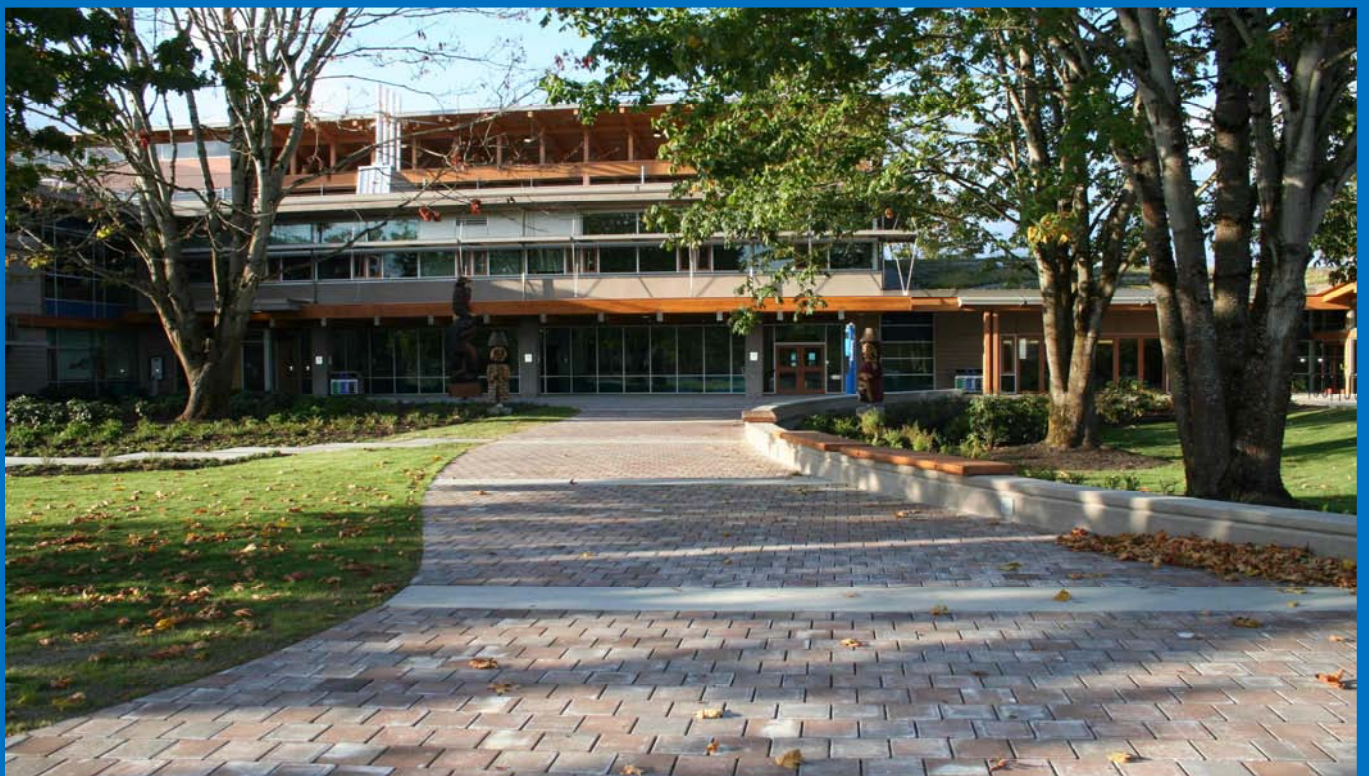


راهکارهایی برای سبز بودن

(جایزه دوم در بخش ساختمان‌های جدید آموزشی در 2013 ASHRAE AWARD TECHNOLOGY)

نویسنده: LOUISE SMITH, P.ENG., ASSOCIATE MEMBER ASHRAE

مترجم: حسین عبدی - شرکت مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی (مبنا)



ساختمان جدید دانشکده کویچان در دانشگاه Vancouver Island از انرژی زمین گرمایی، پمپ حرارتی آب به آب، هوای محیط خارج، تهویه طبیعی و سایر استراتژی‌های سبز برای کسب درجه طلایی استاندارد LEED کانادا استفاده می‌نماید.

