مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، پاییز ۱۳۹۷، دوره ۹، شماره ۳، ص‌ص ۷-۱۳

فصلنامه

مهندسی مکانیک و ارتعاشات

jvibme.semnaniau.ac.ir

شبیه‌سازی انرژی یک ساختمان اداری با مصالح متداول در اقلیم سمنان

افشین فتحعلیان[۱]، هادی کارگر شریف آباد[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی ۳۵۱۹۸۱۳۳۶۳، h.kargar@semnaniau.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۳ تیر ۱۳۹۷

پذیرش: ۳۱ مرداد ۱۳۹۷

ارائه در سایت: ۱۵ آبان ۱۳۹۷

کلیدواژگان

شبیه سازی انرژی

نرم‌افزار دیزاین بیلدر

ساختمان اداری

چکیده

یکی از چالش‌های مهم جهان امروز، صرفه‌جویی درمصرف انرژی می‌باشد. افزایش روز افزون بهای انرژی از سویی و محدود بودن ذخایر فسیلی و آلودگیهای زیست محیطی ناشی از آن از سویی دیگر، لزوم استفاده‌ی صحیح از انرژی را بیشتر از گذشته نمایان کرده است. در این میان، مصرف انرژی در بخش ساختمان به حدی بالاست که صرفه جویی هر چند ناچیز در این بخش، تأثیر قابل توجهی بر میزان بهره برداری از منابع تجدید ناپذیر خواهد داشت. با توجه به گستردگی پارامترهای دخیل در مصرف انرژی، بدون در نظر گرفتن ابزارهای شبیه‌سازی نمی‌توان تصمیم‌گیری درستی در ارتباط با طراحی اجزاء ساختمان داشت. در این تحقیق، میزان مصرف انرژی سالیانه یک ساختمان اداری واقع در اقلیم شهر سمنان با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شده است.

Energy simulation of office building with current materials in Semnan climate

Afshin Fathalian[1], Hadi Karger Sharif Abad[2*]

1- Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Semnan, Iran.
2- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
* P.O.B. 3519813363 Semnan, Iran, h.kargar@semnaniau.ac.ir

Article Information

Original Research Paper
Received 24 June 2018
Accepted 22 August 2018
Available Online 6 November 2018

Keywords
Energy simulation
Design builder software
Office building

ABSTRACT

One of modern world challenges is saving energy consumption. Multiple increases in energy price on one hand and limitation of fossil fuel as well as its consequent bio environmental pollution on the other hand have shown the necessity of sensible energy application. Meanwhile energy consumption in construction sector is so high that saving even as little as possible in this section will have significant effect on efficiency rate of no renewable sources. Considering multiple relevant parameters in energy consumption with no application of simulating tools cannot permit reasonable decisions on designing building parts. In this research the proportion of annual energy consumption of office building located in Semnan city climate with application of design builder software has been simulated. Accuracy of results from simulation has been validated with recorded numbers at annual electricity and gas bills at the building.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

Afshin Fathalian, Hadi Karger Sharif Abad, Energy simulation of office building with current materials in Semnan climate, Journal of Mechanical Engineering and Vibration, Vol. 9, No. 3, pp. 7-13, 2018 (In Persian)

۱- مقدمه

بخش ساختمان حدود ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی کشورهای درحال توسعه جهان را به خود اختصاص داده است[1]. متناسب با ظهور فناوری‌های مختلف، پیچیدگی‌های اجرایی نیز افزایش یافته و تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب بهینه‌ترین استراتژی‌ها و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. از سویی، تعامل بین عناصر طراحی، اقلیم، کاربران، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی بسیار دشوار بوده و تنها با استفاده از شبیه‌سازی[1] تمامی عوامل مداخله‌گر در کارایی انرژی ساختمان قابل بررسی است[2]. این قابلیت سبب شده است که از برنامه های شبیه سازی مصرف انرژی ساختمان، به عنوان ابزار تجزیه و تحلیل عملکرد حرارتی و بصری از ابتدای دهه هفتاد میلادی بهره برده وکاربرد آن به مرورزمان گسترش یابد.

