفت، با وجود آن که لازم بود تجهیزات به‌طور کامل شارژ شوند. در راهکاری خلافتانه برای کاهش بار، کارکنان بخش فناوری اطلاعات از برق بلااستفاده‌ی موجود برای تجهیزات دیداری- شنیداری استفاده کردند. کاهش بار می‌تواند از طریق اصلاح یک مشکل یا تولید انرژی بیشتر سیستم با استفاده از روش‌های خلافتانه باشد.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: عمومی

اندازه‌گیری و گزارش مصرف انرژی برای تنظیم عملیات ساختمان و کاهش مصرف انرژی ضروری است. این اندازه‌گیری و گزارش، شامل حجم بالایی از اطلاعات می‌شود که لازم است توسط کارکنان بخش مدیریت ساختمان کارفرما پردازش شوند. نرم‌افزار مدیریت ساختمانی که به‌خوبی تهیه شده باشد (مانند نرم‌افزاری که برای این پروژه طراحی شد) انجام این کار را به‌مراتب ساده‌تر کرده و منجر به عملکرد بهتر ساختمان‌های صفر- انرژی می‌شود. این جنبه مهم و موفقیت‌آمیز یکی از چندین جنبه‌ای است که به شکل‌گیری ساختمان‌های صفر- انرژی کمک شایانی می‌کند.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: روشنایی

در آغاز، پس از اسکان یافتن افراد در ساختمان، به‌طور آزمایشی از حس‌گرهای حساس به نور روز استفاده شد. نور چراغ‌ها در فضاهای اداری در بازه‌های زمانی کوتاهی کم و زیاد می‌شدند و این وضعیت موجب ناراحتی کاربران می‌شد. دلیل بروز این شرایط، در واقع جهت سلول‌های خورشیدی حساس به نور روز بود که بخشی از تجهیزات روشنایی به شمار می‌آمدند که با زاویه نادرستی نسبت به سطح دیوارها نصب شده بودند و وقتی چراغ‌ها روشن می‌شدند، روشن‌تر شده و وقتی چراغ‌ها خاموش می‌شدند، تیره می‌شدند. نوسان روشنایی در واقع ناشی از تغییراتی بود که در روشنایی دیوار رخ می‌داد. با تنظیم سلول‌های خورشیدی به‌شکلی که تنها بتوانند از روشنایی روز بهره ببرند، این امکان ایجاد شد که چرخش روشنایی حذف شود. هم‌چنین، مهندس طراح دریافت که دستورالعمل‌های مربوط به تنظیم سلول‌های خورشیدی در دستورالعمل‌های نصب طراحی‌شده در فروشگاه وجود ندارند.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: سیستم‌های

اندازه‌گیری انرژی

پس از سه ماه اول راه‌اندازی ساختمان، مشخص شد که کمبود اطلاعاتی در سیستم اندازه‌گیری‌ای که در ساختمان پاکارد نصب شده بود، وجود دارد. برای اندازه‌گیری مصرف کلی انرژی، یک کنتور اصلی و برای هر یک از مدارها نیز کنتور فرعی در محل تابلوی برق وجود دارند. کنتور PG&E در بخش ورودی بسیار دقیق بود و کنتورهای منفرد پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی نیز به‌درستی کار می‌کردند. تفاوت میان این دو باید معادل کل مصرف ثبت‌شده توسط کنتورهای همه مدارهای ساختمان باشد. با این‌وجود، به‌نظر می‌رسید حدود ۵٪ از اطلاعات موجود نبودند. در نهایت، مشخص شد که این موضوع ناشی از اندازه نامناسب مُبدل‌های فعلی (CT) بود که برای ساختمانی با چنین بار الکتریکی کمی، خیلی بزرگ به‌شمار می‌آمدند. تعویض این



شکل شماره ۱۸- نمایی از ساختمان کتابخانه استیونز

«مطالعه‌ی موردی شماره‌ی ۲»

کتابخانه‌ی «استیونز»^۱ در مجموعه مدرسه‌های «سِکِرِد هارت»^۲

پروژه‌های مدرسه‌ی راهنمایی و دبیرستان، نمونه‌های بسیار خوبی برای دستیابی به اهداف و عملکرد صفر- انرژی هستند چرا که غالباً یک یا دو طبقه هستند و امکان بهره‌برداری از روشنایی روز در آن‌ها به‌خوبی مهیا است و در عین حال، مساحت کافی روی سقف آن‌ها برای نصب سیستم‌های فتوولتائیک خورشیدی با ابعاد بزرگ مناسب است. این کتابخانه که کار ساخت آن در سال ۲۰۱۲ به پایان رسید و در همان سال نیز مورد بهره‌برداری قرار گرفت، بخشی از محوطه‌ی یک مدرسه است و هدف از ساخت و طراحی آن، بهره‌برداری از طرح‌های پایدار زیست‌محیطی در

محیط‌های آموزشی است.

این ساختمان در صدد است تا با شرکت در برنامه‌ی «لیوینگ بیلدینگ چَلنج»^۳ گواهی‌نامه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی دریافت کند. این ساختمان همچنین، توسط یک گروه ثالث مورد نظارت قرار می‌گیرد که تحت نظر برنامه‌ی ساختمان‌های صفر- انرژی شرکت برق و گاز «پاسیفیک»^۴ مشغول فعالیت است.

پیشینه

مجموعه مدرسه‌های «سِکِرِد هارت» برنامه‌ی ساخت یک محوطه‌ی جدید را در نظر داشتند و تا پایان پاییز ۲۰۱۲ کار ساخت چهار ساختمان جدید را تمام کردند. کارفرمای این پروژه در برنامه‌ریزی برای این ساختمان‌ها از یکی از ۵ هدف برنامه‌های

- 1- Stevens Library
- 2- Sacred Heart Schools
- 3- Living Building Challenge
- 4- Pacific Gas & Electric Company

محدودیت‌های بودجه انطباق یابد و در عین حال، برای دستیابی به عملکرد صفر- انرژی نیز موفق بود.

راهنمای طراحی کم‌انرژی برای کتابخانه‌ی استیونز

در حالی که با توجه به بودجه‌ی کم در نظر گرفته شده برای هزینه‌های ساخت، بر شکل و جزئیات استاندارد ساده ساختمان تاکید شد، مساحت گسترده‌ی سطح صاف روی بام نیز برای تعبیه‌ی سیستم فتوولتائیک خورشیدی مورد استفاده قرار گرفت. مسئله‌ی هزینه‌ها همچنین، منجر به برخی تصمیمات دیگر در حوزه‌ی طراحی شد که در ادامه شرح داده می‌شوند، ولی در جریان تلاش برای یافتن راه‌حل‌هایی برای به حداقل رساندن هزینه‌ها، عملکرد ساختمان برای مصرف انرژی کمتر به خطر نمی‌افتد. راهکارهای ساده و مستقیمی که در حوزه‌ی ویژگی‌ها و سیستم‌های مرتبط با انرژی قابل استفاده بودند به قسمتی از رویکرد طراحی این پروژه تبدیل شدند.

برنامه‌ریزی مفهومی و پوسته‌ی ساختمان

کتابخانه نیازمند یک فضای اصلی بزرگ برای قرار دادن قفسه‌های کتابخانه، صندوق‌ها و رایانه‌ها در بهترین شرایط ممکن برای به حداقل رساندن تابش‌های خیره‌کننده بود. به این ترتیب، پوسته‌ی ساختمان در حقیقت یک جعبه‌ی ساده با پنجره‌های بلند است که به دقت در جای خود قرار داده شده و تا جایی که امکان دارد در ضلع جنوبی ساختمان عقب برده شده است و چند پنجره سقفی نیز برای حداکثر بهره‌برداری از نور روز بر روی بام طراحی شده‌اند. پنجره‌های بلند با کارایی بالا شامل اجزای کاربردی می‌شوند و روبروی هم قرار می‌گیرند تا در شرایطی که هوای بیرون مناسب باشد، بتوان از تهویه‌ی متقاطع و طبیعی سود جست.

