



Anti-Insulation in Building Energy Consumption; Comparison of Eight Climates of Iran

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Fallah M. ^{*1} PhD,
Medghalchi Z. ¹ BSc

How to cite this article

Fallah M, Medghalchi Z. Anti-Insulation in Building Energy Consumption; Comparison of Eight Climates of Iran. Modares Mechanical Engineering. 2020;20(6):1487-1500.

¹Research Institute of Applied Power System Studies, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

*Correspondence

Address: Research Institute of Applied Power System Studies, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. Postal code: 5375171379
Phone: +98 (41) 31452568
Fax: +98 (41) 34327566
mfallah@azaruniv.ac.ir

Article History

Received: July 23, 2019
Accepted: January 19, 2020
ePublished: June 20, 2020

ABSTRACT

Recent energy-saving policies in Iran led to more insulation implementation in buildings. Therefore, the occurrence of anti-insulation increases in the building industry. The anti-insulation phenomenon is the reverse function of insulation that causes cooling energy increment rather than energy saving. This phenomenon is an important and effective factor in energy consumption and the resident's comfort. However, it has not been considered in thermal insulation studies worthily. Therefore, in this study, the anti-insulation occurrence temperature set-point is detected under eight climates of Iran by simulation in the EnergyPlus software. Four thickness of polystyrene insulation is evaluated under three insulating methods including external, mid and internal insulation. Results indicate that the anti-insulation occurs in six climates of Iran. Furthermore, cold and marine climates are more likely to anti-insulation occurrence than hot climates. The anti-insulation happens at a lower temperature by increasing the insulation thickness. In external insulation, due to usage of the wall's thermal mass, anti-insulation occurs in high temperatures compared with mid and internal insulation methods.

Keywords Anti-Insulation, Building Insulation, Comfort Set-Point, Energy Saving

CITATION LINKS

[1] An Overview 29 Years Energy Statistics of the ... [2] 19th issue of the National Building ... [3] Analysis of the sensitivity of the ecological effects for the investment based on the thermal insulation of the building: A Polish case ... [4] Wall insulation measures for residential villas in Dubai: A case study in energy ... [5] Contributions of energy-saving technologies to building energy saving in different climatic regions of ... [6] New insulation replacement in buildings' walls and its impact on air pollution reduction in ... [7] Influence of the types of fuel and building material on energy savings into building in tropical region of ... [8] A method for determining optimum insulation thickness: Combined economic and environmental ... [9] Life cycle cost analysis for determining optimal insulation thickness in Palestinian ... [10] Optimum insulation thickness determination using the environmental and life cycle cost analyses based entransy ... [11] Optimum insulation thickness based on energy carriers different tariffs in climatic condition of ... [12] Standard 55-2017: Thermal environmental conditions for human ... [13] Thermal, economical and environmental optimization of insulation thickness in residential ... [14] The economic analysis of the use of thermal insulation and double-walled window in a residential ... [15] Optimization of energy consumption in an administration building equipped with smart management ... [16] Economic optimization of PCM and insulation layer thickness in residential ... [17] Optimizing the insulation thickness of external wall by a novel 3E (energy, environmental, economic) ... [18] Application of passive measures for energy conservation in buildings- a ... [19] Thermal performance of envelope wall/roofs of intermittent air-conditioned ... [20] Comparative assessment of internal and external thermal insulation systems for ... [21] Comparative analysis on thermal performance of different wall insulation forms under the air-conditioning intermittent operation in ... [22] Effects of thermal insulation characteristics on energy consumption of buildings ... [23] Effect of the thermal insulation layer location on wall dynamic thermal response rate ... [24] Passive cooling strategies for multi-storey residential buildings in Tehran, Iran and ... [25] Assessing overheating risk and thermal comfort in state-of-the-art prototype houses that combat exacerbated climate ... [26] Overheating risk barriers to energy renovations of single family houses: Multicriteria ... [27] Evaluation of the optimal thermal insulation thickness for an office building in different ... [28] Preventing overheating in offices through thermal inertial properties of compressed ... [29] Anti-insulation mitigation by altering the envelope ... [30] Building Energy ...

پدیده آنتی‌اینزولیشن در مصرف انرژی ساختمان؛ مقایسه هشت اقلیم آب و هوایی ایران

محسن فلاح* PhD

پژوهشکده مطالعات کاربردی سیستم‌های قدرت، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

زهرا مدقالجی BSc

پژوهشکده مطالعات کاربردی سیستم‌های قدرت، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر سیاست‌گذاری‌های کشور برای کاهش مصرف انرژی منجر به استفاده هر چه بیشتر از عایق‌ها در صنعت ساختمان شده و این موضوع وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن را در آتیه ساختمان محتمل‌تر می‌سازد. پدیده آنتی‌اینزولیشن، اثر معکوس عایق‌کاری در مصرف انرژی سرمایشی ساختمان است که به‌عنوان فاکتور بسیار مهم و تأثیرگذار بر مصرف انرژی و آسایش ساکنین به شمار می‌رود. مطالعات نشان می‌دهد که این پدیده در مورد ساختمان‌ها تاکنون آنچنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است. بر این اساس در این مقاله برای رفع این مشکل، نقطه دمایی وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن در محدوده دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای ۸ اقلیم آب و هوایی رسمی ایران با استفاده از شبیه‌سازی بارهای حرارتی و برودتی ساختمان نمونه در نرم‌افزار انرژی‌پلاس بررسی و اندازه‌گیری شده است. در هر اقلیم، عایق پلی‌استایرن در ۴ ضخامت برای هر ۳ روش عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد در ۶ اقلیم پدیده آنتی‌اینزولیشن رخ می‌دهد. اقلیم‌ها با آب و هوای معتدل و سرد برخلاف اقلیم‌های بسیار گرم، مستعد وقوع این پدیده هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت عایق، این پدیده در دماهای پایین‌تری اتفاق می‌افتد. علاوه بر این، در روش عایق‌کاری خارجی، وقوع این پدیده به‌دلیل استفاده از اینرسی حرارتی ساختمان، در دماهای بالاتری نسبت به عایق‌کاری میانی و داخلی اتفاق می‌افتد.

کلیدواژه‌ها: آنتی‌اینزولیشن، عایق‌کاری ساختمان، دمای آسایش، کاهش مصرف انرژی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

*نویسنده مسئول: mfallah@azaruniv.ac.ir

مقدمه

طی سال‌های اخیر در ایران با بالا رفتن نسبی سطح رفاه مردم، میزان مصرف انرژی افزایش یافته و به معضلی پرمخاطره به‌خصوص در کلان‌شهرها تبدیل شده است. براساس آمارهای منتشرشده، حدود ۳۳/۵٪ از مصرف انرژی کشور به بخش خانگی، تجاری و عمومی و در حدود ۷۰٪ از این میزان به مصارف گرمایش و تهویه مطبوع اختصاص یافته است^[1]. این بدان معناست که به‌طور تقریبی ۲۳٪ از کل مصرف انرژی کشور به مصرف گرمایش و سرمایش این ساختمان‌ها می‌رسد؛ از این رو اقدامات و مطالعات متعددی در جهت ارتقاء کیفی ساختمان‌ها از دیدگاه تبادلات حرارتی صورت گرفته است. استفاده از عایق در پوسته خارجی ساختمان یکی از راه‌کارهای مهم و پرکاربرد صرفه‌جویی در مصرف انرژی است و از ملزومات مبحث ۱۹ نظام مهندسی ایران به‌شمار می‌رود^[2]. همچنین

افزایش دمای آسایش در فصول گرم و کاهش آن در فصول سرد از دیگر راه‌حل‌های کاهش مصرف انرژی است. به‌کارگیری عایق در ساختمان از جنبه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی نوع عایق، محل قرارگیری عایق در دیوار، ضخامت بهینه و بازگشت سرمایه و میزان صرفه‌جویی در انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله فاکتورهای مورد بررسی در مورد عایق‌کاری است. علی‌رغم مطالعات گسترده در زمینه عایق‌کاری، پدیده آنتی‌اینزولیشن که از اثرات منفی عایق‌کاری در سرمایش ساختمان است، مورد توجه قرار نگرفته است. در پدیده آنتی‌اینزولیشن، با عایق‌کاری ساختمان راه‌های گریز غیرفعال (Passive) گرمای داخلی از طریق جدارها مسدود شده و انباشت گرمایی در داخل ساختمان اتفاق می‌افتد و این منجر به تحمیل بار سرمایی بیشتر بر سیستم تهویه مطبوع می‌شود. با افزایش ضخامت عایق و بالابردن دمای آسایش در روزهای گرم احتمال وقوع این پدیده بالاتر می‌رود. با توجه به گرمایش زمین و نیاز شدید به کاهش مصرف انرژی و گازهای گلخانه‌ای توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش ساختمان به‌خصوص از طریق عایق‌کاری معطوف شده است. پژوهشگران با بررسی‌هایی که انجام داده‌اند نشان دادند که عایق‌کاری ساختمان علاوه بر کاهش چشمگیر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند شرایط آسایش بهتری را برای ساکنین، با جایگذاری صحیح عایق در پوسته و استفاده بهینه از اینرسی حرارتی فراهم آورد. بنابراین در نتایج این مطالعات استفاده هر چه بیشتر از عایق در ساختمان توصیه شده است. از طرفی سیاست‌گذاران نیز اقدام به افزایش بهای حامل‌های انرژی و تدوین آیین‌نامه‌هایی برای الزام ساختمان‌ها به کاهش مصرف انرژی نموده‌اند. با توجه به این شرایط، بدیهی است به‌کارگیری عایق در صنعت ساختمان با ضخامت‌های بیشتر، رشد چشمگیری خواهد داشت که احتمال وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن را در آتیه صنعت ساختمان بالا برده و می‌تواند منجر به نتایجی خلاف سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری برای کاهش مصرف انرژی شود.