مقدمه:

در زمان ساخت ساختمان دانشکده کویچان^۱ دانشگاه Vancouver Island واقع در ایالت بریتیش کلمبیا کشور کانادا، پایداری و سبز بودن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود. راهکارهای اصلی پروژه برپایه استفاده از سیستم‌های مکانیکی مرکزی پربازده، جداره‌های خارجی با کارایی و عملکرد بالا و طراحی مناسب روشنایی شکل گرفت. در ساختمان همچنین از روش تهویه طبیعی برای کاهش بارهای حرارتی و برودتی تاسیسات مرکزی استفاده شد. این ساختمان که دارای زیربنای ۴۴۵۰۰ فوت مربع (۴۱۳۴ مترمربع) می‌باشد، دارای فضاهای آموزشی و آزمایشگاهی، اتاق‌های کامپیوتر، کارگاه علمی، کارگاه سلامت، دفاتر اداری، دفتر اساتید و بوفه است. ساخت ساختمان جدید دانشکده کویچان در ژوئن سال ۲۰۱۱ به پایان رسید.

بهینه‌سازی مصرف انرژی

سیاست‌های سبز دانشگاه Vancouver Island بر پایه این اصل استوار است که هر گونه توسعه در فضاهای آن باید بر پایه اخذ درجه طلایی استاندارد LEED کانادا باشد. به همین دلیل ساختمان دانشکده نیز برای اخذ این درجه، از الزامات استاندارد ASHRAE/IESNA 90.1-2004 بسیار فراتر رفته است.



شکل ۱ - کلکتورهای خورشیدی انرژی حرارتی را تامین می‌نمایند که برای پیش گرمایش آب گرم مصرفی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اطمینان حاصل شود و اطلاعات لازم جهت طراحی حلقه چاه‌های حرارتی گردآوری گردید. مجموعه زمین گرمایی دانشکده شامل ۹۶ حلقه چاه با فاصله ۴.۵ متر از یکدیگر است که هر یک ۳۵ متر عمق داشته و در زمین پشت ساختمان حفر گردیده‌اند.

مجموعه زمین گرمایی به گونه‌ای طراحی شده است که ۱۰۰٪ بار سرمایشی را ساختمان را تامین نماید که معال ۶۷٪ از بار گرمایشی در حالت پیک می‌باشد. بررسی و آنالیز اولیه شرایط آب و هوایی پیرامون روز درجه‌های سرمایشی و گرمایشی مشخص نمود که این ظرفیت بهترین نرخ بازگشت سرمایه را داشته و برای تامین گرمایش در ۹۰٪ از روزهای سال کافی است. مابقی بار حرارتی مورد نیاز نیز توسط دو دستگاه بویلر چگالشی با راندمان بالا تامین می‌گردد.

جهت کاهش بیشتر مصرف انرژی، پمپ حرارتی مرکزی آب به آب نیز پیش‌بینی گردید تا بدون استفاده از چاه‌های زمین گرمایی امکان گرمایش و سرمایش همزمان را فراهم نماید. استفاده از این پمپ دو بار در سال و در فصل‌های بهار و پاییز ممکن می‌شود که فضاهای ضلع شمالی ساختمان نیاز گرمایشی و فضاهای ضلع جنوبی ساختمان نیاز سرمایشی دارد. در این طراحی و با استفاده از پمپ حرارتی امکان جذب حرارت اضافی از یک بخش ساختمان و انتقال آن به بخش دیگر مقدور شده است. این روش بهینه‌ترین روش کارکرد پمپ حرارتی آب به آب است که COP آن معادل ۷.۱ می‌باشد.