قاب‌بندی این بنا در ابتدا کاملاً به شکل سازه‌ی چوبی بود، ولی به دلایل اقتصادی به سازه‌ی فلزی تغییر یافت. برای جبران اثر پل حرارتی که در صورت استفاده از سازه‌ی فلزی رخ می‌دهد، یک

آموزشی سازمان پیروی می‌کرد: آموزش این نکته به دانش‌آموزان که آن‌ها نگهبان‌های منابع زمین هستند. برای کارفرمایی با چنین انگیزه و تمایلی، این هدف آموزشی به این معنی بود که برنامه‌ی ساخت‌وساز جدید باید مفاهیم اساسی پایداری را در بر گیرند.

تیم A/E مسئولیت داشت که این چهار ساختمان را با سطحی پایداری بالا طراحی کند و برای طراحی هر یک از آن‌ها از روند یکپارچه‌ی مشابهی بهره گرفت. طراحی صفر- انرژی برای کتابخانه‌ی جدید مدرسه هدف اولیه‌ی کارفرما نبود، بلکه نتیجه‌ی بحث‌هایی بود که پیرامون طراحی با یک تیم A/E انجام شد که خود از طرفداران طراحی ساختمان‌های صفر- انرژی بود. داشتن عملکرد صفر- انرژی و صفر- آب خالص از جمله سرمایه‌های مهم یک برنامه‌ی آموزشی به‌شمار می‌آید. این اتفاق نظر، به کمیته‌ی ساختمان کارفرما انگیزه داد و اعتماد به نفس لازم را به وجود آورد که چنین رویکردی در طراحی کاملاً عملی و بدون ریسک غیرعادی است.

در پایان، همه‌ی ساختمان‌های مورد نظر در مدرسه به صورت صفر- انرژی طراحی شدند، به طوری که فضای کافی روی بام‌ها برای نصب پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی، داکت‌هایی متصل به بام برای نصب تجهیزات آبی و فضای کافی در هر ساختمان برای اتاق تاسیسات در نظر گرفته شد. اولین ساختمانی که برای نصب سیستم‌های فتوولتائیک انتخاب و به یک ساختمان کاملاً صفر- انرژی تبدیل شد، ساختمان کتابخانه بود.

نکته مهم این که بودجه‌ی ساخت بسیار معقولی در نظر گرفته شد و هر ویژگی ساختمانی یا سیستم‌هایی که هم‌سو با رویکرد صفر- انرژی بودند (برای مثال، سیستم فتوولتائیک خورشیدی) در محدوده بودجه‌ی تعیین شده انتخاب شدند و هیچ هزینه‌ی اضافی برای ویژگی‌های صفر- انرژی صرف نشد. نتیجه کار، یک رویکرد طراحی معماری بسیار ساده بود که توانست به خوبی با



شکل شماره ۱۹- نمای جنوب غربی کتابخانه استیونز

می‌شود. این ویژگی‌ها ارزش U و ضریب گرمای خورشیدی (SHGC) پایینی معادل ۰/۲۸ را تامین می‌کنند، درحالی‌که امکان انتقال نور مرئی به میزان ۶۴٪ وجود دارد.

روشنایی روز و روشنایی الکتریکی

روشنایی سقفی با بهره‌گیری از تعدادی لوله‌ی خورشیدی در سقف، که برای پیش‌گیری از اثر سایه با دقت بین پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی قرار داده شدند، تامین شد. تجهیزات روشنایی فلورسنت خطی مستقیم و غیرمستقیم با بهره‌وری بالا به‌طور مداوم در واکنش به روشنایی موجود روز کم‌نور می‌شوند، هر چند کارکنان می‌توانند به‌طور دستی شدت نور این تجهیزات را تنظیم کنند.

گرمایش، سرمایش، تهویه

بودجه‌ی ساخت پایینی که برای این پروژه در نظر گرفته شده بود، محدودیت‌هایی را در رابطه با رویکرد استفاده از سیستم‌های تهویه‌ی هوای مطبوع (HVAC) تحمیل کرد. یک سیستم سرمایش و گرمایش تابشی که از یک پمپ حرارتی و جریان آب

لایه‌ی ۲/۵ سانتیمتری عایق محکم و یکپارچه غیر قابل نفوذ بر روی دیوارها و یک لایه‌ی عایق ۵ سانتیمتری نیز بر روی بام کشیده شد. نتیجه‌ی کار، یک پوسته‌ی ساختمانی عایق‌بندی‌شده به‌صورت کاملاً اقتصادی و در عین حال، قابل قبول با دیوارهای R-15 و یک سقف R-38 سفید رنگ است.

در حالی که این پوسته را نمی‌توان در دسته‌بندی بسیار عایق‌بندی‌شده قرار داد، عایق‌بندی آن برای پایین نگه داشتن نیاز کل انرژی و تامین آن با استفاده از پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی دارای کارایی بسیار بالا که روی بام نصب می‌شوند، کافی است. به‌طور کلی، مقرون‌به‌صرفه‌تر است که با استفاده از روش‌های بهینه در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود تا این‌که با استفاده از پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی انرژی تولید شود. در این مورد، از آن‌جا که هر نوع انرژی تولیدی مازاد را می‌توان در آینده برای سایر ساختمان‌ها مورد استفاده قرار داد، بیشترین تعداد ممکن پانل‌های فتوولتائیک روی سقف نصب شدند.

توجه خاصی به جزئیات و شرایط موجود در قسمت‌هایی که احتمال بروز شکاف‌هایی در سیستم عایق‌بندی وجود داشت (در مناطق اتصال کف به دیوارها و دیوارها به سقف) و عایق‌بندی کل پوسته‌ی ساختمان مبذول شده بود تا از نشتی‌های نامطلوب هوا جلوگیری به عمل آید. عایق‌بندی این شکاف‌ها از اقدامات مهمی است که در حوزه‌ی بهره‌وری می‌توان انجام داد تا بارهای گرمایش و سرمایش را در سطح پایینی نگه داشت.

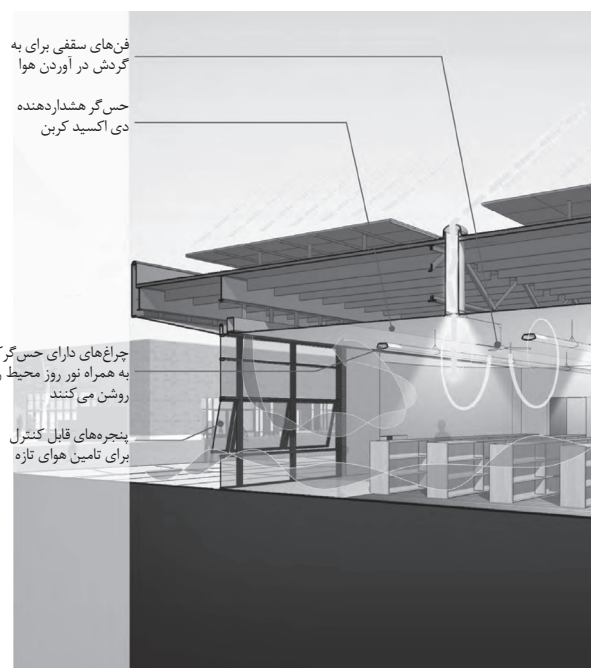
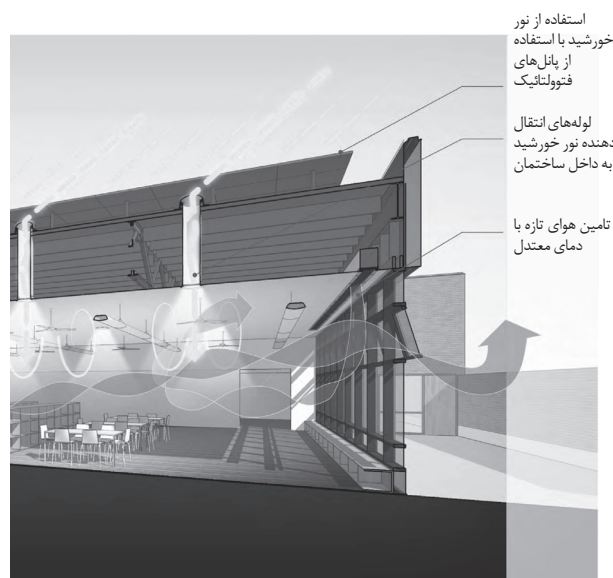
چندجداره کردن پنجره‌ها از اقدامات مفیدی است که در آن از سیستم‌های دوجداره‌ی بی‌رنگ با انتشار گرمایی کم (Solarban 70XL) به‌همراه یک لایه‌ی شیشه‌ی معمولی شفاف استفاده

۱- U-factor یا U-value به معنای ضریب انتقال گرمای کلی است که نشان می‌دهد یک عنصر ساختمانی تا چه حد می‌تواند گرما را هدایت کند. به عبارت دیگر، نرخ انتقال گرما (بر حسب وات) در یک متر مربع سازه تقسیم بر اختلاف دما در نقاط مختلف سازه.