بار سرمایشی ساختمان متشکل از حرارت‌های داخلی (ساکنین، روشنایی، تجهیزات و غیره)، حرارت تابشی عبوری از جدارهای نورگذر و حرارت انتقالی از دیوارها است. با تجهیز پوسته خارجی ساختمان به عایق در روزهایی که دمای هوای بیرون معتدل است و یا درجه حرارت داخلی بالا است، مهم‌ترین راه غیرفعال انتقال گرما مسدود شده و منجر به اعمال بار بیشتر بر روی سیستم می‌شود. در برخی مطالعات عایق‌کاری ساختمان^[3-7]، بار حرارتی داخلی در نظر گرفته نشده و یا تقریبی از بار حرارتی در نظر گرفته شده و تنها مقایسه انتقال حرارت ناشی از تفاوت دمای محیط بیرون و دمای آسایش فرضی در دو حالت دیوار (با عایق و بدون عایق) انجام گرفته است. این ساده‌سازی موجب می‌شود که در صورت بروز پدیده آنتی‌اینزولیشن وقوع آن مستتر بماند.

برخی دیگر از مطالعات به محاسبه ضخامت بهینه عایق‌کاری پرداخته‌اند. در بیشتر این مطالعات محاسبه ضخامت عایق براساس

ساختمان را بررسی نمودند که بخش مهمی از آن به مطالعه عایق‌کاری ساختمان از جهات مختلفی همچون نوع عایق، محل قرارگیری عایق، اینرسی حرارتی و پل حرارتی اختصاص یافته است. در مقاله‌هایی که در این تحقیق ذکر شده هیچ گزارشی از بررسی پدیده آنتی‌اینزولیشن ارائه نشده است.

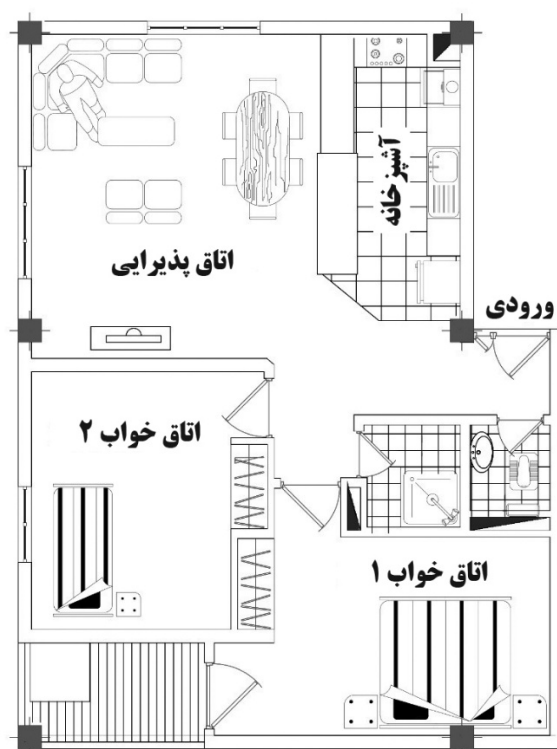
محل قرارگیری عایق در داخل دیوار از جمله فاکتورهایی است که به تفصیل در مطالعات برای حالت‌های مختلف کارکرد سیستم تهویه مطبوع (پیوسته و قطع و وصلی) مورد بررسی قرار گرفته است [19-23]. جایگیری عایق از جمله فاکتورهایی است که در تعیین ضخامت عایق در دماهای مختلف برای جلوگیری از پدیده آنتی‌اینزولیشن نیز تاثیرگذار است. بعضی از پژوهشگران وقوع بیش‌گرمایش در تابستان را در مطالعات خود گزارش کرده‌اند. نورایی و همکاران [24]، در مطالعه خود به بررسی دو ساختمان در آب‌وهوای مختلف پرداخته‌اند. یکی از این ساختمان‌ها در آب‌وهوای تهران شبیه‌سازی شده و در آن راه‌حل‌های غیرفعال برای خنک‌کاری ساختمان بررسی شده است. ساختمان دیگر که در شهری در انگلیس واقع شده است، پارامترهای مختلفی از جمله دما و رطوبت داخلی در یک ساختمان حقیقی اندازه‌گیری شده است. در این ساختمان که به خوبی عایق‌کاری شده است، ساکنین افزایش دمای بیش از اندازه را گزارش کرده‌اند. با وجود رعایت کامل تمامی استانداردهای بهینه‌سازی انرژی، آسایش ساکنین در این ساختمان، به دلیل وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن برقرار نشده است. /وزاریسوی و /الشارکوی [25] در بررسی شرایط آسایش و امکان بروز بیش‌گرمایش در ساختمان، با داده‌برداری دقیق از ساختمان نمونه و همچنین شبیه‌سازی‌های نرم‌افزاری وقوع بیش‌گرمایش را گزارش نمودند که عایق‌کاری خوب، درزبندی کامل و منابع حرارتی داخلی علل بروز این پدیده عنوان شده است. پی‌سوماس و همکاران [26]، ریسک وقوع بیش‌گرمایش در صورت به‌کارگیری روش‌های بهبود مصرف انرژی در ساختمان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنها یک ساختمان ۴ نفره برای ۴ نوع آب‌وهوای مختلف را بررسی کردند که در تمامی حالت‌ها مهم‌ترین علت وقوع بیش‌گرمایش عایق‌کاری کف ساختمان و درزگیری کامل عنوان شده است. /گوستینا و همکاران [27]، در مطالعه خود برای پیدا کردن ضخامت بهینه عایق‌کاری ساختمان، آسایش حرارتی ساکنان را نیز به‌عنوان فاکتوری مهم در نظر گرفتند. آنها مصرف انرژی ساختمان را در ضخامت‌های مختلف برای ۳ نوع آب‌وهوای متفاوت اندازه‌گیری کردند. طبق نتایج به‌دست‌آمده در بعضی شرایط، افزایش ضخامت عایق‌کاری منجر به افزایش انرژی مصرفی در تابستان شده است. بنابراین برای تعیین ضخامت بهینه در عایق‌کاری فقط فاکتورهای اقتصادی دخیل نیستند؛ بلکه می‌بایست شرایط آسایش را نیز مد نظر قرار داد. /برامبیل و جوسلم [28] در پژوهشی تجربی، برای جلوگیری از بیش‌گرمایش یک ساختمان اداری در فصول گرم، اینرسی حرارتی آن را با به‌کارگیری آجرهای کمپرس شده افزایش داده و در ضمن از تهویه طبیعی در شب استفاده نمودند. /دریس و مای [29]، در مطالعه خود به بررسی راه‌حلی برای جلوگیری از وقوع

صرفه‌جویی انرژی کل انجام گرفته است [8-10]. در این صورت ممکن است برای ضخامت بهینه به‌دست‌آمده، در طول فصول گرم پدیده آنتی‌اینزولیشن رخ دهد. /کبری‌پایدار و همکاران [11]، ضخامت بهینه عایق‌کاری با تعرفه‌های اقتصادی متفاوت را برای آب‌وهوای تهران محاسبه نمودند. آنها با در نظر گرفتن یک اتاق $4 \times 3 \times 3$ مترمکعبی انتقال حرارت از هر دیوار را برای جهات مختلف جغرافیایی محاسبه نمودند؛ به‌طوری که در صورت بررسی یک جهت، دیوارهای سایر جهات بی‌دررو (Adiabatic) در نظر گرفته شده است. با ورود پارامترهای اقتصادی از جمله هزینه انرژی برای تعرفه‌های مختلف حامل‌های انرژی، هزینه اولیه عایق‌کاری، نرخ تورم و عمر مفید ساختمان، ضخامت بهینه برای حالت‌های مختلف محاسبه شده که بین ۶ تا ۱۸ سانتی‌متر متغیر است. در این مطالعه گزارشی در رابطه با در نظر گرفتن منابع حرارت داخلی ارائه نشده است. با توجه به بازه به‌دست‌آمده برای ضخامت بهینه عایق، وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن در محدوده دمای آسایش ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد بسیار محتمل است [12]. در پژوهش‌های دیگری [13, 14] که در رابطه با مطالعه عایق‌کاری در آب‌وهوای تهران انجام گرفته تنها به بررسی پارامترهای اقتصادی بسنده شده است. خداکرمی و قبادی [15] با استفاده از نتایج شبیه‌سازی ساختمانی اداری واقع در شهر تهران به کمک نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر و سی‌اف‌دی، ۱۰ توصیه برای بهینه‌سازی انرژی ارائه نموده‌اند. از جمله این پیشنهادات اضافه‌نمودن عایق سلولزی با چگالی بالا به ضخامت ۶ سانتی‌متر است که براساس شبیه‌سازی‌ها کاهش انرژی گرمایی را به دنبال دارد، اما تاثیر آن بر بار سرمایشی ساختمان گزارش نشده است. بنابراین امکان وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن که مرتبط با انتخاب دمای آسایش در قسمت سرمایش است در نظر گرفته نشده است.