با استفاده از شبیه سازی انرژی در فرایند طراحی، امکان ارزیابی تمامی گزینه ها و تصمیمات مختلف طراحی به روش-های نسبتا یکپارچه امکان پذیر است. از این رو، نرم افزارهای متعددی با قابلیت‌های مختلف از ساده تا پیشرفته و نیز با سطح دقت متفاوت طی سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند و استفاده از آنها رایج شده است. بکارگیری نرم‌افزارهای شبیه ساز قبل از احداث ساختمان و یا ایجاد تغییرات در آن بعد از ساخت، بهینه ترین روش تحلیل و بررسی بوده است[3]. از این میان، نرم افزار با نام تجاری دیزاین بیلدر[2] یکی از جامع‌ترین برنامه‌های شبیه‌ساز انرژی در ساختمان می‌باشد.

۱-۲- اشاره به مراجع

شبیه سازی مصرف انرژی توسط دانش و ثنائیان با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر برای ساختمان آموزشی واقع در دانشگاه علم و صنعت تهران مورد بررسی قرار گرفت. مشخص گردید با افزایش تعداد جداره های شیشه ها در پوسته خارجی ساختمان، بار حرارتی و برودتی ساختمان به‌میزان قابل قبولی کاهش خواهد یافت[4]. آندارینی و همکاران به مطالعه یک نمونه ساختمان اداری در پایتخت کشور اندونزی با استفاده از نرم افزار شبیه ساز انرژی پلاس[3] پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که با استفاده از شیشه های دو جداره در نمای ساختمان بدلیل پایین بودن ضریب تاثیر جذب گرمای خورشید و میزان نور دهی بالا، بمیزان ۴۳ درصد بار گرمایشی ساختمان کاهش یافته است[5]. اثرات کاربرد پنجره های پیشرفته با شیشه سه جداره در مقایسه با نوع دو جداره موجود در ساختمان اداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز با استفاده از نرم افزار شبیه ساز انرژی پلاس توسط ابراهیم‌پور و کریم‌وند مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه تحلیل نشان می‌دهد که در فصول سرد سال حدود ۴ درصد و فصول گرم سال حدود ۳ درصد مصرف انرژی را کاهش یافته است[6]. عاصم ومومن یک نمونه ساختمان اداری واقع در کشور کویت را با استفاده از نرم افزارشبیه ساز انرژی پلاس از نظر نوع شیشه بکار رفته مورد مطالعه قرار دادند. بکار بردن شیشه های کم گسیل انعکاسی به‌دلیل کاهش جذب حرارت خورشید و نوردهی مناسب فضای داخلی، سالیانه حدود ۴۰ درصد کاهش بار روشنایی ساختمان را به‌همراه داشته است[7]. تاثیرات نصب عایق حرارتی در جدار خارجی یک نمونه ساختمان اداری شبیه سازی شده در چهار اقلیم مختلف کشور ترکیه توسط اسکین و ترکمن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیقات نشان داد که با نصب یک ورق عایق حرارتی به ضخامت ۷۵ میلیمتر در پوسته خارجی ساختمان حداقل میزان صرفه جویی انرژی بین ۲۳ تا ۳۰ بوده است. همچنین انتخاب رنگ‌های روشن در پوسته خارجی ساحتمان نمونه، در مناطق سردسیر کشور ترکیه در حدود ۴ درصد و نواحی گرمسیر حداقل ۱۰ درصد صرفه جویی انرژی را بهمراه داشته است[8]. کرالا و دوستان به تجزیه و تحلیل پل حرارتی و تاثیر آن در یک هتل شبیه سازی شده با کمک نرم افزار دیزاین بیلدر در هشت منطقه با شرایط آب و هوایی متفاوت در کشور برزیل پرداختند. ارزیابی صورت گرفته نشان داد که با در نظر گرفتن حدود ۴۰ درصد نسبت فضای اشغال شده توسط پنجره با دیوار حامل آن، علاوه بر کاهش بارکل ساختمان به میزان ۱۰ درصد، استفاده حداکثری از انرژی روزانه نور خورشید را به همراه خواهد داشت. در صورتیکه اگر از نسبت ۶۰ درصد سطح اشغال پنجره را داشته باشیم، نتیجه افزایش مصرف انرژی خواهد بود[9].