مهندسان تصمیم گرفتند تا از تهویه گردشی^۲ برای جابه‌جا کردن هوا از طریق فضاهای وسیع و باز استفاده کنند. برای جابه‌جا کردن هوا، به‌جای استفاده از فن‌هایی که مصرف انرژی بالایی دارند، سیستم از فن‌های کوچک استفاده می‌کند و هوا را از طریق نازل‌های هوای کم‌سرعت در محل پنجره‌های پیرامون ساختمان تزریق می‌کند و هوا مسیر بازگشت خود را از طریق فشار طبیعی به دریچه‌های خروجی هوا پیدا می‌کند. افزون بر این، داکت‌ها در ابعاد بزرگ‌تری طراحی می‌شوند تا افت فشار کاهش داده شود و از هیچ داکتی برای بازگرداندن هوا استفاده نمی‌شود.

استفاده از این نوع سیستم برای ساختمان‌هایی با این ابعاد کوچک غیرمعمول است، ولی این کاربرد نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های دارای بهره‌وری انرژی بالا در این مقیاس از کاربری نیز امکان‌پذیر است.

سرد یا گرم که در تخت/دال بتنی جای گرفته‌اند، بهره می‌گیرند، روشی که عموماً در ساختمان‌های صفر- انرژی در چنین آب‌وهوایی بیشتر ترجیح داده می‌شود. این روش به‌دلیل بهره‌وری بالای آن و همچنین، آسایش ساکنان در سطح وسیع‌تری از نقاط تعیین‌شده برای سنجش دمای ساختمان است. از آن جا که این نوع سیستم‌ها هزینه‌ی اولیه‌ی بالاتری دارند و با توجه به این که کارفرما ترجیح می‌داد از فضایی فرش‌شده استفاده کند، تصمیم گرفته شد از یک واحد پکیج که از یک پمپ حرارتی بهینه هوا به هوا^۱ در هر دو قسمت سرمایش تبخیری مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌کند، بهره گرفته شود. این راهکار در آب‌وهوای گرم و خشک این قسمت از شمال کالیفرنیا به‌خوبی جواب می‌دهد. در روزهایی که دما خیلی بالا است، یک کمپرسور به این واحد پکیج اضافه می‌شود تا در آن روزها، سرمایش مکانیکی برای سیستم فراهم شود.



شکل شماره ۲۰ - سیستم‌های روشنایی و تهویه در کتابخانه «استیونز»

۱- air-air heat pump = نوعی پمپ گرمایی که برای گرمایش هوای خارج ساختمان را به داخل انتقال می‌دهد یا برعکس.



شکل شماره ۲۱- پانل‌های فتوولتائیک نصب‌شده بر روی بام کتابخانه «استیونز»

این ساختمان هم‌چنین، شامل سیستمی از پمپ‌هایی می‌شود که به سیستم جمع‌آوری آب باران در ساختمان کمک کرده و سیستم آبیاری را تغذیه می‌کنند. یک سیستم آب خاکستری که آب را از همه‌ی ساختمان‌های واقع در این بلوک جمع‌آوری می‌کند و به اندازه‌ی لازم آن را تصفیه می‌کند تا بتوان از آن در فلاش تانک‌های سرویس‌های بهداشتی در همه‌ی ساختمان‌ها استفاده کرد.

به‌عنوان یک سیستم مشترک، پمپ‌های آب خاکستری را می‌توان تا حدی از محاسباتی که تنها برای مصرف انرژی در کتابخانه صورت می‌گرفت، جدا کرد، به‌ویژه، با توجه به اضافه شدن پانل‌های

این سیستم مزایای دیگری نیز دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به پیش‌گیری از کوران هوا و تولید نویز در سیستم اشاره کرد چرا که هوا با سرعت پایین حرکت می‌کند. افزون بر این، هوا را می‌توان به جای ۱۳ درجه‌ی سانتی‌گراد با ۱۸ درجه تزریق کرد و به این ترتیب، امکان استفاده از هوای بیرون و سرمایش طبیعی^۱ را برای ساعات طولانی‌تری در طول سال فراهم کرد. برای تایید نهایی تاثیر مثبت بر مصرف انرژی و احساس ساکنان نسبت به آسایش گرمایی خود، فن‌های سقفی کم‌سرعتی نصب شدند. شرایط مطلوبی که به کمک این جابه‌جایی هوا به‌وجود می‌آید، امکان دسترسی به نقاط تعیین‌شده‌ی دمایی بالاتر را برای سرمایش فراهم می‌کند.

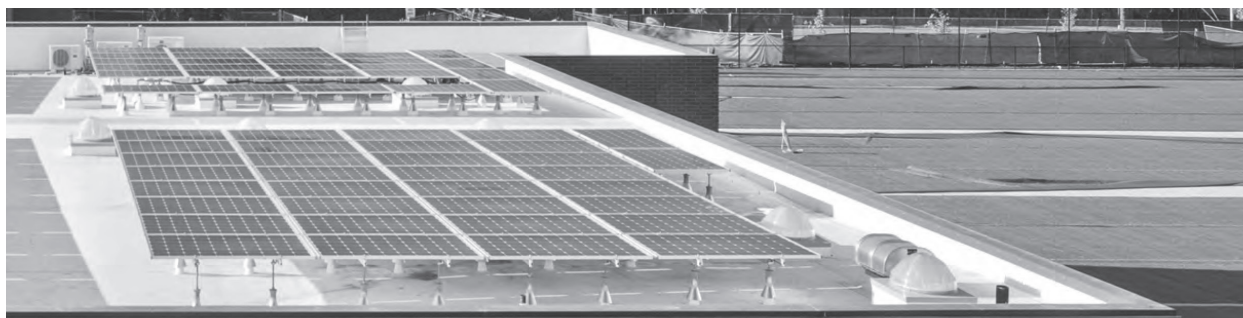
بارهای PPL و بارهای ویژه

حس‌گرهایی که حضور افراد را نشان می‌دهند به همراه تجهیزات دارای برچسب ENERGY STAR^R که برای کاربران ساختمان تامین می‌شوند، بار PPL را در این ساختمان کاهش می‌دهند. میزان استفاده از رایانه توسط این گروه از کاربران کمتر از سایر انواع ساختمان‌ها است؛ با این وجود، حتی با وجود تجهیزات و حس‌گرهای دارای مصرف انرژی بهینه، بار PPL هم‌چنان بخش قابل توجهی از کل بار الکتریکی ساختمان را به خود تخصیص می‌دهد.