بانی‌اسدی و همکاران [16] طی مطالعه‌ای، ضخامت بهینه برای عایق و مواد تغییر فازدهنده را در ۶ شهر ایران به‌دست آورده‌اند. آنها در این بررسی ارزش‌های کنونی (Present Worth) مختلفی را برای هر شهر در نظر گرفته و با استفاده از الگوریتم ژنتیک و نرم‌افزار انرژی پلاس (Energy Plus)، ضخامت بهینه را محاسبه نمودند. بر این اساس ضخامت بهینه دیوار مواد تغییر فازدهنده در همه شهرها صفر و ضخامت عایق در شهرهای جنوبی نزدیک به صفر و در شهرهای شمالی بیشتر از ۶ سانتی‌متر است. در این مقاله با توجه به اینکه ضخامت‌های بهینه از منظر اقتصادی بررسی شده است، نتایج آن از جهت بررسی وقوع آنتی‌اینزولیشن متفاوت است. /میری‌راد و فلاحی [17] در مطالعه دیگری برای تعیین ضخامت بهینه عایق، سه فاکتور انرژی، اقتصاد و محیط زیست را به‌طور همزمان مد نظر قرار داده‌اند. آنها نشان دادند که ضخامت بهینه در حالتی که هر یک از این فاکتورها به‌تنهایی بررسی شود با حالتی که تمامی فاکتورها به‌صورت همزمان در نظر گرفته شود، متفاوت خواهد بود. حال آنکه با اضافه‌کردن فاکتور دمای آسایش بهینه به این پژوهش نیز می‌توان نتایج متفاوتی به‌دست آورد. /میری‌فرد و همکاران [18] در مقاله‌ای مروری، روش‌های غیرفعال صرفه‌جویی در مصرف انرژی

ساختمان، هر یک از اتاق‌ها و سرویس بهداشتی به‌عنوان یک زون واحد و آشپزخانه و اتاق نشیمن با یکدیگر به‌عنوان یک زون در نظر گرفته شده‌اند. به جز سرویس بهداشتی، تمامی زون‌ها به سیستم تهویه مطبوع مجهز است. دیوارهای خارجی در معرض مستقیم تابش نور خورشید قرار دارند و بخشی از این تابش از طریق پنجره‌ها وارد محیط داخلی می‌شود.

ساختمان مورد مطالعه با عایق پلی‌استایرن در سه حالت عایق‌کاری داخلی، خارجی و میانی در ضخامت‌های ۲، ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متری عایق‌کاری شده است. مصالح به‌کاررفته و ویژگی‌های فیزیکی آنها به‌ترتیب در جدول ۱ و شکل ۲ نشان داده شده است که از جداول مبحث ۱۹ نظام مهندسی استخراج شده است [2]. شبیه‌سازی برای هشت شهر با آب‌وهوای مختلف که هر کدام نماینده یکی از ۸ اقلیم رسمی ایران هستند، انجام شده است. اقلیم بندی هشت‌گانه و ویژگی‌های مربوط به آن در جدول ۲ ذکر شده است [30].



شکل (۱) پلان ساختمان نمونه

آنتی‌اینزولیشن از طریق تغییر جایگیری لایه‌های دیوار خارجی پرداختند که در میان منابع مطالعه‌شده، تنها در این پژوهش، به‌طور مستقیم به بررسی رابطه عایق‌کاری با دمای آسایش کولینگ در جهت جلوگیری از وقوع آنتی‌اینزولیشن پرداخته شده است.

با توجه به مطالب ذکرشده، پدیده آنتی‌اینزولیشن به‌عنوان فاکتور بسیار مهم و تاثیرگذار بر مصرف انرژی و آسایش ساکنین آنچنان که نیاز است مورد مطالعه قرار نگرفته و حتی در داخل کشور ناشناخته باقی مانده است. در حالی که سیاست‌گذاری‌های اخیر کشور برای کاهش مصرف انرژی از طریق بالابردن بهای حامل‌های انرژی و ملزم‌نمودن به استفاده از عایق در ساختمان‌ها، وقوع این پدیده را تشدید می‌نماید. بنابراین در این مقاله برای اولین بار برای دماهای آسایش مختلف، نرخ مصرف انرژی ساختمان نمونه برای ضخامت‌های مختلف عایق‌کاری با ساختمان بدون عایق مقایسه شده تا نقطه دمای وقوع آنتی‌اینزولیشن مشخص شود. این محاسبات برای سه حالت عایق‌کاری (داخلی، میانی و خارجی) در ۸ اقلیم ایران انجام گرفته است. با در نظر گرفتن دقیق منابع حرارت داخلی، نقطه وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن در ۵۷۶ حالت (۶ نقطه دمایی ۴* ضخامت عایق ۳* حالت عایق‌کاری ۸* اقلیم) بررسی شده است که می‌تواند مرجع مناسبی برای پژوهش‌های آتی و مقایسه نتایج مطالعات گذشته برای جلوگیری از پدیده آنتی‌اینزولیشن در اقلیم‌های مختلف ایران باشد.

بیان مساله و مدل‌سازی ساختمان

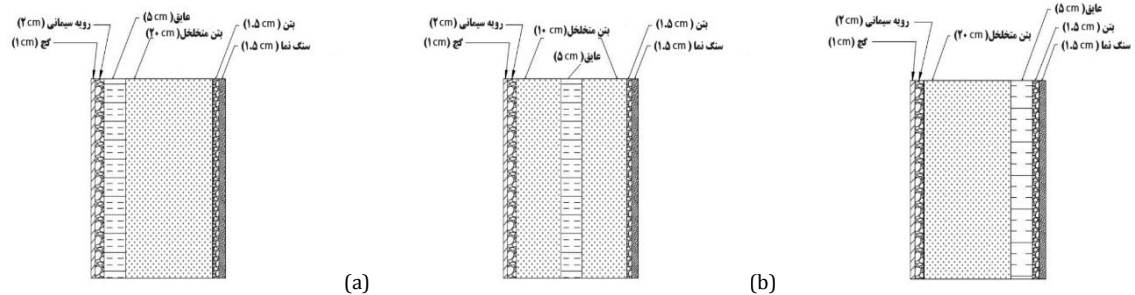
در این بخش ابتدا به معرفی کامل مدل فیزیکی از جمله معرفی نقشه، جهت‌گیری ساختمان، مصالح به‌کاررفته و اقلیم هشت‌گانه ایران و سپس به تشریح کامل پدیده آنتی‌اینزولیشن پرداخته شده است. در نهایت پارامترهای شبیه‌سازی و اطلاعات ورودی، جهت مدل‌سازی از جمله جدول منابع حرارت داخلی و زمان‌بندی سیستم تهویه مطبوع آورده شده است.

معرفی مدل فیزیکی

ساختمان شبیه‌سازی‌شده که در شکل ۱ نشان داده شده است، یک واحد ۸۰ مترمربعی است که در طبقه میانی یک ساختمان هفت طبقه واقع شده است. این واحد شامل دو اتاق خواب، یک اتاق نشیمن، آشپزخانه و سرویس بهداشتی است. در تحلیل حرارتی

جدول (۱) مشخصات فیزیکی مصالح به‌کاررفته در دیوار

نوع مصالح	چگالی (kg/m^3)	ضریب هدایت گرمایی (W/K.m)	ضریب ظرفیت گرمایی (J/kg.K)
سنگ مرمر	۲۵۹۰	۳	۸۶۰
بتن متخلخل	۱۹۰۰	۱/۳۴	۹۰۰
پلاستر سیمان	۱۴۶۰	۰/۷۲	۸۰۰
پلاستر گچ	۱۲۰۰	۰/۵	۱۰۹۰
عایق پلی‌استایرن	۴۰	۰/۰۳۸	۱۲۱۰

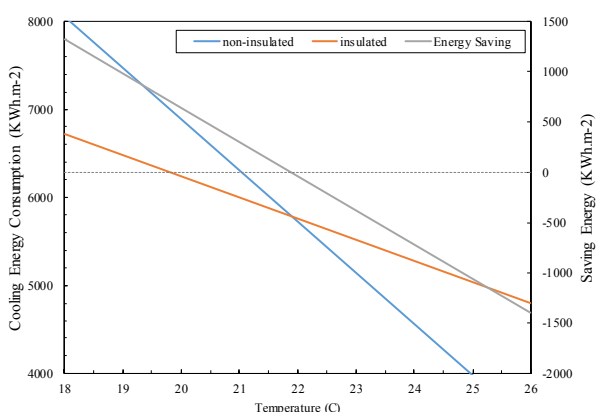


شکل ۲) اندازه و محل قرارگیری مصالح در دیوار: (a) عایق کاری داخلی، (b) عایق کاری میانی، (c) عایق کاری خارجی

جدول ۲) میانگین دما و رطوبت در اقلیم‌بندی هشت‌گانه رسمی در ایران

اقلیم	میانگین حداکثر دما در تابستان (°C)	میانگین رطوبت نسبی در تابستان (%)	میانگین حداقل دما در زمستان (°C)	میانگین رطوبت نسبی در زمستان (%)	نمونه شهر
بسیار سرد	۲۵-۳۰	۴۵-۵۵	-۱۰ تا ۰	۷۵-۶۵	سراب
سرد	۳۵-۴۰	۲۵-۴۰	-۱۰ تا ۰	۷۵-۶۵	تبریز
معتدل و بارانی	۲۵-۳۰	بیشتر از ۶۰	۵ تا ۰	بیشتر از ۶۰	رشت
نیمه‌معتدل و بارانی	۳۰-۳۵	بیشتر از ۵۰	۵ تا ۰	بیشتر از ۶۰	مغان
نیمه‌خشک	۳۵-۴۰	۲۰-۴۵	۵ تا ۰	۶۰-۴۰	تهران
گرم و خشک	۳۵-۴۵	۱۵-۲۰	۵ تا ۰	۵۰-۳۵	زاهدان
بسیار گرم و خشک	۴۵-۵۰	۲۰-۳۰	۱۰ تا ۵	۷۰-۶۰	اهواز
بسیار گرم و مرطوب	۳۵-۴۰	بیشتر از ۶۰	۱۰ تا ۲۰	بیشتر از ۶۰	بندرعباس

صرفه‌جویی منفی می‌شود؛ یعنی از دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به بعد، پدیده آنتی‌اینزولیشن رخ می‌دهد. دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نقطه عطف دمایی است. بنابراین در ساختمان عایق‌کاری شده به‌طور مثال دمای آسایش ۲۱ درجه سانتی‌گراد منجر به صرفه‌جویی بیشتری نسبت به دمای آسایش ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده می‌بایست در هنگام عایق‌کاری به تعیین دمای کارکرد سیستم تهویه مطبوع توجه داشت.