۲- مراحل شبیه سازی انرژی

۱-۲- معرفی نرم افزار دیزاین بیلدر

در ابتدا این نرم‌افزار در سال۲۰۰۵ میلادی بصورت تجاری وارد بازار شده و تا کنون در قالب نسخه‌های جدید توسعه یافته است. این نرم‌افزار جامع در معتبرترین دانشگاه‌های دنیا از جمله

[1] Simulation
[2] Design Builder Software
[3] Energy Plus Software

دانشگاه هاروارد[1] تدریس می‌گردد. موتور شبیه سازی این نرم‌افزار انرژی پلاس است که توسط انجمن انرژی آمریکا[2] در سال ۲۰۱۱ میلادی توسعه یافته و به عنوان یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای شبیه سازی انرژی، در نوع خود بی‌نظیر است[10]. این نرم افزار برای شبیه سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت تجزیه و تحلیل همه جنبه‌های ساختمان را دارد. نرم افزار دیزاین بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقا بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. لازم به ذکر است که نتایج شبیه سازی‌ها برای کل سال، برای ماه‌های مختلف و نیز بصورت روزانه و ساعتی و برای کل ساختمان، طبقات مختلف و نیز تک-تک فضاهای ساختمان قابل استخراج می‌باشد، و در نهایت امکان استخراج نتایج بصورت نمودار و یا پوشه های اکسل[3] که می‌تواند برای تجزیه و تحلیل‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

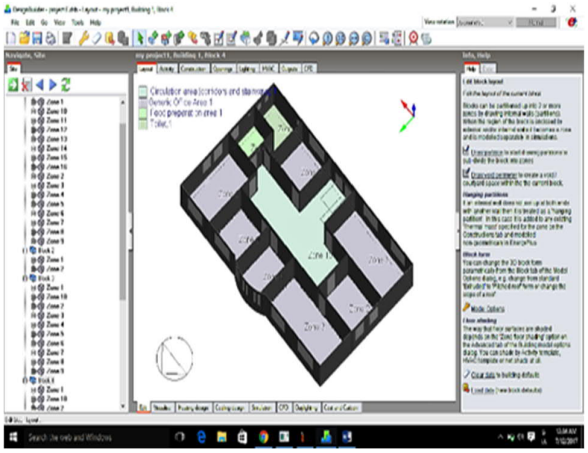
۲-۲- معرفی نرم افزار متونرم[4]

برنامه های شبیه سازی به طور معمول محاسبات را بصورت ساعتی برای تعیین شرایط داخلی ساختمان انجام می دهند. این کار مستلزم استفاده از داده های آب و هوایی می‌باشد. این داده های اقلیمی نباید به صورت میانگین در سال یا فقط برای قسمتی از سال در نظر گرفته شود، بلکه باید روزانه و در تمام ۸۷۶۰ ساعت سال مشخص باشند. نوع پوشه‌های داده های مورد استفاده در نرم افزارهای مختلف متفاوت است. انجمن انرژی امریکا فایل اطلاعات اقلیمی بیش از ۲۱۰۰ منطقه در جهان را به صورت رایگان با فرمت ای پی دبلیو[5] در اختیار کاربران می-گذارد. این فایل ها برای ۶ شهر، بندرعباس، تهران، تبریز، شیراز، اصفهان و یزد را از کشور ایران بر اساس اطلاعات آب و هوایی تولید شده و در دسترس می باشد[11].