ساختمان در یک نگاه

دانشگاه Vancouver Island - دانشکده کویچان

مکان: دانکن، ایالت بریتیش کلمبیا، کانادا

مالک: دانشگاه Vancouver Island

کاربری: ساختمان آموزشی

شامل: کلاس‌ها، آزمایشگاه‌های علمی، فضاهای اداری، اتاق‌های جلسات و بوفه

کارمندان/افراد مقیم: ۶۴ کارمند، ۴۴۰ دانشجو

سطح ناخالص: ۴۱۳۴ مترمربع

فضای تهویه شده: ۳۹۹۵ مترمربع

درصد اشغال و سکونت در فضا: ۱۰۰٪

جوایز و نشان‌های ملی:

- Canadian Precast / Prestressed Concrete Institute (CPCI) - Roy Willwerth Precast Concrete Architectural Recognition Award
- Green Roof for Healthy Cities 2013 - Green Roof Award of Excellence.

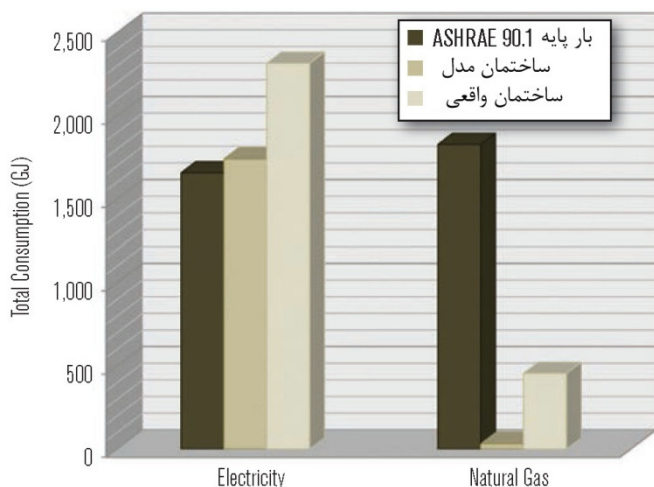
سیستم سرمایش و گرمایش مرکزی این ساختمان جدید، پمپ حرارتی مدولار ۶۰ تن تبرید (۲۱۱ کیلووات) با راندمان بالا می‌باشد که به مجموعه‌ای از چاه‌های زمین گرمایی عمودی مدار بسته متصل شده است. پمپ حرارتی زمین گرمایی در زمستان حرارت مورد نیاز از زمین تامین می‌نماید و در تابستان به عنوان منبع دفع حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد تا با انتقال حرارت به زمین سرمایش مورد نیاز ساختمان را تامین نماید. درجه حرارت تقریباً ثابت زمین و استفاده از چاه‌های زمین گرمایی منبع یکنواختی برای جذب یا دفع حرارت در طول سال را فراهم می‌نماید.

برای ساختمان دانشکده کویچان سه ماژول پمپ حرارتی هریک به ظرفیت ۲۰ تن تبرید (۷۰ کیلووات) و با دو کمپرسور در نظر گرفته شده است تا عملکرد تحت بارهای جزئی و در راندمان بالا ممکن باشد. آزمایش‌های مختلف جهت بررسی ضرایب انتقال حرارت خاک در حین طراحی انجام گرفت تا از مناسب بودن دمای زمین

مصرف واقعی انرژی ساختمان که از قبض های انرژی ژوئن ۲۰۱۱ تا می ۲۰۱۲ استخراج شده بود حدود ۲,۶۲۶,۱۸۰ کیلو بی تی یو (۷۷۰,۰۰۰ کیلووات ساعت) بوده است که معادل 59 kBtu/ft^2 (186 kWh/m^2) برای ساختمان در سال اول بهره برداری می باشد. در مقابل، شدت مصرف انرژی مدل سازی شده و پیش بینی شده سالانه برای ساختمان 38 kBtu/ft^2 (119 kWh/m^2) بود.