نمودار ۱) مصرف انرژی سرمایشی سالانه در دماهای طرح مختلف برای عایق ۵ سانتی‌متر

پارامترهای شبیه‌سازی

شبیه‌سازی سالانه بار حرارتی و برودتی ساختمان در نرم‌افزار انرژی‌پلاس که ابزاری معتبر، جهت شبیه‌سازی دینامیک جریان‌های

معرفی پدیده آنتی‌اینزولیشن

منابع داخلی حرارت در ساختمان برابر با مجموع گرمای محسوس ساکنین، روشنایی، تجهیزات الکتریکی، لوله‌های آب گرم، گرمای تابشی عبوری از جدارهای نورگذر و غیره است. عایق‌کاری دیوار همواره موجب کاهش انتقال حرارت از جدار می‌شود. اما این کاهش انتقال حرارت همواره مطلوب نیست. در فصول گرم در زمان‌هایی که حرارت داخل ساختمان بالا می‌رود، بهتر است این حرارت به‌صورت غیرفعال از طریق دیوارها به محیط بیرون انتقال یابد. با وجود عایق، این راه انتقال مسدود شده و این گرما در محیط داخل انباشته می‌شود. بنابراین سیستم تهویه مطبوع می‌بایست گرمای بیشتری را نسبت به ساختمان بدون عایق از محیط حذف نماید. به عبارت دیگر، عایق‌کاری ساختمان منجر به مصرف انرژی بیشتری نسبت به حالت بدون عایق‌کاری می‌شود و در واقع صرفه‌جویی انرژی منفی خواهد شد. با بالا بردن دمای آسایش امکان بروز این پدیده بالاتر می‌رود و به‌جای صرفه‌جویی، باعث مصرف انرژی بیشتری می‌شود. نمودار مصرف انرژی برای ساختمان بدون عایق و عایق‌کاری شده با عایق پلی‌استایرن به ضخامت ۵ سانتی‌متر، برای دماهای آسایش مختلف را نمودار ۱ نشان داده شده است. در منحنی مربوط به ساختمان عایق‌کاری شده با افزایش دمای آسایش همواره شاهد کاهش مصرف انرژی هستیم؛ اما هنگامی که روند منحنی را با منحنی مربوط به ساختمان بدون عایق‌کاری مقایسه می‌کنیم، از دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به بعد مصرف انرژی ساختمان عایق‌کاری شده از ساختمان بدون عایق‌کاری بیشتر شده و درصد

مطبوع تعریف شده است. تعداد ساکنین ساختمان ۴ نفر است که گرمای محسوس و نهان آنها محاسبه گشته است. تمامی منابع تولید حرارت داخلی در محاسبات گنجانده شده است. گرمای حاصل از ساکنین، روشنایی و تجهیزات برای هر ساعت از روز در جدول ۴ نشان داده شده است. داده‌های متوسط هواشناسی سالانه برای شبیه‌سازی با گام یک دقیقه توسط نرم‌افزار متونرم (Meteonorm) و یا از سایت رسمی نرم‌افزار انرژی‌پلاس استخراج شده است. محدوده دمای آسایش مورد بررسی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با گام دو درجه است.

انرژی در ساختمان است، انجام شده است. سیستم تهویه مطبوع تعریف‌شده در این مطالعه از نوع سیستم بار حرارتی ایده‌آل است که برای تعیین بار حرارتی و برودتی ساختمان مطابق با برنامه عملکردی جدول ۳، به‌کار رفته است. سوخت مصرفی گرمایش ساختمان، گاز طبیعی بوده و به‌منظور سرمایش و تهویه از برق شهری استفاده شده است.

همچنین براساس نوع کاربری ساختمان و میزان اشغال فضاها توسط ساکنین در روزها و ساعات مختلف روز، برنامه زمانی برای چگونگی عملکرد سیستم‌های روشنایی، گرمایش، سرمایش و تهویه

جدول ۳) برنامه عملکرد سیستم تهویه مطبوع برای بخش‌های مختلف در طول شبانه‌روز

شرایط کاری			
ساعت	اتاق نشیمن	اتاق خواب ۱	اتاق خواب ۲
۰۶:۳۰ - ۰۸:۰۰	خاموش	روشن	روشن
۰۸:۰۰ - ۱۴:۰۰	روشن	خاموش	خاموش
۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	خاموش	خاموش	خاموش
۱۵:۰۰ - ۱۷:۰۰	خاموش	روشن	خاموش
۱۷:۰۰ - ۱۹:۰۰	روشن	خاموش	خاموش
۱۹:۰۰ - ۲۲:۰۰	خاموش	روشن	روشن
۲۲:۰۰ - ۲۴:۰۰	خاموش	خاموش	روشن

جدول ۴) میزان گرمای دریافتی از منابع حرارتی داخلی در طول شبانه‌روز

اتاق نشیمن								
اتاق خواب ۱			اتاق خواب ۲			ساعت		
ساکنین (W)	تجهیزات (W/m ²)	روشنایی (W/m ²)	ساکنین (W)	تجهیزات (W/m ²)	روشنایی (W/m ²)	ساکنین (W)	تجهیزات (W/m ²)	روشنایی (W/m ²)
۷۲	۰	۰/۲۵	۷۲	۰	۰/۲۵	۰۰:۰۰ - ۰۶:۳۰	۰	۰
۰	۰	۰/۶۲۵	۰	۰	۰/۶۲۵	۰۶:۳۰ - ۰۸:۰۰	۱۰۸	۲۴۹/۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰۸:۰۰ - ۱۴:۰۰	۰	۲۴۹/۱
۱۰۸	۵۰	۱/۲۵	۱۰۸	۵۰	۱/۲۵	۱۴:۰۰ - ۱۵:۰۰	۰	۲۴۹/۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵:۰۰ - ۱۶:۰۰	۱۲۸/۵	۲۴۹/۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶:۰۰ - ۱۷:۰۰	۱۲۶	۵۳۰
۱۰۸	۵۰	۱/۲۵	۱۰۸	۵۰	۱/۲۵	۱۷:۰۰ - ۱۹:۰۰	۰	۲۴۹/۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹:۰۰ - ۲۰:۰۰	۱۴۲	۵۳۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰:۰۰ - ۲۲:۰۰	۱۰۸	۵۳۰
۷۲	۰	۰	۷۲	۰	۰	۲۲:۰۰ - ۲۴:۰۰	۰	۲۴۹/۱

بحث

برای بررسی این مهم که چرا پدیده آنتی‌اینزولیشن آنچنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است، نمودار مصرف انرژی سرمایشی سالانه برحسب ضخامت‌های مختلف عایق‌کاری برای دماهای مختلف در نمودار ۲ رسم شده است. این نمودار مربوط به عایق‌کاری خارجی برای آب‌وهوای تهران است.

بررسی پدیده آنتی‌اینزولیشن

نقطه M₁ مصرف انرژی برای دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در ضخامت ۵ سانتی‌متر در نمودار ۲ نشان داده شده است و نقطه M₂ نماینده مصرف انرژی برای دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد در ضخامت مشابه است. با توجه به نمودار مصرف انرژی نقطه M₂ کمتر از نقطه M₁

است؛ یعنی در یک ضخامت مشخص، افزایش دمای آسایش باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود. این امر با مقایسه نقاط Z₁ و Z₂ که نماینده مصرف انرژی در دماهای مختلف برای ضخامت یکسان هستند نیز مشخص می‌شود. در مقایسه نقطه Z₁ با نقطه M₁ که هر دو مربوط به یک دما هستند مصرف انرژی نقطه Z₁ کمتر از M₁ است؛ یعنی با افزایش ضخامت مصرف انرژی کاهش یافته است. اما هنگامی که این مقایسه را در دمای بالاتر برای نقطه M₂ و Z₂ انجام دهیم، در می‌یابیم که مصرف انرژی در نقطه M₂ بیشتر از نقطه Z₂ است. یعنی مصرف انرژی در یک دمای مشخص با افزایش ضخامت، بالاتر می‌رود. علت اینکه پدیده آنتی‌اینزولیشن آنچنان که باید مورد توجه قرار نگرفته است این است که، مقایسه

پدیده آنتی‌اینزولیشن در اقلیم بسیارگرم و مرطوب (شهر بندرعباس)

در اقلیم بسیارگرم و مرطوب، همانند اقلیم قبلی برای هر سه روش عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی در تمامی دماها افزایش ضخامت عایق‌کاری منجر به صرفه‌جویی انرژی می‌شود (نمودار ۳- f, e, d). کاهش تاثیر عایق‌کاری در مصرف انرژی با افزایش دما در این اقلیم نیز محسوس است زیرا که با افزایش ضخامت عایق شیب منحنی‌های مصرف انرژی کاهش می‌یابد. در این اقلیم نیز عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی دارای بیشترین تا کمترین مصرف انرژی هستند و در هر سه روش عایق‌های ۸ و ۱۱ سانتی‌متری مصرف انرژی تقریباً یکسانی دارند. مصرف انرژی عایق‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متری با افزایش دما به یکدیگر می‌شود. پدیده آنتی‌اینزولیشن در این اقلیم نیز همانند اقلیم قبلی مشاهده نمی‌شود.