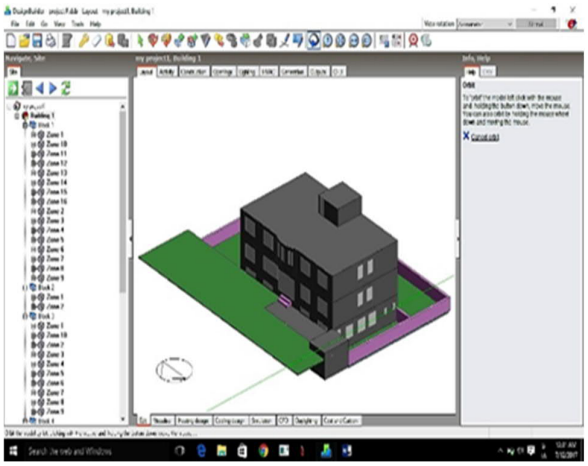
در این تحقیق از نرم افزار متونرم جهت دریافت اطلاعات آب و هوایی شهرهای مختلف با اقلیم های متفاوت، طی یک بازه‌ی بیست ساله استفاده شده است[12]. این نرم افزار جامع جهت مشخص کردن شرایط اقلیمی یک منطقه ، از موءلفه هایی نظیر، میزان تابش خورشید، دمای هوا، رطوبت نسبی، ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا، سرعت و جهت باد و غیره برخوردار می‌باشد. فایل اقلیمی مورد قبول در نرم افزار دیزاین بیلدر با پسوند ای پی دبلیو بوده و داده های دیگر کاربردی ندارد[13].

۲-۳- مشخصات ساختمان مورد نظر

در این تحقیق یک ساختمان اداری واقع در شهرستان سمنان انتخاب شده است. این ساختمان از نظر هندسی دارای سه طبقه تقریبا هم‌شکل ولیکن با فضاهای داخلی متفاوت می باشد. مساحت کف هر طبقه در حدود ۲۴۰ متر مربع بوده و با استفاده از نقشه های ساختمانی، در نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شده است. نمای شبیه سازی شده انرژی در هر طبقه ساختمان، با توجه به کاربرد هر یک از نواحی همانند شکل ۱، بصورت مجزا ترسیم شده و در نهایت طبقات روی هم قرار گرفته و شکل کلی ساختمان ایجاد می‌گردد(شکل ۲).



شکل ۱ نمای شبیه سازی شده انرژی در یکی از طبقات



شکل ۲ نمای شبیه سازی شده کلی ساختمان مورد تحقیق

[1] Harvard University
[2] American Energy Association
[3] Excel
[4] Meteonorm Software
[5] Energy Plus Weather

۲-۴- مشخصات حرارتی اجزای ساختمان

مشخصات اجزای خارجی و داخلی ساختمان مورد تحقیق در جدول۱ و مشخصات پنجره‌های خارجی ساختمان دارای چهار چوب آلومینیم با شیشه های تک جداره در جدول۲ آمده است.

جدول ۱ مشخصات اجزای ساختمان

جنس لایه	دانسیته	ضریب هدایت	ضخامت
از داخل به خارج	کیلوگرم برمترمکعب	وات برمترکلوین	سانتیمتر
دیوار خارجی			
نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶	۳
آجر فشاری	۱۹۰۰	۱	۳۰
ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
سنگ مرمریت	۲۵۰۰	۲	۲
بام ساختمان			
نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶	۲
آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
نخاله پودری	۸۸۰	۱/۴۴	۱۰
ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
شن و ماسه	۱۹۵۰	۲	۳
آسفالت	۲۳۳۰	۱/۱۵	۴
کف زمین			
سرامیک	۱۹۲۰	۱/۸۰	۱
ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۴
سنگ لاشه	۲۲۰۰	۱/۸۳	۳۰
درب خارجی			
درب شیشه‌ای	۱۴۰	۰/۰۵	۰/۶
درب‌آلومنیمی	۲۸۰۰	۱۶۰	۴
درب آهنی	۷۹۰۰	۷۲	۳
جدار نور گذر			
پنجره آلومنیمی	۲۸۰۰	۱۶۰	۳
دیوار جداکننده			
نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۳
آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۳
جدار بین طبقات			
نازک‌کاری	۱۳۰۰	۰/۶۰	۲
آجرسفال	۱۹۰۰	۱	۱۰
نخاله پودری	۸۸۰	۱/۴۴	۱۰
ملات سیمان	۱۸۶۰	۰/۷۲	۵
موزائیک	۲۱۵۰	۲/۹۰	۳