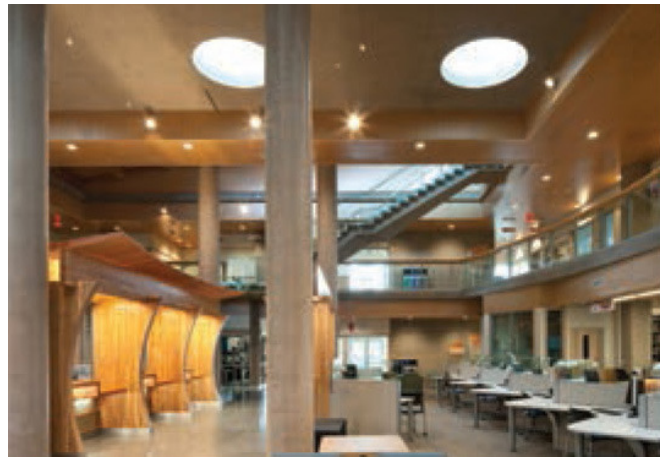
دلایل مختلفی برای این عدم انطباق بین انرژی کل مصرفی وجود دارد که از جمله آنها می توان به عدم فرض های صحیح پیرامون شرایط کارکردی در هنگام ساخت مدل انرژی ساختمان، شرایط آب و هوایی غیرطبیعی در زمان انجام مطالعات اولیه یا شرایط نامناسب بهره برداری در طول سال اول اشاره نمود.

بررسی های اولیه قبض های انرژی و اطلاعات ثبت شده کنترلی سیستم نشان داد که میزان گاز مصرفی ساختمان بیش از مقدار مورد انتظار است. قبض های صادر شده دربرگیرنده میزان مصرف همه بخش های ساختمان است که شامل آشپزخانه صنعتی و آزمایشگاه های علمی نیز می باشد. در حالی که این بخش ها، در استاندارد LEED به عنوان بخش های فرآیندی در نظر گرفته می شوند و در مدلسازی انرژی لحاظ نمی گردند.



نمودار ۱ - مصرف انرژی در سال اول بهره برداری

در طول فرآیند طراحی، دانشگاه Vancouver Island بر اهمیت نقش کنترل و مانیتورینگ میزان مصرف انرژی جهت بهینه سازی مصرف سالانه آب و انرژی تاکید ویژه ای داشت. سیستم های اندازه گیری دائمی تحت پروتکل BACnet روی تجهیزات مصرف کننده آب، گاز و برق نصب گردیدند که شامل کنتورهای