PHOTO: EDWARD DEAN

شکل شماره ۲۲- پانل‌های فتوولتائیک نصب‌شده بر روی بام کتابخانه «استیونز»



شکل شماره ۲۳- پانل‌های فتوولتائیک نصب‌شده بر روی بام کتابخانه «استیونز»

نیاندازند. این اقدام هم‌چنین هم‌راستای قواعد زیبایی‌شناسی در نظر گرفته‌شده برای طراحی ساختمان توسط معمار و موسسه‌ی ساختمانی محلی بود- طبق مقررات محلی سال ۱۹۷۰ که به موجب آن نمایان بودن پانل‌های خورشیدی بر روی بام ساختمان‌ها ممنوع بود. یکی از اشکال‌های پانل‌های افقی آن است که گرد و خاک و لکه‌های آب ممکن است روی سطوح صاف جمع شوند و نیازمند نظافت مداوم باشند تا به‌این‌ترتیب، عملکرد آن‌ها در سطحی بهینه حفظ شود.

کنترل‌ها

سیستم‌های کنترل در ساختمان اساساً مستقل هستند و همه‌ی کنترل‌ها به صورت یکپارچه در هر یک از اجزاء قرار می‌گیرد و برنامه‌ریزی آن‌ها در کارخانه می‌شود. واحد پکیج ویژه‌ای که برای این ساختمان طراحی شده است، نسبتاً پیچیده و دارای سیستم سرمایش چند مرحله‌ای است، ولی به‌طور کلی، سیستم‌های کنترل کتابخانه نسبتاً استاندارد هستند.

همه‌ی سیستم‌ها (HVAC، روشنایی و کنترل‌ها) به سیستم BMS (سیستم مدیریت ساختمان) متصل هستند. با وجود آن که این سیستم‌ها مجزا هستند، ولی هم‌چنان توسط سیستم کنترل دلتا^۱ که نوعی سیستم BACNET^۲ است، کنترل و پایش می‌شوند.

فتوولتائیک خورشیدی به سایر ساختمان‌ها، محاسبات مربوط به عرضه و تقاضای انرژی در کل مجموعه‌ی دانشگاهی انجام می‌شوند تا در ساختمان‌های منفرد و به‌صورت جداگانه. با این وجود، برای این مطالعه‌ی موردی، کل انرژی اندازه‌گیری‌شده‌ی پمپ در جدول‌های عملکرد نهایی ساختمان قرار داده شده است. (این پروژه هنوز هم یک تولیدکننده‌ی خالص است.)

ذخیره‌ی انرژی تجدیدپذیر موجود در سایت: سیستم فتوولتائیک خورشیدی

سیستم ۴۰ کیلوواتی نیز در کنار پکیج HVAC و لوله‌های خورشیدی در قسمتی از سقف کار گذاشته شده است. سیستم دارای بهره‌وری بالا (۳۱۰ وات به‌ازای هر پانل) از نظر ابعاد طوری طراحی شد که بتواند فضای موجود روی بام را پر کند، با در نظر گرفتن این‌که تقاضای واقعی ساختمان ممکن است با بار پیش‌بینی‌شده تفاوت داشته باشد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان دادند که سیستم ۴۰ کیلوواتی برای ایجاد ساختمانی با عملکرد صفر- انرژی کافی بوده و نتایج اندازه‌گیری‌شده نیز نشان‌دهنده‌ی همین واقعیت بودند.

پانل‌های فتوولتائیک خورشیدی افقی هستند تا در شرایطی که در فواصل بسیار نزدیک کنار هم قرار داده شده‌اند، بر یکدیگر سایه

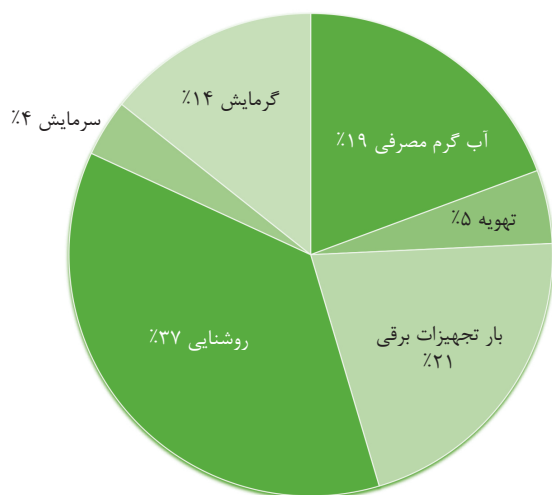
1- Delta

2- building automation and control networks = شبکه کنترل و اتوماسیون ساختمان

کتابخانه قرار نمی‌گرفت زیرا در زمان متفاوتی از زمان طراحی سیستم‌های ساختمان طراحی شده بود.

مدل‌سازی انرژی برای کتابخانه با استفاده از نسخه‌ی ۳,۶۴ eQuest انجام شد. در تحلیل نهایی، این مدل، EUI پیش‌بینی‌شده‌ی معادل 27 kBtu/sq.ft.^1 در سال را نشان داد که البته پمپ‌های بازیافت آب را در بر نمی‌گرفت، ولی به‌خوبی در دامنه‌ی ضروری برای دستیابی به یک ساختمان صفر-انرژی قرار داشت. برای برآورد بزرگی سیستم فتوولتائیک خورشیدی که باید نصب می‌شد با فرض ۱۵۰۰ کیلو وات ساعت (جریان متناوب)، از PV watts استفاده شد که در نتیجه، یک سیستم با ظرفیت تولید ۴۰ کیلو وات انرژی انتخاب شد.

شکل شماره ۲۴- میزان انرژی مصرفی سالانه کتابخانه «استیونز» در مدل‌سازی



مصرف انرژی- اندازه‌گیری واقعی و مقایسه با نتایج مدل‌سازی

در این ساختمان، کنتورهایی روی زیرسیستم‌های اصلی نصب شدند که شامل آب گرم مصرفی (DHW)، روشنایی (داخلی و

در ماه‌های اول، BMS به‌طور گسترده‌ای برای تشخیص خرابی سیستم، بهینه‌سازی زمان‌های آغاز و پایان کار و راه‌اندازی مجدد برنامه‌ها برای بهبود وضعیت آسایش ساکنان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل طراحی انرژی و عملکرد انرژی- مقایسه نتایج مدل‌سازی و عملکرد سیستم‌ها پس از اسکان افراد در ساختمان

مصرف انرژی- مدل‌سازی

تیم A/E در طراحی چهار ساختمان محوطه‌ی دانشگاه از همان فرآیند طراحی یکپارچه برای سیستم‌های آب و انرژی استفاده کرد. به همین منظور، هر یک از چهار ساختمان برای تعیین مصرف انرژی کل ساختمان مدل‌سازی شدند و سیستم‌ها و ویژگی‌های ساختمانی به‌منظور به حداقل رساندن تقاضای انرژی با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای پروژه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در همین راستا، در مراحل اولیه‌ی فرآیند تشخیص داده شد که بر اساس این اطلاعات مدل‌سازی، ساختمان کتابخانه می‌تواند به عملکرد صفر-انرژی دست یابد.

از آن‌جا که این ساختمان به دنبال دریافت گواهی‌نامه از «لیونینگ بیلدینگ چلنج» نیز بود، توجه خاصی به جمع‌آوری آب باران و طراحی سیستم آب خاکستری شد. همان‌طور که در توضیحات مربوط به سیستم ساختمان در بالا نیز اشاره شد، این سیستم بازیافت آب که تجهیزات آن در موتورخانه‌ی کتابخانه‌ی «استیونز» قرار دارد، به هر چهار ساختمان خدمات ارایه می‌کند. به این ترتیب، انرژی لازم برای کارکرد پمپ سیستم بازیافت آب در کل انرژی مصرفی این ساختمان گنجانده می‌شود. با این وجود، طی فاز طراحی پروژه، این بار در مدل‌سازی مصرف انرژی

۱- هزار واحد بریتانیایی گرما بر فوت مربع

خارجی)، بار PPL و پکیج سیستم گرمایش و تهویه (HVAC) می‌شوند. از آن‌جا که پمپ‌های بازیافت آبی که در سیستم‌های جمع‌آوری آب باران و آب خاکستری هستند، در واقع، در داخل کتابخانه‌ی «استیونز» قرار می‌گیرند و انرژی آن‌ها توسط سیستم فتوولتائیک واقع در سایت تامین می‌شود، انرژی مصرفی این پمپ‌ها اندازه‌گیری و در مصرف کل انرژی برای همه‌ی سیستم‌های واقع در مجموعه ساختمان گنجانده می‌شوند.