جدول ۲ مشخصات پنجره با شیشه تک جداره شفاف

مشخصه پنجره	مقدار
ضریب عبور نور خورشید در تابش عمود	۰/۷۸
ضریب انعکاس نور در تابش عمودی رو به تابش	۰/۰۷
ضریب انعکاس نور در تابش عمودی پشت به تابش	۰/۰۷
ضریب عبور نور مرئی در تابش عمود	۰/۸۸
ضریب عبور نور مرئی در تابش عمود رو به تابش	۰/۰۸
ضریب عبور نور مرئی در تابش عمود پشت به تابش	۰/۰۸
ضریب عبور فروسرخ در تابش مستقیم	۰
ضریب گسیل نیم‌کروی فرو سرخ رو به تابش	۰/۸۴
ضریب گسیل نیم‌کروی فرو سرخ پشت به تابش	۰/۸۴

۲-۵- انواع فعالیت براساس برنامه زمانبندی ساختمان نمونه

در یک ساختمان با کاربری اداری متناسب با نوع فعالیتی که در هر قسمت وجود دارد، یک برنامه زمان‌بندی مخصوص به خود بکار رفته است. ساختمان مورد تحقیق بطور معمول از روز شنبه تا چهارشنبه هر هفته و از ساعت ۷ صبح تا ۱۶ عصر دارای فعالیت مستمر می‌باشد. ولیکن میزان و درصد استفاده افراد از هر قسمت از ساختمان متفاوت در نظر گرفته شده است. ترتیب روزهای هفته در این برنامه شبیه ساز بر اساس تقویم میلادی بوده است. واضح است که درتقویم میلادی روزهای تعطیل هفته متفاوت از تقویم شمسی می‌باشد. با توجه به این موضوع جهت انطباق با واقعیت، نسبت به ایجاد تغییرات در پیش فرض اقدام گردید.

۲-۵-۱- انواع فعالیت براساس برنامه زمانبندی ساختمان نمونه

تعداد افرادی که در ساختمان اداره گاز ناحیه سمنان حضور دارند به طور دقیق مشخص نیست. از آنجایی که در نرم افزار دیزاین بیلدر حضور افراد برای برآورد دقیق مصرف انرژی باید به طور ساعتی مشخص گردد، در این تحقیق از پیشنهادات ارائه شده در پیش فرض نرم افزار استفاده شده است. به عنوان

نمونه، در فضای با کاربری اداری به ازای هر مترمربع از کف اتاق ۰/۱۱ فرد به عنوان بیشترین تعداد حاضر در ساختمان، در نظر گرفته شده است. همچنین درصد حضور این افراد شامل کارمندان و مراجعه کنندگان به‌صورت ساعتی در یک روز غیر تعطیل ثابت و طبق جدول ۳ فرض شده است.

جدول ۳ درصد حضور افراد بصورت ساعتی در یک‌روز غیر تعطیل

بازه ساعتی	درصد حضور افراد
۷ تا ۲۴	۰
۷ تا ۸	۲۵
۸ تا ۹	۵۰
۹ تا ۱۴	۷۵
۱۴ تا ۱۶	۱۰۰
۱۶ تا ۲۴	۵

۲-۵-۲- میزان روشنایی ساختمان

بر اساس پیشنهادات ارائه شده در نرم افزار دیزاین بیلدر، روشنایی مورد نیاز برای یک ساختمان اداری، به ازای هر متر مربع از کف اتاق 12 وات در نظر گرفته شده است. همچنین درصد روشنایی لازم در طول یک روز غیر تعطیل به‌صورت جدول ۴ مفروض است.

جدول ۴ درصد روشنایی مورد نیاز در طول روز

بازه ساعتی	درصد حضور افراد
۷ تا ۲۴	۰
۷ تا ۸	۲۵
۸ تا ۹	۵۰
۹ تا ۱۲	۱۰۰
۱۲ تا ۱۴	۷۵
۱۴ تا ۱۶	۱۰۰
۱۶ تا ۲۴	۵

۲-۵-۳- تجهیزات و وسایل الکتریکی مصرفی

برای یک اتاق با کاربری اداری که دارای وسایل الکتریکی از قبیل رایانه، چاپگر و تجهیزات جانبی می‌باشد، به ازای هر متر مربع از کف اتاق، ۸ وات در نظر گرفته شده است.

۲-۵-۴- سیستم‌های حرارتی و برودتی ساختمان نمونه

ساختمان اداری مورد مطالعه از بخاری دودکش‌دار گازسوز با بازده ۵۰ درصد به عنوان سیستم گرمایشی و از سیستم سرمایشی اسپلیت با ضریب عملکرد ۲/۸۸ استفاده می‌نماید.