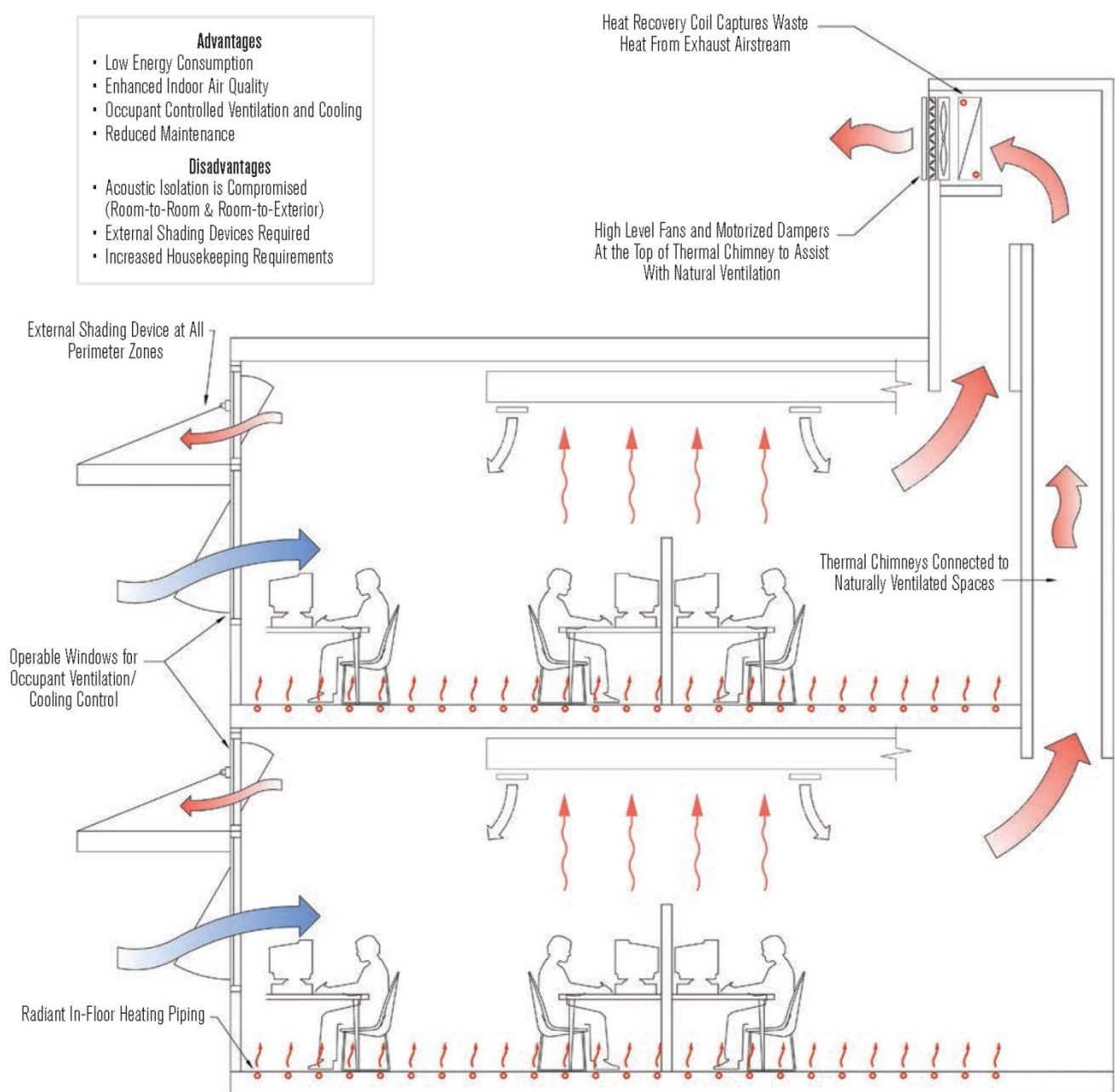


شکل ۲ - فضای لابی مرکزی برای بازیافت حرارت و هوای برگشتی از آن استفاده می شود.

در داخل ساختمان، سیستم لوله کشی انجام شده در کف، سرمایش و گرمایش را از تاسیسات مرکزی به داخل منتقل می کنند. این سیستم برای تامین شرایط آسایش حرارتی ساکنین ساختمان روشی پربازده و کم سر و صدا است. این سیستم تابشی از آب گرم دما پایین 110°F (۴۳ درجه سلسیوس) برای فصل های گرمایشی و آب سرد دما بالا 65°F (۱۸ درجه سلسیوس) برای فصل های سرمایشی استفاده می نماید. این موضوع نیز تکمیل کننده دمای کارکرد ایده آل پمپ های زمین گرمایی است. با استفاده از روش تابشی به عنوان سیستم اصلی گرمایش و سرمایش، سبب کاهش سیستم توزیع هوا به طور قابل توجهی کاهش یافت که سبب کاهش هزینه های سرمایه گذاری اولیه و صرفه جویی در مصرف انرژی فن ها گردید.

مصرف انرژی در سال اول

با توجه به حدود استاندارد LEED در زمینه لزوم وجود مدارک و مستندات انرژی ساختمان، ساخت مدل انرژی کل ساختمان و مقایسه کارایی مدل نهایی ساختمان با ساختمان مبنا که در استاندارد ASHRAE 90.1-2004 به آن اشاره شده است، با استفاده از نرم افزار e-Quest v3-63b انجام شد. آنالیز نهایی انرژی پیش بینی نمود که سالانه بیش از ۵۰٪ کاهش در هزینه های انرژی مصرفی ممکن خواهد بود. با این حال، اطلاعات کارکردی سیستم در سال اول بهره برداری نشان داد که این میزان صرفه جویی حاصل نشده است.



شکل ۳- استراتژی تهویه طبیعی

فرصت‌های موجود جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی را تعیین نمایند. علاوه بر ثبت‌کننده‌های تاسیسات مرکزی، ثبت‌کننده‌های انرژی (Energy meter) نیز روی اکثر سیستم‌ها و تجهیزات نصب گردیدند که امکان تعیین راندمان کارکردی آن‌ها را فراهم می‌نمایند.