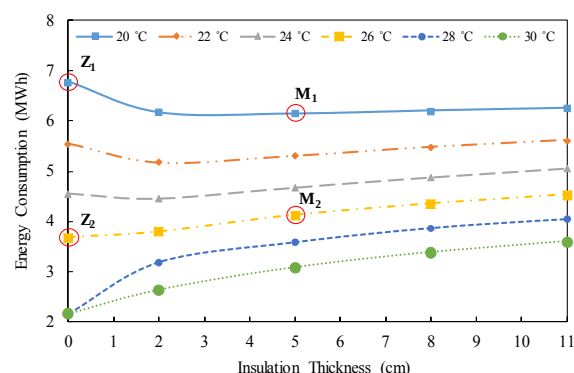
پدیده آنتی‌اینزولیشن در اقلیم گرم و خشک (شهر زاهدان)

در این اقلیم با افزایش دما، عایق‌کاری تاثیر کمتری بر مصرف انرژی سرمایه‌ی در هر سه روش عایق‌کاری دارد. در عایق‌کاری داخلی (نمودار ۳- g) تا دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد با افزایش ضخامت عایق‌کاری، میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد. اما بعد از دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد عایق‌کاری با ضخامت کمتر به مراتب عملکرد بهتری دارد. یعنی ضخامت‌های ۲، ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متری به ترتیب کمترین تا بیشترین مصرف انرژی را دارند؛ این به علت انباشت گرمایی در داخل ساختمان است که با ضخامت عایق نسبت مستقیم دارد. در دمای نزدیک به ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای ضخامت‌های ۵، ۸، ۱۱ سانتی‌متری پدیده آنتی‌اینزولیشن اتفاق می‌افتد. این پدیده برای عایق‌کاری با ضخامت ۲ سانتی‌متری در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. علت این تاخیر این است که به دلیل نازک‌تر بودن عایق انباشت گرمایی در داخل ساختمان دیرتر اتفاق می‌افتد.

همان طور که در نمودار ۳- h دیده می‌شود، در عایق‌کاری میانی تا دمای تقریبی ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش ضخامت عایق‌کاری مصرف انرژی کاهش می‌یابد. بعد از این دما تا دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، برای ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر میزان مصرف انرژی تقریباً یکسان است. از دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به بعد، ترتیب صرفه‌جویی برای ضخامت‌های مختلف، برعکس می‌شود؛ یعنی ضخامت کمتر منجر به صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. پدیده آنتی‌اینزولیشن برای ضخامت‌های ۱۱، ۸ و ۵ سانتی‌متر به ترتیب در دماهای ۲۵، ۲۵/۳، ۲۶ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. این پدیده برای ضخامت ۲ سانتی‌متر در ۲۷ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد.

در عایق‌کاری خارجی (نمودار ۳- i) تا نزدیکی‌های دمای ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش ضخامت عایق، مصرف انرژی به تناسب کاهش می‌یابد. اما بعد از این دما، عایق‌کاری با ضخامت کمتر منجر به صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. برای ضخامت ۱۱ سانتی‌متر پدیده آنتی‌اینزولیشن در دمای ۲۵/۸ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. بعد از آن برای ضخامت‌های ۸، ۵ و ۲ سانتی‌متر به ترتیب در دماهای ۲۶،

مصرف انرژی به صورت عمودی (M_1 با M_2) صورت می‌گیرد، در حالی که این مقایسه می‌بایست به صورت افقی (Z_2 با M_2) انجام پذیرد؛ زیرا که هدف از عایق‌کاری کاهش مصرف انرژی نسبت به حالت اولیه یعنی ساختمان بدون عایق است. هنگامی که تعیین دمای آسایش صحیح یا بهینه مورد توجه قرار نمی‌گیرد، عایق‌کاری معکوس عمل کرده و منجر به افزایش مصرف انرژی می‌شود. همان طور که از روی نمودار پیداست با بالا رفتن دمای آسایش، امکان بروز پدیده آنتی‌اینزولیشن بالا می‌رود؛ بنابراین افزایش دمای آسایش همواره موجب کاهش مصرف انرژی نمی‌شود. از طرفی همان طور که پیش‌تر اشاره شد ساده‌سازی در محاسبه بار حرارتی داخلی موجب بروز اشتباه در تعیین ضخامت عایق‌کاری می‌شود؛ بنابراین در این مقاله بار حرارتی داخلی به طور دقیق در نظر گرفته شده است.



نمودار ۲) پدیده آنتی‌اینزولیشن برای ضخامت‌های مختلف عایق در محدوده دماهای طرح برای شهر تهران

پدیده آنتی‌اینزولیشن در اقلیم بسیارگرم و خشک (شهر اهواز)

در اقلیم بسیارگرم و خشک، همان طور که در نمودار ۳- a تا c دیده می‌شود، برای هر سه روش عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی در تمامی دماها، افزایش ضخامت عایق‌کاری منجر به صرفه‌جویی انرژی می‌شود. با افزایش ضخامت عایق‌کاری شیب منحنی‌های مصرف انرژی کاهش می‌یابد؛ یعنی با افزایش دما، عایق‌کاری تاثیر کمتری در کاهش مصرف انرژی سرمایه‌ی دارد که از اثرات افزایش انباشت گرمایی در داخل ساختمان است. همان طور که از نمودار ۳- a تا c پیداست، میزان مصرف انرژی برای ضخامت‌های ۸ و ۱۱ سانتی‌متر در هر سه روش عایق‌کاری تقریباً با یکدیگر برابر است و از دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در عایق‌کاری داخلی و تقریباً از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در عایق‌کاری خارجی و میانی، مصرف انرژی ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر یکسان است؛ که این امر را می‌بایست در ملاحظات اقتصادی در نظر داشت. در این اقلیم پدیده آنتی‌اینزولیشن به علت آب‌وهوای بسیارگرم بیرون رخ نمی‌دهد. عایق‌کاری داخلی، میانی، خارجی به ترتیب بیشترین تا کمترین مصرف انرژی را دارند؛ که این به علت میزان استفاده از اینرسی حرارتی دیوار، برای حذف گرماهای داخل ساختمان به صورت غیرفعال است.

۲۶/۷ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد آنتی‌ایزولیشن رخ می‌دهد. پدیده آنتی‌ایزولیشن در عایق‌کاری خارجی نسبت به عایق‌کاری میانی در دماهای بالاتری اتفاق می‌افتد. علت این تاخیر استفاده از جرم حرارتی در عایق‌کاری خارجی است که در حذف بخشی از گرمای داخلی به‌صورت غیرفعال بسیار موثر است. این نسبت برای عایق‌کاری میانی نسبت به عایق‌کاری داخلی نیز برقرار است.

پدیده آنتی‌ایزولیشن در اقلیم نیمه‌خشک (شهر تهران)

در این اقلیم، در هر سه روش عایق‌کاری، ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر عملکرد بسیار نزدیک به یکدیگر دارند، که باید در ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شود. در عایق‌کاری داخلی (نمودار ۳- j) تا دمای تقریبی ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد با افزایش ضخامت عایق میزان صرفه‌جویی افزایش می‌یابد اما بعد از این دما ترتیب صرفه‌جویی برای ضخامت‌های مختلف برعکس است. پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت ۱۱ سانتی‌متر در ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد، برای ۸ سانتی‌متر در ۲۸ درجه سانتی‌گراد، برای ۵ سانتی‌متر در ۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد و برای ۲ سانتی‌متر بعد از ۳۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد.

در عایق‌کاری میانی (نمودار ۳- k) از دمای تقریبی ۲۴ درجه سانتی‌گراد ترتیب صرفه‌جویی برای عایق‌کاری با ضخامت‌های مختلف برعکس می‌شود یعنی عایق با ضخامت کمتر منجر به صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۱۱، ۸، ۵ سانتی‌متر به‌ترتیب در دماهای ۲۷/۵، ۲۸، ۲۹/۴ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. در این روش برای ضخامت ۲ سانتی‌متر آنتی‌ایزولیشن رخ نمی‌دهد.

در روش عایق‌کاری خارجی (نمودار ۳- l) از دمای نزدیک ۲۴ درجه سانتی‌گراد ضخامت کمتر عایق‌کاری منجر به صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. در این روش نیز برای ضخامت ۲ سانتی‌متر پدیده آنتی‌ایزولیشن رخ نمی‌دهد. برای ضخامت‌های ۱۱، ۸، ۵ سانتی‌متر پدیده آنتی‌ایزولیشن به‌ترتیب در دماهای ۲۷/۷، ۲۸/۶، ۲۹/۷ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد.

پدیده آنتی‌ایزولیشن در اقلیم نیمه‌معتدل بارانی (شهر مغان)

در این اقلیم، در هر سه روش عایق‌کاری در دمای پایین (۲۰ درجه سانتی‌گراد) عملکرد ضخامت‌های مختلف عایق‌کاری تقریباً با یکدیگر برابر است اما با افزایش دما، ضخامت کمتر منجر به صرفه‌جویی بیشتری می‌شود. در عایق‌کاری داخلی (نمودار ۴- a) پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۱۱، ۸، ۵ و ۲ سانتی‌متر به‌ترتیب در دماهای ۲۱/۸، ۲۲/۲، ۲۲/۵ و ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد.

در روش عایق‌کاری میانی (نمودار ۴- b) این پدیده برای ضخامت‌های ۱۱، ۸، ۵ و ۲ سانتی‌متر در دماهای ۲۲/۳، ۲۲/۸ و ۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد و در عایق‌کاری خارجی (نمودار ۴- c) در دماهای ۲۲، ۲۲/۵، ۲۳، ۲۶ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد.