۲-۵-۵- تهویه طبیعی و سایبان

ساختمان نمونه در وضعیت موجود دارای سیستم تهویه طبیعی بوده است. محل استقرار ساختمان مورد مطالعه در محل مناسب و در مسیر جریان وزش بادهای محلی می‌باشد. در ساختمان با وضعیت موجود از سایبان‌های داخلی از نوع پرده کرکره ای افقی با ۵۰ درصد بازشو استفاده شده است.

۲-۵-۶- آب گرم مصرفی ساختمان نمونه

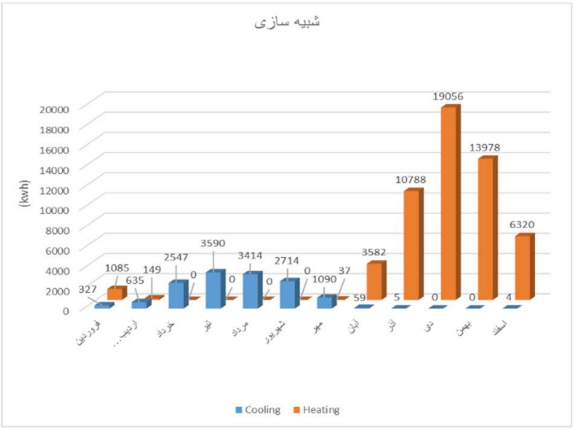
آبگرمکن گازسوز با بازده ۵۰ درصد انرژی بعنوان سیستم آب گرم مصرفی ساختمان موجود مورد استفاده قرار گرفته است. حداکثر دمای قابل استفاده ۶۵ درجه سلسیوس بوده و در شیرهای خروجی آبدارخانه و سرویس بهداشتی هر طبقه قابل برداشت می‌باشد. درصد استفاده از آب گرم مصرفی روزانه در هر قسمت از فضای داخلی با میزان حضور افراد در همان ناحیه از ساختمان مطابقت دارد.

۳- تحلیل انرژی سالیانه ساختمان شبیه‌سازی شده

نتایج حاصل از شبیه‌سازی انرژی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر بر اساس تقویم میلادی بیان گردیده است. خروجی نتایج شبیه-سازی در فایل اکسل جهت مطابقت با مقادیر واقعی از تاریخ میلادی به شمسی تغییر یافته است.

۳-۱- محاسبه بار گرمایشی و سرمایشی سالیانه ساختمان نمونه

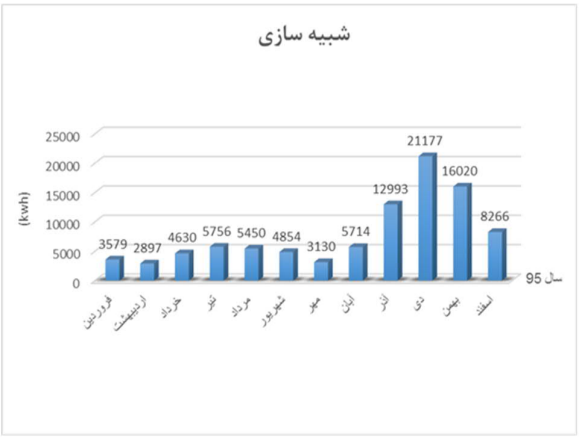
مجموع بار گرمایشی سالیانه ساختمان شبیه‌سازی شده با وضعیت موجود بمیزان ۵۴۹۹۵ کیلو وات ساعت و حاصل جمع سالیانه‌ی بار سرمایشی ساختمان نمونه بمیزان ۱۴۳۸۵ کیلو وات ساعت بدست آمده است. لازم به ذکر است که در محاسبه بار کلی ساختمان علاوه بر بارهای حرارتی و برودتی پارامترهای دیگری همچون روشنایی، تهویه و آب گرم مصرفی هم تأثیرگذار بوده است. مقایسه بارهای حرارتی و برودتی ساختمان مورد تحقیق در شکل ۳ آمده است. طبق نتایج بدست آمده از خروجی نرم افزار بیشترین میزان مصرف سرمایشی و گرمایشی ساختمان به ترتیب در تیرماه و دیماه بوده است.