اطلاعات اعلام‌شده توسط مجموعه کنتورهای نصب‌شده توسط پیمانکار در سیستم مدیریت ساختمان (BMS) ثبت می‌شوند. یکی از مشکلات رایج این رویکرد استاندارد، روش اندازه‌گیری آن است، زیرا ممکن است BMS به گونه‌ای برنامه‌ریزی نشده باشد که همه‌ی اطلاعاتی را که در دوره زمانی اندازه‌گیری مهم و معنی‌دار هستند، تولید کند، در نتیجه، تفسیر و درک این اطلاعات در اغلب موارد آسان نیست. برای پروژه‌ی این کتابخانه، مجموعه‌ی دومی از کنتورهای برق نیز به‌همراه نقاط اندازه‌گیری اضافه دیگر نصب شدند که آن‌ها نیز از BMS مجزا بوده و تحت نظارت آن قرار نداشتند. این روش در کمک به مشخص شدن خطا در اولین مجموعه از کنتورها که اطلاعاتی را برای BMS ثبت می‌کردند و همچنین، ارایه‌ی تحلیلی دقیق‌تر از جایی که انرژی در ساختمان مصرف می‌شد، کمک می‌کرد.

از آن‌جا که پکیج واحد HVAC یک پمپ حرارتی است که می‌تواند در هر دو حالت سرمایش و گرمایش کار کند، مصرف انرژی در واقع ترکیبی از انرژی‌ای است که برای گرمایش، سرمایش و به‌کار انداختن فن کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. دومین مجموعه‌ی کنتورها شامل کنتور جداگانه‌ای بود که روی فن قرار می‌گرفت و انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش نیز در زمانی که پمپ گرمایی در حالت‌های گرمایش یا سرمایش قرار

داشت، به‌دست می‌آمد. به‌این‌ترتیب، انرژی مورد استفاده برای گرمایش، سرمایش یا تهویه‌ی ساده را نیز می‌شد به سه گروه جداگانه تقسیم کرد.

مقایسه‌ی نتایج مدل‌سازی با نتایج واقعی اندازه‌گیری‌شده به‌دلیل تفاوت‌هایی که بین این دو وجود دارد، جالب است، حتی با در نظر گرفتن بار اضافی که از سوی سیستم بازیافت آب تحمیل می‌شود. تفاوت‌ها به اهمیت پیش‌فرض‌های مورد استفاده در مدل‌سازی برای شدت مصرف انرژی ساکنان، برنامه‌ی زمانی و تاثیر فن‌آوری‌هایی مانند حس‌گرهای حساس به حضور ساکنان، اشاره دارند.

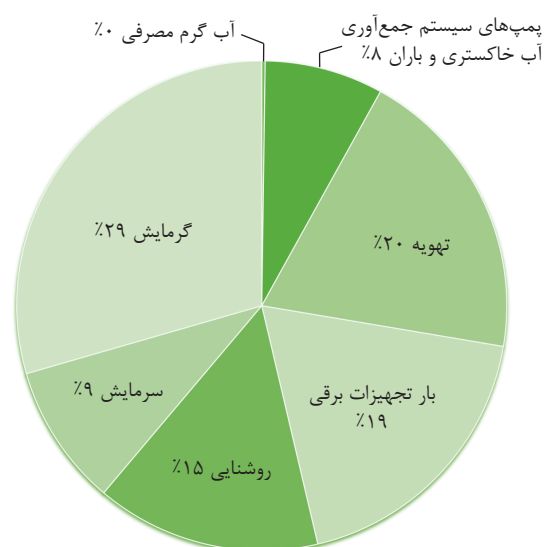
به‌عنوان مثال، در مورد مصرف آب گرم خانگی، تقاضای مورد استفاده در مدل‌سازی بر اساس نیاز جمعیت چهار ساختمان مدرسه و فرض منطقی درباره تعداد دفعات شست‌وشوی دست‌ها در ساختمان کتابخانه بود. مصرف واقعی به‌میزان قابل‌توجهی کم‌تر بود، شاید به‌دلیل زمان واقعی‌ای که در مقایسه با سایر ساختمان‌ها، در کتابخانه صرف می‌شود.

طراحی نرم‌افزار مدل‌سازی همچنین می‌تواند نتایجی را که با اندازه‌گیری‌های واقعی متفاوت هستند، تحت تاثیر قرار دهد. eQuest برای مدل‌سازی اثر روشنایی روز در مناطق داخلی با مشکل مواجه است که منجر به مصرف پیش‌بینی‌شده‌ی روشنایی‌های داخلی حتی در شرایط دریافت روشنایی روز از محل سقف می‌شود. روشنایی روز حاصل از لوله‌های خورشیدی^۱ در وسط فضای بزرگ داخلی ظاهراً به‌درستی با این نرم‌افزار مدل‌سازی نمی‌شود. در حقیقت، مصرف انرژی روشنایی واقعی، کسر کوچکی از مصرف مدل‌سازی‌شده است. الگوهای مصرف واقعی برای سیستم‌های روشنایی در سال اول ممکن است به‌طور

قابل ملاحظه‌ای با اعداد و ارقام پیش‌فرض مدل‌سازی شده متفاوت باشد.

افزون بر این، رویکرد این مدرسه در خصوص طراحی ساختمان‌های پایدار منجر به مصرف کم‌تر چراغ‌ها در مقایسه با آن‌چه در این مدل به‌عنوان پیش‌فرض در نظر گرفته شده، گردیده است؛ در حالی که، در این مدل استفاده مداوم از دیمر (کم‌نورکننده) در نظر گرفته شده است، هر گاه افراد کم‌تری در ساختمان حضور داشته باشند، کارکنان کتابخانه به‌سادگی چراغ‌ها را خاموش می‌کنند. همین حالت در خصوص بار PPL نیز مشاهده می‌شود- و این بار معادل نیمی از مصرف پیش‌بینی شده در مدل است. در حالی که برآورد بار PPL بدون داشتن اطلاعات دقیق از ابزاری که قرار است در ساختمان مورد استفاده قرار گیرد، به‌سختی قابل پیش‌بینی است، در این مورد نیز ساکنان تمایل زیادی به خاموش کردن چراغ‌ها دارند.

شکل شماره ۲۵- میزان انرژی مصرفی سالانه اندازه‌گیری شده در کتابخانه «استیونز»



دانستن این نکته جالب است که انرژی مورد استفاده توسط سیستم بازیافت آب حدود ۸٪ کل انرژی‌ای است که در ساختمان برای همه مصارف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم برای هر چهار ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین، میزان انرژی مصرفی به‌مراتب بیش از مقداری است که می‌توان در سیستم تک واحدی انتظار داشت.

نتیجه‌ی نهایی الگوهای مصرف واقعی این است که ساختمان (و ساکنان آن) در مقایسه با عدد مدل‌سازی شده‌ی $27 \text{ kBtu/sf-year}^1$ در سال با EUI بسیار پایینی، یعنی 19 kBtu/sf-year در سال کار می‌کند. با توجه به استفاده از سیستم فتوولتائیک خورشیدی با اندازه مناسب برای برآوردن نیاز سالانه‌ای معادل عدد دوم (۱۹)، نتیجه نهایی این است که در حال حاضر، ساختمان انرژی بسیار بیشتری در مقایسه با آن‌چه در مدت یک سال مصرف می‌کند، تولید می‌کند.