پدیده آنتی‌ایزولیشن در اقلیم معتدل بارانی (شهر رشت)

در این اقلیم در عایق‌کاری داخلی (نمودار ۴- d) تا دمای ۲۲ درجه

سانتی‌گراد با افزایش ضخامت عایق، میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد اما از این دما به بعد ضخامت کمتر عملکرد بهتری دارد. در این آب‌وهوا عملکرد عایق‌ها پیش از دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد بسیار نزدیک به یکدیگر است و عایق‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر تقریباً مصرف برابری دارند. بنابراین بهتر است این مساله در ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شود. پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر در نزدیکی‌های دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. برای ضخامت ۲ سانتی‌متر از دمای ۲۵ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد مصرف انرژی ساختمان بدون عایق با ساختمان عایق‌کاری‌شده برابر می‌شود و بعد از دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد پدیده آنتی‌ایزولیشن رخ می‌دهد. در عایق‌کاری میانی (نمودار ۴- e) تا دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد با افزایش ضخامت مصرف انرژی کاهش می‌یابد، ضمن اینکه مصرف انرژی برای ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر تقریباً با هم برابر هستند. بعد از این دما عایق با ضخامت کمتر مصرف انرژی کمتری را دارد. در حدود دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر اتفاق می‌افتد. این پدیده برای ضخامت ۲ سانتی‌متر در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. در روش عایق‌کاری خارجی (نمودار ۴- f) نیز ضخامت‌های ۵، ۸ و ۱۱ سانتی‌متر عملکرد نزدیک به یکدیگر دارند و تا دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد افزایش ضخامت عایق باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود اما بعد از این دما روند صرفه‌جویی معکوس می‌شود. پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۸ و ۱۱ سانتی‌متر در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. این پدیده برای ضخامت‌های ۵ و ۲ سانتی‌متری به‌ترتیب در دماهای ۲۵ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد.

پدیده آنتی‌ایزولیشن در اقلیم سرد و خشک (شهر تبریز)

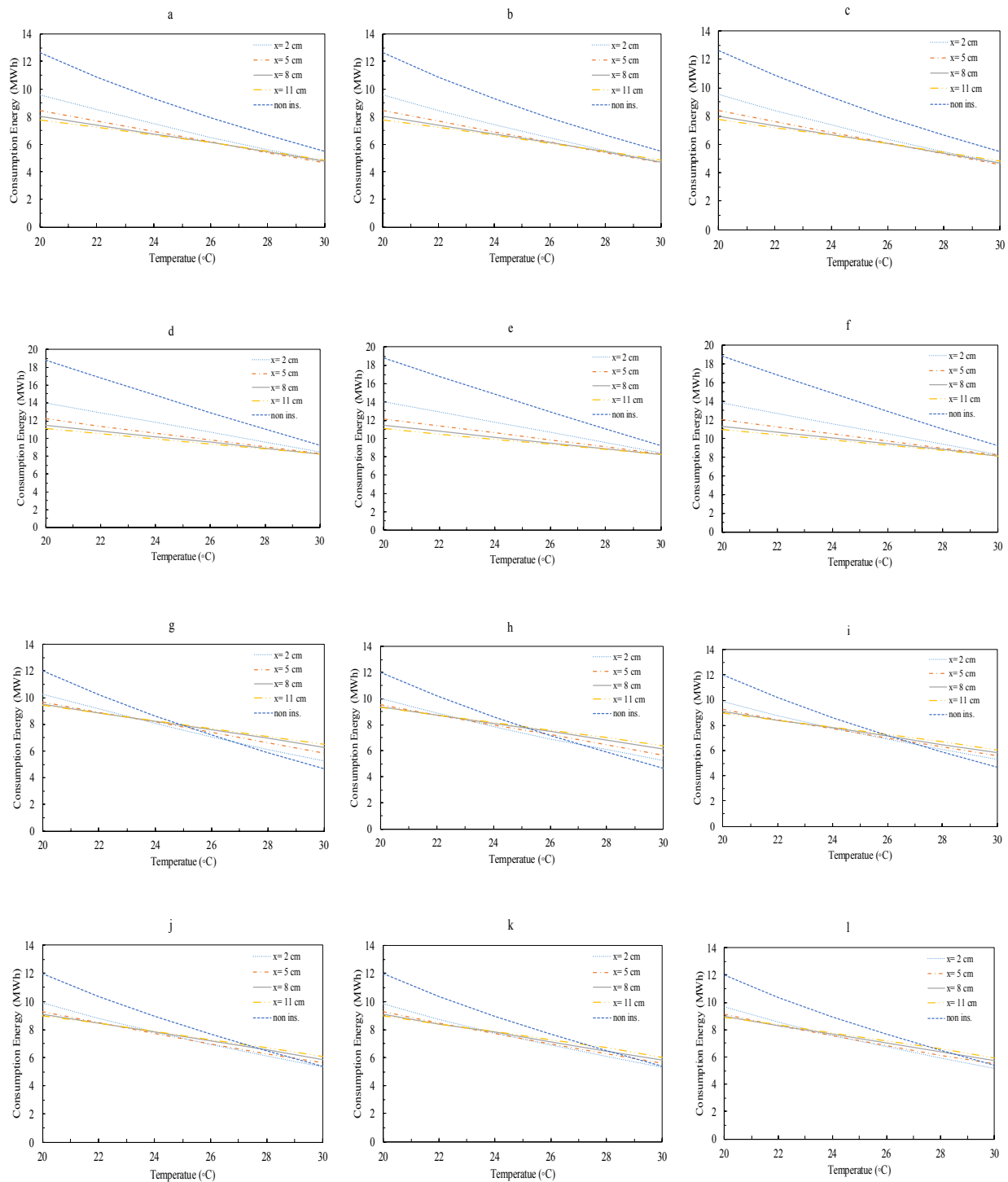
در این اقلیم عایق‌کاری ساختمان موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود اما عایق‌کاری با ضخامت کمتر عملکرد بهتری را در بخش سرمایش نشان می‌دهد که علت آن آب‌وهوای سرد شهر تبریز است. زیرا عایق‌کاری با ضخامت کمتر قادر است گرمای داخلی بیشتری را به‌صورت غیرفعال از طریق دیوارها به محیط بیرون انتقال دهد. در عایق‌کاری داخلی (نمودار ۴- g) پدیده آنتی‌ایزولیشن برای ضخامت‌های ۱۱، ۸، ۵ و ۲ سانتی‌متر در دماهای ۲۲/۵، ۲۳/۵ و ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. این پدیده در عایق‌کاری میانی (نمودار ۴- h) برای ضخامت‌های ذکرشده به‌ترتیب در دماهای ۲۲/۷، ۲۳/۷ و ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد و برای عایق‌کاری خارجی (نمودار ۴- i) به‌ترتیب در دماهای ۲۲، ۲۲/۸، ۲۴ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد.

پدیده آنتی‌ایزولیشن در اقلیم بسیار سرد (شهر سراب)

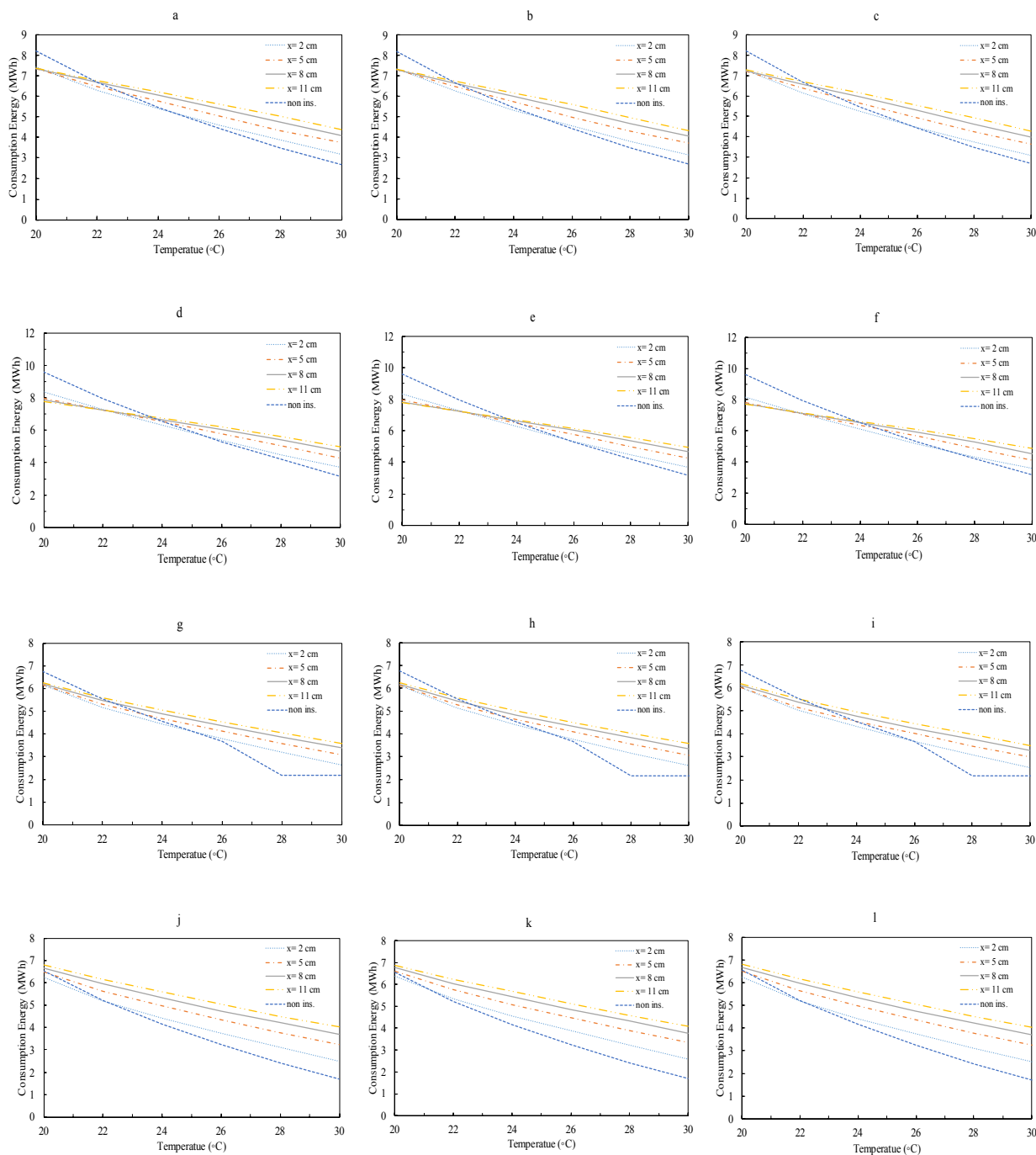
در این اقلیم به‌علت آب‌وهوای بسیار سرد بیرون به‌طور کلی عایق‌کاری منجر به افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود؛ زیرا با عایق‌کاری راه‌های انتقال غیرفعال گرمای داخلی به بیرون مسدود شده و انباشت گرمایی رخ می‌دهد. فقط برای عایق با ضخامت ۲ سانتی‌متر برای دمای کمتر از ۲۱ درجه سانتی‌گراد در عایق‌کاری