شکل ۳ مقایسه بار سرمایشی و گرمایشی سالیانه ساختمان نمونه

۳-۲- محاسبه بار کلی سالیانه ساختمان شبیه‌سازی شده

در شکل ۴ نمودار مصرف انرژی کلی سالیانه ساختمان شبیه‌سازی شده در وضعیت موجود ترسیم شده است. طبق نتایج حاصل از نرم افزار دیزاین بیلدر، حداکثر میزان مصرف انرژی در ساختمان اداری شبیه سازی شده در ماه‌های سرد سال(دی و بهمن) رخ میدهد. بکارگیری بخاری گازسوز با بازده پایین به عنوان سیستم حرارتی کم بازده یکی از دلایل مهم ازدیاد مصرف انرژی در زمستان بوده است. همچنین حداقل میزان مصرف انرژی به دلیل تهویه طبیعی مناسب درماه‌های معتدل سال (اردیبهشت و مهر) اتفاق می افتد.



شکل ۴ مصرف انرژی سالیانه ساختمان شبیه‌سازی شده

۴- جمع‌بندی نتایج

در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر میزان مصرف انرژی سالیانه برای یک ساختمان با کاربری اداری واقع در اقلیم شهر سمنان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کلی اخذ شده حاکی از محاسبه مجموع بار گرمایشی سالیانه ساختمان نمونه بمیزان ۵۴۹۹۵ کیلو وات ساعت و حاصل جمع سالیانه‌ی بار سرمایشی ساختمان بمیزان ۱۴۳۸۵ کیلو وات ساعت بوده است. همچنین بار کلی ساختمان در یکسال شمسی بمیزان ۹۴۴۶۷ کیلو وات ساعت بدست آمده است.

۵- مراجع

[1] A. Stephan, R. H. Crawford, and K. De Myttenaere, “Towards a more holistic approach to reducing the energy demand of dwellings,” Procedia Eng., vol. 21, pp. 1033–1041, 2011.

[2] J. Holst, “Using Whole Building Simulation Models &Optimizing Procedures To Optimise Builidng Envelope Design With Respect To Energy Consumption & Indoor Environment, Proceedings of 8th International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands.(2003).”

[3] J. Michael; H. Robert, “Testing and Validation of New Building Energy Simulation Program, Energy and Buildings, Vol. 33, No. 4, 2001, pp. 319-331.”

[4] M .Danesh; H. Snayyan, “‘The impact of internal and external layer facade on energy consumption administrative and education builings’,Environmental Science and Technology,16:9.1393.”

[5] R. Andarini, H. Schranzhofer, W. Streicher, and a. K. Pratiwi, “Thermal simulation and cooling energy sensitivity analysis of a typical shophouse in Jakarta, Indonesia,” Build. Simul., pp. 1887–1893, 2009.

[6] A. Ebrahimpour; Y. karimvand, “Improving energy efficiency suitable methods in a university building in tabriz,Journal of Mechanical Engineering Modares,1391:104.”

[7] E. O. Assem and A. A. Al-Mumin, “Code compliance of fully glazed tall office buildings in hot climate,” Energy Build., vol. 42, no. 7, pp. 1100–1105, 2010.

[8] N. Eskin and H. Turkmen, “Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey,” Energy Build., vol. 40, no. 5, pp. 763–773, 2008.

[9] Cunha; E. Grala; B.E. Gioielli, “Analysis of Thermal Bridge Impact in Hotel building for the Eight Brazilian Bioclimatic Zones,Journal of Civil Engineering and Architecture 9.393-400.2015.”

[10] “Software, Energyplus.2011.‘Energyplus Engineering Document help. ’in The US Department of Energy.” .

[11] A. Ebrahimpour; M. Maerefat;, “‘A method for generation of typical meteorological year’, Energy Conversion and Management, Vol.51, No.3, pp. 410-417, 2010.”

[12] “Meteonorm software version 5.102: http://www.meteonorm.com.” .
[13] Meteonorm handbook theory part 1, 2, the Swiss federal office of energy, 2003.