تولید انرژی در مقابل مصرف انرژی: عملکرد صفر-انرژی
نتایج اندازه‌گیری انرژی در اولین سال سکونت در ساختمان نشان می‌دهد که کتابخانه‌ی «استیونز» عملکردی بهتر از صفر-انرژی دارد. در حقیقت، سیستم فتوولتائیک خورشیدی بیش از انرژی‌ای که ساختمان از شبکه‌ی خدمات عمومی دریافت می‌کرد، انرژی تولید می‌کرد. در واقع، می‌توان گفت که این ساختمان به‌عنوان یک تولیدکننده‌ی خالص انرژی تجدیدپذیر عمل می‌کند. نمودار ارائه‌شده در صفحه‌ی بعد، انرژی‌ای را که هر ماه توسط سیستم فتوولتائیک خورشیدی ساختمان تولید می‌شد در مقایسه با انرژی مصرفی آن نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، در طول زمستان انرژی‌ای از شبکه‌ی سراسری دریافت و در طول تابستان انرژی به آن می‌فرستاد.

۱- هزار واحد بریتانیایی گرما بر فوت مربع در سال

تابستان، منحنی صعودی شده و مجدداً با منفی شدن تولید خالص در پاییز و زمستان نزولی می‌گردد. برای یک ساختمان صفر- انرژی، منحنی در پایان سال تنها به نقطه‌ی صفر باز می‌گردد. همان‌طور که می‌توان در نمودار مربوط به کتابخانه‌ی «استیونز» مشاهده کرد، منحنی در پایان سال، همچنان بالای صفر است که نشان‌دهنده‌ی تولید خالص انرژی در مدت زمان یک سال است.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: کنترل و پایش

وقتی دومین مجموعه‌ی کنتورهای انرژی برق نصب شدند، مغایرتی میان مقادیر ثبت‌شده در آن‌ها و اطلاعاتی که توسط سیستم BMS ثبت می‌شد، وجود داشت. مشخص شد تفاوت به‌وجود آمده به‌دلیل وجود مُبدل‌های جریان (CTs) اولین مجموعه‌ی کنتورها بودند، خطایی که در پایش‌های ساختمان‌های با سطح پایین مصرف انرژی بسیار رایج است. زمانی که این کنتورها تعویض شدند، نتایج به‌دست‌آمده از دو مجموعه کنتورها منطبق شدند.

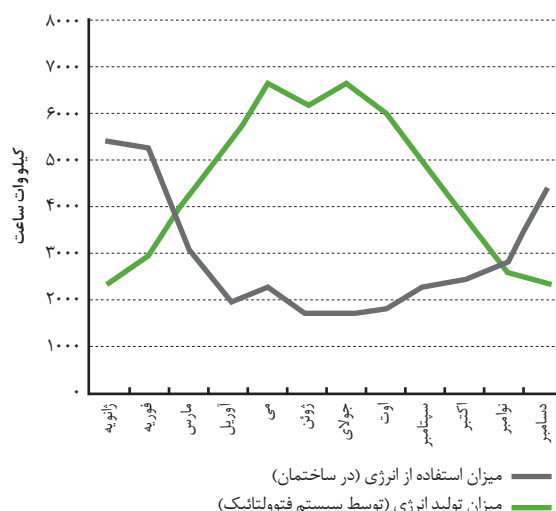
از ابتدای کار، دو خطای آشکار در سیستم‌های پایش و انتقال داده‌ها وجود داشت. اولین خطا در ثبت و انتقال اطلاعات از سیستم فُتوولتائیک خورشیدی و دومین خطا، انتقال اطلاعات از سه ساختمان محوطه‌ی مدرسه به نمایشگر مصرف انرژی بود.

سیستم پانل فُتوولتائیک خورشیدی در آغاز میزان انرژی مورد انتظار را تولید می‌کرد، ولی اطلاعات مربوط به آن از متناوب‌ساز (اینورتر) انتقال نمی‌یافت. این مشکل زمانی که سازنده اینورتر از کار خود کنار کشید، پیچیده‌تر شد. در نهایت لازم شد یک ماژول پایش و رابط سوم طراحی شود تا این مشکل مرتفع شود.

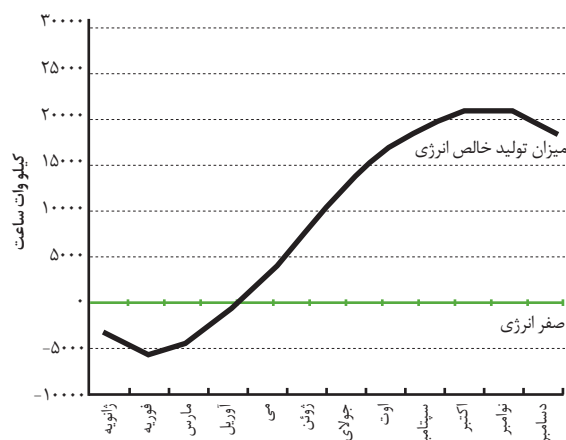
عدم موفقیت در انتقال اطلاعات از سیستم‌های BMS چهار ساختمان به صفحه‌ی نمایش واقع در کتابخانه باعث بروز

همان‌طور که در نمودار صفحه‌ی بعد نشان داده شده است، روش دیگر برای نشان دادن صفر- انرژی، محاسبه مجموع انرژی‌ای است که در طول یک سال تولید می‌شود. در این نمودار، تولید خالص هر ماه، نقطه‌ی آغاز میزان تولید خالص ماه بعد می‌شود. در ابتدا منحنی سیر نزولی دارد، چراکه تولید خالص در زمستان منفی است، سپس با افزایش استفاده از نور خورشید در بهار و

شکل شماره ۲۶- عملکرد سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی در کتابخانه «استیونز»



شکل شماره ۲۷- عملکرد انرژی خالص انباشته در کتابخانه «استیونز»



شده بود. این تفاوت فاحش نشان می‌دهد که مصرف انرژی در ساختمان‌هایی که به‌خوبی از روشنایی روز بهره می‌برند غالباً در مدل‌سازی بالاتر از حد واقعی برآورد می‌شود. ظاهراً، این مسئله نتیجه‌ی پیچیدگی تعاملاتی است که میان سیستم روشنایی، روشنایی روز و حسگرهای مربوط به حضور ساکنان صورت می‌گیرد: نرم‌افزار طراحی روشنایی پیشرفته در دستان یک مدل‌ساز حرفه‌ای می‌تواند نتایج فوق‌العاده‌ای به همراه داشته باشد، ولی نرم‌افزار مدل‌سازی انرژی شامل این سطح از پیشرفتگی نمی‌شود.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: عمومی

انتظار مالکان و کاربران این است که دوره آزمایشی آغاز به کار و اسکان افراد در ساختمان باید به‌مدت حداقل دو فصل پس از راه‌اندازی ادامه یابد تا زمان کافی برای بررسی کامل سیستم‌های عملیاتی، ویژه، سیستم‌های کنترل و مدیریت ساختمان وجود داشته باشد. بدین ترتیب، امکان جمع‌آوری اطلاعات کافی درباره عملکرد ساختمان و انجام تنظیمات مناسب فراهم می‌شود. این مسئله در مورد کتابخانه‌ی استیونز نیز صدق می‌کرد، که در حال حاضر دو فصل کامل از شروع به کار آن می‌گذرد و فراتر از همه‌ی جنبه‌های عملکردی مورد انتظار کارایی داشته است.

نگرانی‌های اولیه برای کارفرما شد، به دلیل این که نمایش‌گر انرژی این ساختمان به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شده بود که قسمتی از برنامه‌ی تحصیلی دانش‌آموزان مقطع متوسطه باشد. به هر حال، مدت زمانی نیاز بود تا مشکل انتقال اطلاعات به‌طور کامل برطرف شود.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: HVAC

اسکان اولیه‌ی افراد در ساختمان در اواخر پاییز ۲۰۱۲ و زمستان ۲۰۱۳ صورت گرفت که شامل برخی روزهای سردتر از حالت عادی شد. در زمان‌هایی که میزان تقاضا برای گرمایش بسیار بالا بود، پمپ حرارتی ناگهان خاموش می‌شد. پس از بررسی‌های لازم مشخص شد که دستگاه کنترل داخلی خراب بود و باید تعویض می‌شد.