می‌توان آن را نادیده گرفت. البته ذکر این نکته ضروری است که چون عوامل مختلفی از جمله پدیده جزیره گرمایی در کلان‌شهرها، افزایش گرماهای داخلی و گرمایش جهانی می‌تواند وقوع این پدیده را تسریع نماید، محاسبات برای رنج دمایی گسترده انجام شده تا شناخت از وقوع یا عدم وقوع این پدیده به‌صورت اطلاعات تکمیلی و هشداردهنده گزارش شود.

داخلی، برای دمای کمتر از ۲۱/۶ درجه سانتی‌گراد برای عایق‌کاری میانی و برای دمای کمتر از ۲۲ درجه سانتی‌گراد برای عایق‌کاری خارجی صرفه‌جویی انرژی مشاهده می‌شود (نمودار ۳- j, k, l). لازم به ذکر است از آنجایی که در کشور ایران معمولاً دمای آسایش برای سرمایش کمتر از ۲۶ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود در حالت‌هایی که پدیده آنتی‌اینزولیشن در بالاتر از این دما رخ دهد



نمودار ۳) آنتی‌اینزولیشن برای عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی در محدوده دماهای طرح در اقلیم‌های مختلف: (a-c) اهواز، (d-f) بندرعباس، (g-i) زاهدان، (j-l) تهران



نمودار ۴) آنتی‌ایزولیشن برای عایق‌کاری داخلی، میانی و خارجی در محدوده دماهای طرح در اقلیم‌های مختلف: (a-c) مغان، (d-f) رشت، (g-i) تبریز، (j-l) سراب

انرژی گرمایشی و کل

انرژی مصرفی گرمایشی برای ضخامت‌های مختلف عایق‌کاری در هر سه روش داخلی، میانی و خارجی در جدول ۵ نشان داده شده است. این جدول که به‌عنوان نمونه برای دمای آسایش سرمایشی ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای ۸ اقلیم رسمی ایران آورده شده است، نشان می‌دهد که همواره با افزایش ضخامت عایق، انرژی مصرفی گرمایشی و کل کاهش می‌یابد؛ به جز شهر رشت که در آنجا وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن در انرژی کل نیز تاثیر گذاشته و منجر به افزایش انرژی کل در صورت عایق‌کاری شده است. در مناطقی که در نواحی با آب‌وهوای بسیار گرم واقع نشده‌اند (۶ اقلیم از ۸ اقلیم)، پدیده

آنتی‌ایزولیشن رخ داده و منجر به اعمال بار بیشتر سرمایشی می‌شود که با افزایش ضخامت عایق این پدیده تشدید می‌شود. درست است که با نصب عایق مصرف انرژی کل کاهش می‌یابد، اما در مناطق مذکور اعمال بار سرمایشی بیشتر می‌تواند زیان‌های مالی را برای ساکنین به همراه داشته باشد. به‌خصوص که نیاز سرمایشی ساختمان‌ها از طریق مصرف برق تامین گشته و بهای برق در فصول گرم به‌ویژه زمان‌های پیک بار، افزایش یافته و به‌صورت تصاعدی محاسبه می‌شود. از طرفی افزایش مصرف انرژی سرمایشی از دیدگاه ملی نیز مطلوب نیست و زیان‌های زیست‌محیطی را نیز به دنبال دارد (به‌خصوص در مورد نیروگاه‌هایی که سوخت آنها گاز طبیعی

در سمت شمال به مساحت ۱/۳۲ مترمربع است. برای بررسی تأثیر ابعاد و مساحت پنجره بر پدیده آنتی‌ایزولیشن، ابعاد هر یک از پنجره‌ها تا ۵۰٪ با گام ۱۰٪ بزرگ‌تر شده و میزان انرژی سرمایشی مصرفی برای ساختمان عایق‌کاری‌شده و بدون عایق محاسبه شده است. سپس با استفاده از آن نقطه وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن تعیین گشته است. نمودار ۵ این نقاط دمایی به‌ازای درصدهای بزرگنمایی پنجره‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودار پیدا است با بزرگ‌تر شدن ابعاد پنجره‌ها نقطه دمایی وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن به سمت دماهای پایین‌تر هدایت می‌شود و این به‌دلیل بالا رفتن حرارت اکتسابی از تابش خورشیدی عبوری از پنجره‌ها است. با افزایش مساحت پنجره به میزان ۵۰٪ پدیده آنتی‌ایزولیشن به‌جای دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در دمای ۲۳/۲۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. یعنی افزایش ۵۰ درصدی منجر به جابجایی نقطه دمایی وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن به میزان تقریباً ۱ درجه می‌شود. این مشکل در اقلیم‌هایی که شدت تابش خورشید در آنها بیشتر است تشدید می‌یابد. حال به‌دلیل اینکه در ساخت‌وسازهای اخیر استفاده از نماهای شیشه‌ای بزرگ رونق زیادی یافته و از طرفی مساحت واحدهای مسکونی به‌دلیل افزایش جمعیت و ملاحظات اقتصادی کوچک‌تر شده است [25]، رویارویی با وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن در واحدهای مسکونی حتمی به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است برای بررسی تأثیر مساحت، میزان هوای نفوذی از پنجره‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

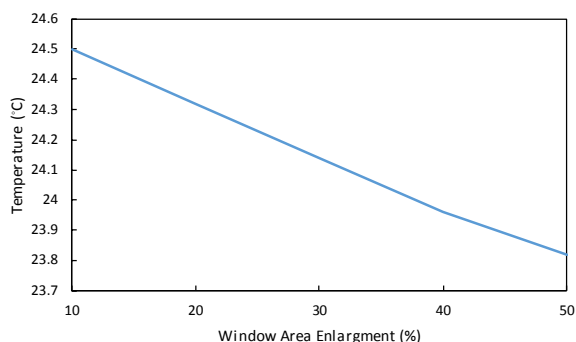
نبوده و آلودگی بیشتری تولید می‌کنند). برای حل این مشکل کاهش ضخامت عایق‌کاری منطقی به نظر نمی‌رسد زیرا همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، افزایش ضخامت عایق‌کاری منجر به صرفه‌جویی بیشتر در انرژی گرمایشی و کل می‌شود. بنابراین تعیین دمای آسایش سرمایشی بهینه برای هر ضخامت عایق به‌منظور جلوگیری از بروز پدیده آنتی‌ایزولیشن ضروری است تا بتوان در هر دو بخش گرمایش و سرمایش ساختمان از فواید عایق بهره‌مند شد. همچنین روش عایق‌کاری نیز در به‌تاخیر انداختن این پدیده بسیار موثر است. با مقایسه نمودارهای ۳ و ۴ مشخص می‌شود که هر چقدر محل عایق از محیط داخلی دورتر باشد، پدیده آنتی‌ایزولیشن دیرتر اتفاق می‌افتد؛ این امر به‌دلیل استفاده از اینرسی حرارتی دیوار به‌منظور حذف بخشی از گرمای داخلی ساختمان است. باید توجه داشت که بخش بزرگی از درصد صرفه‌جویی به‌دست‌آمده در انرژی مصرفی ساختمان متأثر از منابع حرارتی داخلی است که با عایق‌کاری در داخل ساختمان انباشته می‌شود.