کیفیت هوای داخل و آسایش حرارتی

استفاده از هوای تازه محیط خارج به همراه تهویه طبیعی به روش جابجایی علاوه بر تامین آسایش حرارتی ساکنین و توزیع مناسب

جداگانه برای سیستم روشنایی، پرزها، بارهای حرارتی و بویلرها می‌باشد.

این کنتورها همگی به یک سیستم مرکزی مانیتورینگ و کنترل مصرف انرژی متصل شده و در آن ثبت می‌گردند که در نهایت ابزار ارزشمندی برای عیب‌یابی و اصلاح انحرافات از مقادیر مصرف انرژی مورد انتظار برای ساختمان می‌باشد.

قدم پیشنهادی بعدی برای ساختمان دانشکده کویچان بررسی دقیق مقادیر ثبت‌شده، مخصوصاً گاز مصرفی بویلرها بود تا هر گونه خطای محسوس در مصرف انرژی را مشاهده کنند یا سایر

امکان را فراهم می‌نماید تا هوای پاک مستقیماً در تراز ارتفاعی که ساکنین حضور دارد تامین گردد و عملکرد سیستم تهویه موثرتر گردد. جهت پیشگیری از جریان سریع هوا در مجاورت پای ساکنین، سرعت هوای ورودی کم بوده و دمای آن حداقل ۶۵ درجه فارنهایت (۱۸ درجه سانتیگراد) در نظر گرفته شده که دمای آن به سردی سیستم‌های هوایی سستی نبوده و صرفه‌جویی بیشتری در تاسیسات مکانیکی مرکزی به دنبال خواهد داشت.

در طرح اولیه کل فضای ساختمان جدید دانشکده می‌بایست تهویه می‌گردید. با این حال آنالیزهای حرارتی نشان داد که تهویه کل ساختمان صرفاً با استفاده از روش‌های تهویه طبیعی مقدور نیست. به همین دلیل از سیستم سرمایش مکانیکی از طریق لوله‌کشی در کف استفاده شد. یک سیستم تشعشعی در نهایت می‌تواند تنها حدود 15 Bth/ft^2 (47 W/m^2) سرمایش محسوس را تامین نماید. به همین دلیل در طرح‌های اولیه می‌بایستی تدابیر خاصی نیز جهت پوسته خارجی ساختمان در نظر گرفته می‌شد.

با استفاده از نرم‌افزار محاسبه بارهای حرارتی و برودتی و بر اساس الزامات ساختمان مبنای مندرج در استاندارد **ASHRAE 90.1-2004** بار سرمایشی کلاس‌های ضلع شمالی و جنوبی ساختمان محاسبه گردید. اثر بهبود نحوه ساخت دیوارها و پنجره‌ها، شامل میزان بازتابش پنجره‌ها و سایبان‌ها با ساختمان مبنا مقایسه گردید و به تیم طراحی اجازه داد تا طرحی جامع ارائه نمایند.

ساختمان به گونه‌ای طراحی شد تا الزامات استاندارد **ASHRAE 55-2004** را پوشش دهد که به این ترتیب شرایط آسایش حرارتی برای ۸۰٪ از ساکنین ساختمان در رطوبت نسبی ۵۰٪ تامین شد. آنالیزهای سایکرومتریک تایید نمود که برای تامین شرایط استاندارد **ASHRAE** آب و هوای دانکن، نیاز به تجهیزات رطوبت‌زنی یا رطوبت‌گیری ندارد. با این حال، برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر، سنسورهای رطوبت‌سنج در فضاهای با رطوبت بیشتر مثل محل دوش‌ها و آشپزخانه نصب گردید. این سنسورها به سیستم **BMS** مرکزی متصل شدند تا افزایش رطوبت نسبی را به پرسنل تعمیر و نگهداری اطلاع دهند.