افزون بر این، شکایاتی درباره‌ی سرد بودن بیش از حد ساختمان در صبح وجود داشت. مشکل این بود که زمان زیادی طول می‌کشید که پمپ حرارتی از دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد (که در هنگام شب بر روی آن تنظیم شده بود) به دمای مطلوب برای روز برسد که این موضوع برای این نوع تجهیزات در مقایسه با یک دیگ بخار گازی چندان عجیب نیست. به این ترتیب، مشخص شد که ساده‌ترین و سریع‌ترین راهکار، تنظیم دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد برای شب و آغاز به کار هم‌زمان سیستم بود. افزایش دمای پمپ در شب منجر به افزایش انرژی مصرفی برای گرمایش در مقایسه با مقدار انرژی پیش‌بینی‌شده در مدل‌سازی طرح شد.

دوران پس از اسکان افراد در ساختمان: روشنایی

یکی از نتایج قابل‌توجه در اطلاعات مربوط به اولین سال عملکرد این ساختمان، پایین‌تر بودن سطح مصرف انرژی مربوط به روشنایی از مقداری بود که در مدل‌سازی انرژی پیش‌بینی شده بود: مقدار واقعی مصرف روشنایی کمتر از 1 kBtu/sf در سال بود، در حالی که در مدل‌سازی مقدار کل 10 kBtu/sf برآورد

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۱۵۱ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شونی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاهای (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کهولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۹)

- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم-انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - "تصفیه پساب صنایع لبنی" (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۱- شهر سالم - صنعت چوب و کاغذ و نقش آن در فرهنگ، اقتصاد و سیاست (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۲- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های مسکونی (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۳- شهر سالم- معماری و پرورش فکری کودکان و نوجوانان (تابستان ۱۳۷۴)
- ۳۴- شهر سالم- بازیافت زباله و مصالح ساختمانی و نقش آن در حفظ خاک و پاکسازی محیط (پائیز ۱۳۷۴)
- ۳۵- شهر ما کجاست (زمستان ۱۳۷۴)
- ۳۶- حفاظت سواحل دریا و رودخانه‌ها- معرفی روش‌های سنتی و پیشرفته (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۷- بهینه‌سازی آموزش عالی - نگاهی کوتاه بر کارکرد نظام آموزشی ایران و جهان (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۸- استفاده از ژئوگرید در راه‌ها و باند فرودگاه‌ها (بهار ۱۳۷۶)
- ۳۹- اقتصاد گردشگری (جلد اول) (زمستان ۱۳۷۶)
- ۴۰- نگرش‌هایی نوین به طراحی فضای باز اداری (تابستان ۱۳۷۷)
- ۴۱- اقتصاد گردشگری جلد دوم (فصول سوم و چهارم) (زمستان ۱۳۷۷)
- ۴۲- فهرست مطابقه‌ای عملیات اجرایی جهت تسهیل در امر نظارت (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۳- دانسته‌هایی در مورد مناطق آزاد و ویژه اقتصادی در جهان (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۴- هدایت منابع مالی و فنی غیر دولتی جهت اجرای طرح‌های عمرانی (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۵- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول شهرسازی و شهر سالم در فرهنگ ایران و اسلام (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۶- پارک انرژی‌های نو (تابستان ۱۳۷۹)
- ۴۷- فضاهای باز اداری - مدیریت تجهیزات و طراحی داخلی (پائیز ۱۳۷۹)
- ۴۸- شهرک ترافیکی کودکان (زمستان ۱۳۷۹)
- ۴۹- فضای باز اداری - استانداردهای طراحی فضاهای اداری جدا کننده‌ها، قطعات و اتصالات (زمستان ۱۳۷۹)

- ۵۰- فضای سبز- مناطق صنعتی- پارک‌های صنعتی (تابستان ۱۳۸۰)
- ۵۱- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی-جلد اول: محیط روشنایی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۲- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی-محیط‌های صوتی و حرارتی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۳- منظر سازی - جلد اول: طراحی کاشت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۴- منظر سازی - جلد دوم: آبیاری و نگهداری منظر (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۵- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد اول: تولید و کنترل حرارت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۶- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد دوم: تولید و کنترل نور و صدا (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۷- منظر سازی- جلد سوم: راهبردهای تکمیلی آراستن مناظر (بهار ۱۳۸۱)
- ۵۸- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد سوم: سیستم جامع محیطی (تابستان ۱۳۸۱)
- ۵۹- شهر سالم- توسعه (کلان شهر تهران) (تابستان ۱۳۸۱)
- ۶۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش اول: مفاهیم کلی (پائیز ۱۳۸۱)
- ۶۱- منظر سازی- جلد چهارم (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوم: مدیریت فن‌آوری اطلاعات (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش سوم: تجارت الکترونیکی (بهار ۱۳۸۲)
- ۶۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهارم: تجارت الکترونیکی "امنیت و تجارت بی‌سیم" (تابستان ۱۳۸۲۹)
- ۶۵- ساختمان‌های سبز و پایدار (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش پنجم: دولت الکترونیکی (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۷- منظر سازی- جنگل‌های مانگرو (حرا): بخش اول- کلیات (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۸- فن‌آوری اطلاعات- بخش ششم: بازاریابی الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۹- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفتم: شهرداری الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۲)
- ۷۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش هشتم: آموزش الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش نهم: دانشگاه الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دهم: سیستم‌های اطلاعاتی مدیریتی ساختمان (تابستان ۱۳۸۳)
- ۷۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش یازدهم: دانشگاه الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۳)
- ۷۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوازدهم: مدیریت پرونده‌های الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۵- فن‌آوری اطلاعات- بخش سیزدهم: دموکراسی الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهاردهم: انتخابات الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۷- فن‌آوری اطلاعات- بخش پانزدهم: حقیقت مجازی (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۸- برگزاری مناقصه‌های دولتی (تصویب شده سال ۱۳۸۳) (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۹- چین دومین مصرف‌کننده انرژی در جهان (تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۰- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش اول. تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش شانزدهم: توسعه فن‌آوری اطلاعات در روستاها (عدالت اجتماعی) (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفدهم: مدیریت ارتباط با مشتریان (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۳- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش دوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۴- مهندسی ارزش- بخش اول: اصول، مبانی و فرآیند (زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۵- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش سوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش هجدهم: پایتخت الکترونیکی- تجلی عدالت اجتماعی (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۷- مدیریت پروژه- دفتر مدیریت پروژه (بخش اول- تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۸- متدولوژی‌های کنترل پروژه (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۹- صنایع انرژی‌بر، نظریه‌ها و دیدگاه‌ها (تابستان ۱۳۸۵)
- ۹۰- آشنایی مقدماتی با ارزیابی محیط زیست (پاییز ۱۳۸۵)
- ۹۱- آشنایی با فراوری‌های گازی CNG, LPG, LNG (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۲- رهنمون‌هایی برای توسعه (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۳- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (بهار ۱۳۸۶)
- ۹۴- متدولوژی مکان‌یابی صنایع (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۵- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد دوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۶- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد سوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۷- معماری سبز، (انرژی آفتاب در معماری) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۸- معماری سبز، (انرژی زمین گرمایی) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۹- روند توسعه در خلیج فارس (نسخه چهارم) (پاییز ۱۳۸۶)
- ۱۰۰- ایران ترانزیت (بهار ۱۳۸۷)
- ۱۰۱- سوپر جاذب‌ها (راهی برای گسترش فضای سبز و مقابله با کمبود آب) (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۲- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش پنجم (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۳- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش ششم (پائیز ۱۳۸۷)
- ۱۰۴- بام سبز (پائیز ۱۳۸۷)