یکی از فاکتورهای محدود کننده برای استفاده از سیستم‌های سرمایش کفی، پتانسیل شکل‌گیری کندانس و قطرات آب روی سطوح سرد تابشی است. برای کاهش ریسک تشکیل کندانس، برای تمامی فضاهای تابشی سنسورهای تشخیص دمای سطح نصب

هوا از راهکارهای کاهش بار اعمال شده به تاسیسات مرکزی بود. یکی از راهکارهای تهویه طبیعی استفاده از پنجره‌های بازشو در تمامی فضاهای جانبی و در داخل لابی که سه طبقه ارتفاع دارد می‌باشد که با هدف عملکرد به صورت دودکش حرارتی طراحی شده است. در بالای دودکش حرارتی نیز یک کویل بازیافت حرارت پیش بینی شده که هر گونه حرارت اضافی از جریان هوای در حال تخلیه را جذب نماید؛ که این حرارت جذب شده مجدداً به مدار آب مرکزی تزریق می‌گردد.

جهت کاهش بار گرمایشی تاسیسات مرکزی، هوای تازه با کمترین حدود مجاز که در استاندارد **ASHRAE 62.1-2004** تعیین شده به فضاهای مختلف اختصاص داده شد. صرقه‌جویی در مصرف انرژی همچنین به وسیله نصب سنسورهای حضور افراد در کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌ها و اتاق‌های اداری و با بستن خودکار دریچه‌های سیستم **VAV** در فضاهای خالی انجام شد. استفاده از موتور فن‌های دور متغیر در هواسازهای مرکزی نیز سبب افزایش صرفه جویی در مصرف انرژی گردیدند.

در فضای آمفی تئاتر ۱۲۰ نفره نیز از تهویه به روش جابجایی استفاده شد. هوای خنک با سرعت کم از تراز کف سالن جریان یافته و در تماس با منبع گرم به سمت بالا جریان می‌یابد و از طریق دریچه‌های موجود در سقف تخلیه می‌گردد. این استراتژی این



شکل ۴- پنجره‌های بازشو برای تهویه طبیعی

را می‌دهد. این سیستم علاوه بر عیب‌یابی می‌تواند به عنوان ابزاری برای تعریف دوره‌های تعمیر و نگهداری نیز مورد استفاده قرار گیرد.

بهره‌وری مالی

به دانشکده کوپچان از طرف BC Hydro کمک‌های مالی تعلق گرفته بود. برای استفاده از این بودجه تیم طراحی آنالیز انرژی کاملی را برای تعیین عمر مفید و نرخ بازگشت سرمایه انواع سیستم‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام داد. با اینکه بیشتر طرح‌های سبز و پایدار هزینه‌های اولیه بالایی داشتند اما استفاده از پتانسیل‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی سبب کاهش هزینه‌های بهره‌برداری در دراز مدت و کاهش زمان بازگشت سرمایه شد. مجموع تمامی صرفه‌جویی‌های انجام شده در مصرف انرژی ساختمان جدید دانشکده کوپچان معادل ۲۵۰۰۰۰ کیلووات ساعت کمتر از ساختمان مبنای استاندارد ASHRAE محاسبه شد که زمان بازگشت سرمایه آن معادل ۱۱/۵ سال می‌باشد. با توجه به کمک‌های مالی اخذ شده، این زمان به کمتر از ۸ سال کاهش یافته و ارزش فعلی خالص آن (NPV) معادل ۱۲۵۰۰۰ دلار می‌باشد.

اثرات زیست محیطی

با ۶ کلکتور خورشیدی لوله خلاء واقع در ضلع جنوبی اتاق تاسیسات انرژی‌های نو در در مجموعه مورد استفاده قرار گرفته است. انرژی حرارتی خورشیدی برای گرمایش آب گرم مصرفی مجموعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر میزان انرژی تولید شده اضافی نیز به سمت سیستم گرمایشی ساختمان هدایت می‌گردد تا مستقیماً گرمایش مورد نیاز فضا را تامین نموده یا بخشی از بار مجموعه زمین گرمایی کاهش دهد. مورد اخیر از اهمیت بیشتری برخوردار است چرا که در این شرایط آب و هوایی غالب نیاز ساختمان حرارت بوده و سیستم زمین گرمایی بر اساس تعادل بارهای حرارتی و برودتی عملکرد بهینه‌ای خواهد داشت.