- ۱۰۵- احداث سامانه‌های گرمایش شهری (اردیبهشت ۱۳۸۸)
- ۱۰۶- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش هفتم (خرداد ۱۳۸۸)
- ۱۰۷- بحران جهانی و چشم‌انداز آینده (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۸- حمل و نقل همگانی (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۹- نانو فناوری ایمن (فرصت‌ها و چالش‌ها) (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۰- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش اول)
- ۱۱۱- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش دوم)
- ۱۱۲- بندر خشک (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۳- شرق ایران خاستگاه توسعه ترانزیت منطقه‌ای (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۴- صنعتی سازی ساختمان گامی بلند برای تامین مسکن مردم (زمستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۵- مدیریت هوشمند خوردگی، حفاظت کاتدیک، حفظ ثروت ملی (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۶- بیوگاز ثروتی نهفته در پسماندها (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۷- اکو هتل حرکتی جهانی به سوی گردشگری پایدار (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۸- فتوولتائیک تلفیقی، انرژی در کالبد معماری (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۹- اصلاح الگوی استقرار جمعیت، گامی به سوی توسعه پایدار (پاییز ۱۳۸۹)
- ۱۲۰- نانو فناوری در معماری (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۱- مدیریت حمل بار، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۲- بازار مسافر هوایی بین‌المللی، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۳- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان "معماری همساز با اقلیم و مشکلات ناشی از عدم توجه به آن" (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۴- شهر فرودگاهی بستر توسعه گردشگری، گامی بلند در جهت توسعه پایدار اقتصاد کشور (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۵- آرایه ضوابط و پیشنهادات طراحی برای افراد دارای کهولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت در بخش زمینی فرودگاه (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۶- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان "نور روز در معماری" (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۷- شهر فرودگاهی بستر توسعه تجارت، چشم‌انداز تجارت جهانی، چالش‌ها و فرصت‌های ایران (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۸- توسعه صنایع نوین، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور "شهر فرودگاهی بستری مناسب برای استقرار صنایع نوین" (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۹- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان "انرژی باد در معماری" (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۳۰- روند خصوصی سازی فرودگاه‌ها در جهان (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۱- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه ورزش ملی و بین‌المللی "شهر ورزشی" (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۲- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست "بخش اول" (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۳- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست "بخش دوم" (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۴- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست "بخش سوم" (تابستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۵- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه صنایع دستی (تابستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۶- خطاهای انسانی؟ حوادث سازمانی! (پاییز ۱۳۹۱)
- ۱۳۷- سیر تحول برنامه‌ریزی اقتصاد فضایی (پاییز ۱۳۹۱)
- ۱۳۸- نقش دلار آمریکا در اقتصاد جهانی، گنج‌های پنهان ۳۰ تریلیون دلاری آسیا (زمستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۹- بام سبز گامی بلند در جهت توسعه پایدار (بهار ۱۳۹۲)
- ۱۴۰- نوآوری برای تاسیسات پایانه فرودگاه (بخش اول) (تابستان ۱۳۹۲)
- ۱۴۱- نوآوری برای تاسیسات پایانه فرودگاه (بخش دوم) (تابستان ۱۳۹۲)
- ۱۴۲- چالش فراوری ایران در عرصه انرژی: توسعه بهره‌برداری از منابع نفت و گاز شیل (پاییز ۱۳۹۲)
- ۱۴۳- نوآوری برای تاسیسات پایانه فرودگاه (بخش سوم) (زمستان ۱۳۹۲)
- ۱۴۴- کشورهای مستقل هم‌سود- نگاهی به دگرگونی‌های جغرافیایی سیاسی/اقتصادی منطقه (بهار ۱۳۹۳)
- ۱۴۵- نگاهی به معماری دیجیتال و نقش رباط در ساخت و ساز و معماری (بهار ۱۳۹۳)
- ۱۴۶- نظام رگولاتوری، نظام تنظیم و حفظ منافع و مصالح ملی (دولت، تولیدکننده و عرضه‌کننده، مصرف‌کننده) (تابستان ۱۳۹۳)
- ۱۴۷- بام سبز در طراحی منظر پایدار، بخش اول (پاییز ۱۳۹۳)
- ۱۴۸- بام سبز در طراحی منظر پایدار، بخش دوم (پاییز ۱۳۹۳)
- ۱۴۹- بام سبز در طراحی منظر پایدار، بخش سوم (زمستان ۱۳۹۳)
- ۱۵۰- مشارکت عمومی-خصوصی در توسعه زیرساخت‌ها (تابستان ۱۳۹۴)
- ۱۵۱- پایداری در مدیریت پروژه (پاییز ۱۳۹۴)

نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی

ره‌شهر

- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ماه ۱۳۷۴
- ۲- بهینه‌سازی خدمات پرواز (بخش شهر سالم) - (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۳- بهینه‌سازی بار ترافیکی بزرگراه‌ها (بخش شهر سالم) (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۴- پارک انرژی‌های نو (بخش شهر سالم) - (شهریور ماه ۱۳۷۳)
- ۵- استفاده از مولتی ویزن در مراکز پرتدد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
- ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتالی (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
- ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۸- پارک پوشش: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۹- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول "شهرسازی" و "شهر سالم" در فرهنگ ایران و اسلام (بخش شهر سالم) - آبان ماه ۱۳۷۲
- ۱۰- اصول طراحی مراکز دیسپاچینگ (بخش انرژی) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۱- تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های شمالی تهران (بخش عمران آب) بهار ۱۳۷۳
- ۱۲- انتخاب محل و نوع سد براساس شرایط ژئومورفولوژی و ژئولوژی (بخش عمران آب) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۳- حقایقی در مورد شرکت‌های بزرگ (بخش تحقیق و توسعه) زمستان ۱۳۷۲

ضمناً کتاب‌های زیر توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر منتشر گردیده

است:

- ۱- بازنگری استانداردهای صنعت آب کشور با همکاری وزارت نیرو و سازمان برنامه و بودجه (۲۵ جلد)
- ۲- صرفه جویی در انرژی (۲۰ جلد)
- ۳- ترجمه کتاب "سازه پارکینگ‌های طبقاتی" (۱۳۷۲)
- ۴- ترجمه کتاب "سازه‌های آبی" (۱۳۷۳)
- ۵- تدوین کتاب "خودآموز اتوکد ۱۲" (۱۳۷۳)
- ۶- ترجمه کتاب "برنامه‌ریزی و طراحی هتل" در سال ۷۶ توسط سازمان برنامه و بودجه چاپ و توزیع شد.

۷- تدوین کتاب راهنمای برنامه‌نویسی سه بعدی OpenGL (۱۳۸۲)

۸- ترجمه کتاب "تنظیم شرائط محیطی"

۹- ترجمه کتاب "چگونه هوای پاکیزه بکاریم"

۱۰- HSE در سفر (۱۳۸۵)

۱۱- با گیاهان آب را تصفیه کنیم

۱۲- نانوفناوری برای همه (۱۳۸۷)

۱۳- درختان در منظر شهری (۱۳۸۹)

۱۴- آشنایی با راهکار مدیریت پروژه جامع (بهار ۱۳۸۹)

۱۵- کتاب آموزش نرم‌افزار Revit architecture 2009 (۱۳۸۹)

۱۶- ترجمه کتاب شهرهای فرودگاهی قرن ۲۱ (۱۳۹۰)

۱۷- منظرسازی پایدار برای همه (پاییز ۱۳۹۰)

۱۸- مواد هوشمند و فناوری نانو (کاربرد در معماری و طراحی داخلی) (۱۳۹۰)

۱۹- ترجمه شهرهای فرودگاهی جهان (۱۳۹۱)

۲۰- ترجمه هفت قانون طراحی شهری پایدار، راهبردهای طراحی برای دنیای

پُست-کُرن (۱۳۹۲)

۲۱- طراحی، برنامه‌ریزی و ساخت هتل‌ها (۱۳۹۳)

۲۲- شکل، اندازه و رنگ درختان در طراحی منظر (۱۳۹۳)

۲۳- ساختمان پایدار، اجرای سیستم‌های ساختمان (۱۳۹۳)

۲۴- نمک زدایی و تصفیه آب پیشرفته (آب شیرین کنی) (۱۳۹۴)

۲۵- گذشته و حال یک شاهکار معماری (۱۳۹۵)

کتاب‌های زیر نیز توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر در دست چاپ

است:

- ۱- پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی در زیرساخت: یک راهنمای ضروری برای سیاست‌گذاران