سیستم پمپ زمین گرمایی، بار حرارتی بویلرهای گاز سوز را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد که سبب کاهش آلودگی‌های اثرگذار بر محیط زیست و کاهش گرمایش کره زمین می‌گردد. آلودگی گازهای گلخانه‌ای بر اساس مدل انرژی و ساختمان مبنای مندرج در استاندارد ASHRAE 90.1-2004 معادل ۹۴.۳ تن دی‌اکسید کربن می‌باشد.

گردید تا اطمینان حاصل شود که دمای آن‌ها هرگز کمتر از ۶۳ درجه فارنهایت (۱۷ درجه سانتیگراد) که دمای نقطه شبنم است، نخواهد شد.

جهت اخذ امتیاز LEED در بخش ممیزی و نگهداری، پس از ۱۰ ماه بهره‌برداری، جلسات مروری با پرسنل بهره‌بردار و تیم طراحی برگزار شد تا وضعیت کارکردی ساختمان مورد بحث و تبادل نظر قرار گیرد و هر گونه مشکل و نگرانی بررسی گردد. به این ترتیب، این امکان فراهم گردید که بتوان برای مشکلات آتی راه حل‌ها و راهکارهای مناسب پیش بینی نمود.

نوآوری

به عنوان بخشی از برنامه آگاهی بخشی زیست‌محیطی دانشگاه Vancouver Island، برنامه‌های آموزشی جهت آموزش دانشجویان، اساتید، کارکنان و سایر افراد پیرامون ساختمان‌های سبز ترتیب داده شد. یکی از موارد توسعه‌دهنده این آموزش، قرار دادن صفحه نمایش پویا در ساختمان است که در همان لحظه وضعیت آب و هوا و مصرف آب و انرژی ساختمان را نمایش می‌دهد. این صفحه به بازدیدکنندگان این امکان را می‌دهد که مصرف انرژی لحظه‌ای ساختمان و میزان کاهش در دی‌اکسیدکربن تولیدی را مشاهده کنند و میزان صرفه‌جویی انجام شده را با مقدار مصرف در زمان مشابه در سال‌های قبل مقایسه کرده یا با موارد ملموس‌تر مثل تعداد بطری آب صرفه‌جویی شده یا تبدیل سوخت صرفه‌جویی شده به کیلومتر قابل پیمایش باخودرو مقایسه کنند.

این صفحه نمایش پویا برای ترغیب و تشویق روحیه سبز بودن و پایداری در مجموعه دانشگاه Vancouver Island مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تعمیر و نگهداری

استفاده از سیستم تابشی از کف به دلیل کاهش تعداد فیلترهای هوا و تعداد تجهیزات مکانیکی متحرک، نسبت به سیستم‌های اجباری هوایی، هزینه‌های تعمیر و نگهداری کمتری دارد. سیستم‌های آبی در حین ساخت، تحت فشار، مورد تست قرار گرفت و قبل از بهره‌برداری از ساختمان نیز از نظر فشاری بالانس شد. به این ترتیب علاوه بر بازرسی‌های سالانه پمپ‌های کوچک سیرکولاتور، هزینه‌های تعمیرات بسیار ناچیز خواهند بود.

سیستم کنترلی و مانیتورینگ گرافیکی انرژی نیز به پرسنل تعمیر و نگهداری اجازه مشاهده و دنبال نمودن تمامی سیستم‌های ساختمان

نتیجه گیری

ساختمان جدید دانشکده کویچان با هدف نمونه‌ای برای معماری پایدار و آموزه‌های زیست محیطی طراحی شد. علیرغم این که داده‌های سال اول بهره‌برداری از ساختمان نشان‌دهنده مصرف بیش از انتظار انرژی در ساختمان است مواردی که در طراحی ساختمان گنجانده شده است میزان مصرف انرژی را کنترل نموده و فرصت‌های جدید کاهش اثرات ساختمان بر محیط زیست را نشان می‌دهد. با مانیتورینگ مداوم، عیب‌یابی، ابتکارات نوآورانه در زمینه پایداری و آموزش ساکنین انتظار می‌رود که مصرف انرژی تا حد چشمگیری کاهش یابد.

منبع: ASHRAE Journal, vol. 55, no. 6, December 2013 –P. 34-38

¹Cowichan Campus