تأثیر مساحت و میزان هوای نفوذی پنجره‌ها بر پدیده آنتی‌ایزولیشن
یکی از عوامل مهم و موثر در پدیده آنتی‌ایزولیشن ابعاد پنجره‌ها و میزان هوای نفوذی از آن بسته به شرایط درزبندی است. برای بررسی این مهم، برای مساحت‌های مختلف پنجره و نیز نرخ‌های مختلف هوای نفوذی نقطه دمایی وقوع پدیده آنتی‌ایزولیشن محاسبه شده است. این بررسی برای آب‌وهوای تبریز و عایق‌کاری خارجی با ضخامت ۵ سانتی‌متر انجام گرفته است. ساختمان نمونه دارای دو پنجره در سمت غرب با مساحت‌های ۲/۸ و ۲/۴ مترمربع و یک پنجره

جدول ۵) انرژی مصرفی سرمایشی، گرمایشی و کل برای دمای طرح ۲۴ درجه سانتی‌گراد

اقلیم (شهر)	انرژی (kWh)	بدون عایق‌کاری	عایق‌کاری داخلی (cm)			عایق‌کاری میانی (cm)			عایق‌کاری خارجی (cm)		
			۱۱	۸	۵	۱۱	۸	۵	۱۱	۸	۵
اهواز	سرمایشی	۹/۳۲۱۰ ⁺	۷/۴۶۱۰ ⁺	۷/۹۳۱۰ ⁺	۷/۷۵۱۰ ⁺	۷/۶۷۱۰ ⁺	۷/۴۶۱۰ ⁺	۷/۹۳۱۰ ⁺	۷/۷۲۱۰ ⁺	۷/۸۷۱۰ ⁺	۷/۶۴۱۰ ⁺
	گرمایشی	۲/۳۸۱۰ ⁺	۱۳/۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کل	۹/۵۶۱۰ ⁺	۷/۴۶۱۰ ⁺	۷/۹۳۱۰ ⁺	۷/۷۵۱۰ ⁺	۷/۶۷۱۰ ⁺	۷/۴۶۱۰ ⁺	۷/۹۳۱۰ ⁺	۷/۷۲۱۰ ⁺	۷/۸۷۱۰ ⁺	۷/۶۴۱۰ ⁺
بندر عباس	سرمایشی	۱/۴۸۱۰ ⁺	۱/۸۱۰ ⁺	۱/۰۶۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۹/۹۵۱۰ ⁺	۱/۸۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۱/۰۵۱۰ ⁺	۱/۰۱۰ ⁺
	گرمایشی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کل	۱/۴۸۱۰ ⁺	۱/۸۱۰ ⁺	۱/۰۶۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۹/۹۵۱۰ ⁺	۱/۸۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۱/۰۲۱۰ ⁺	۱/۰۵۱۰ ⁺	۱/۰۱۰ ⁺
زاهدان	سرمایشی	۸/۶۱۰ ⁺	۸/۰۸۱۰ ⁺	۸/۱۵۱۰ ⁺	۸/۳۲۱۰ ⁺	۸/۲۶۱۰ ⁺	۸/۳۱۰ ⁺	۸/۱۳۱۰ ⁺	۸/۱۹۱۰ ⁺	۸/۲۵۱۰ ⁺	۸/۱۷۱۰ ⁺
	گرمایشی	۴/۷۳۱۰ ⁺	۳/۶۸	۱/۷۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کل	۹/۰۸۱۰ ⁺	۸/۱۳۱۰ ⁺	۸/۱۵۱۰ ⁺	۸/۳۲۱۰ ⁺	۸/۲۶۱۰ ⁺	۸/۳۱۰ ⁺	۸/۱۳۱۰ ⁺	۸/۱۹۱۰ ⁺	۸/۲۵۱۰ ⁺	۸/۱۷۱۰ ⁺
تهران	سرمایشی	۸/۹۵۱۰ ⁺	۷/۸۳۱۰ ⁺	۷/۷۵۱۰ ⁺	۷/۸۳۱۰ ⁺	۷/۸۸۱۰ ⁺	۷/۷۸۱۰ ⁺	۷/۷۲۱۰ ⁺	۷/۸۰۱۰ ⁺	۷/۸۷۱۰ ⁺	۷/۷۸۱۰ ⁺
	گرمایشی	۱/۱۵۱۰ ⁺	۱/۳۸۱۰ ⁺	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کل	۱/۱۵۱۰ ⁺	۷/۹۶۱۰ ⁺	۷/۷۵۱۰ ⁺	۷/۸۳۱۰ ⁺	۷/۸۸۱۰ ⁺	۷/۷۸۱۰ ⁺	۷/۷۲۱۰ ⁺	۷/۸۰۱۰ ⁺	۷/۸۷۱۰ ⁺	۷/۷۸۱۰ ⁺
مغان	سرمایشی	۵/۴۸۱۰ ⁺	۵/۳۹۱۰ ⁺	۵/۷۷۱۰ ⁺	۵/۴۶۱۰ ⁺	۶/۲۱۰ ⁺	۵/۳۴۱۰ ⁺	۵/۷۴۱۰ ⁺	۵/۲۳۱۰ ⁺	۵/۷۰۱۰ ⁺	۵/۶۴۱۰ ⁺
	گرمایشی	۱/۵۳۱۰ ⁺	۲/۴۰۱۰ ⁺	۲۱	۲/۴	۰	۰	۱۴/۸	۰	۰	۰
	کل	۷/۰۱۰ ⁺	۵/۶۳۱۰ ⁺	۵/۷۹۱۰ ⁺	۵/۵۰۱۰ ⁺	۶/۲۱۰ ⁺	۵/۵۷۱۰ ⁺	۵/۷۵۱۰ ⁺	۵/۲۳۱۰ ⁺	۵/۷۰۱۰ ⁺	۵/۶۴۱۰ ⁺
رشت	سرمایشی	۵/۳۰۱۰ ⁺	۶/۳۱۰ ⁺	۶/۵۳۱۰ ⁺	۶/۶۶۱۰ ⁺	۷/۷۳۱۰ ⁺	۶/۲۸۱۰ ⁺	۶/۵۱۰ ⁺	۶/۷۴۱۰ ⁺	۶/۷۳۱۰ ⁺	۶/۷۴۱۰ ⁺
	گرمایشی	۳/۹۱۰ ⁺	۵/۶۹۱۰ ⁺	۰/۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کل	۵/۶۹۱۰ ⁺	۶/۳۳۱۰ ⁺	۶/۵۳۱۰ ⁺	۶/۶۶۱۰ ⁺	۷/۷۳۱۰ ⁺	۶/۲۸۱۰ ⁺	۶/۵۱۰ ⁺	۶/۷۴۱۰ ⁺	۶/۷۳۱۰ ⁺	۶/۷۴۱۰ ⁺
تبریز	سرمایشی	۴/۵۵۱۰ ⁺	۴/۵۰۱۰ ⁺	۴/۶۸۱۰ ⁺	۴/۸۸۱۰ ⁺	۵/۰۵۱۰ ⁺	۴/۴۳۱۰ ⁺	۴/۶۵۱۰ ⁺	۴/۸۴۱۰ ⁺	۵/۰۲۱۰ ⁺	۴/۹۶۱۰ ⁺
	گرمایشی	۳/۹۳۱۰ ⁺	۱/۲۳۱۰ ⁺	۴/۰۲۱۰ ⁺	۱/۵۶۱۰ ⁺	۶۹/۲	۱/۲۷۱۰ ⁺	۳/۹۳۱۰ ⁺	۱/۴۰۱۰ ⁺	۵۷/۷	۵۴/۹
	کل	۸/۴۸۱۰ ⁺	۵/۷۳۱۰ ⁺	۵/۰۹۱۰ ⁺	۵/۰۳۱۰ ⁺	۵/۱۳۱۰ ⁺	۵/۶۹۱۰ ⁺	۵/۰۴۱۰ ⁺	۴/۹۸۱۰ ⁺	۵/۰۸۱۰ ⁺	۵/۰۱۰ ⁺
سراب	سرمایشی	۴/۱۷۱۰ ⁺	۴/۶۱۰ ⁺	۵/۱۳۱۰ ⁺	۵/۴۸۱۰ ⁺	۵/۷۲۱۰ ⁺	۴/۵۲۱۰ ⁺	۵/۰۹۱۰ ⁺	۵/۴۴۱۰ ⁺	۵/۷۰۱۰ ⁺	۵/۶۱۰ ⁺
	گرمایشی	۳/۲۳۱۰ ⁺	۹/۹۱۰ ⁺	۲/۳۶۱۰ ⁺	۷۷/۵	۳۱/۱	۸/۹۹۱۰ ⁺	۲/۱۴۱۰ ⁺	۶۱/۶	۲۱/۱	۱۹/۶
	کل	۷/۴۰۱۰ ⁺	۵/۵۳۱۰ ⁺	۵/۰۳۷۱۰ ⁺	۵/۵۶۱۰ ⁺	۵/۷۵۱۰ ⁺	۵/۴۶۱۰ ⁺	۵/۰۳۰۱۰ ⁺	۵/۰۵۰۱۰ ⁺	۵/۷۳۱۰ ⁺	۵/۶۳۱۰ ⁺

برای بررسی همزمان تاثیر حرارت اکتسابی از نور خورشید و نرخ هوای نفوذی که هر دو تابعی از اندازه پنجره‌ها هستند؛ مقدار ثابتی برای نرخ نفوذ هوا که تحت عنوان بهترین تخمین برای هر نوع پنجره در استاندارد ASHRAE-HVAC- 2001 گزارش شده (۲۴/۰ سانتی‌متر مربع بر متر طول شیار و ۱/۳ سانتی‌متر مربع بر متر مربع) در نظر گرفته شده است که این مقدار در ابعاد پنجره ضرب می‌شود. مساحت پنجره با گام ۱۰ تا ۵۰٪ افزایش داده شده و نقطه دمای وقوع پدیده آنتی‌اینزولشن برای هر حالت محاسبه شده است. این نقاط دمایی را برای ۵ حالت مفروض در نمودار ۷ نشان داده شده است. همان طور که از شکل پیدا است با افزایش مساحت پنجره ابتدا پدیده آنتی‌اینزولشن به تاخیر می‌افتد. به‌طور مثال برای بزرگنمایی ۱۰٪ در دمای ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد پدیده آنتی‌اینزولشن اتفاق می‌افتد اما با افزایش گام‌ها دمای وقوع این پدیده به سمت دماهای پایین‌تر هدایت می‌شود و در بزرگنمایی ۵۰٪ به ۲۳/۸۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. این بدان معناست که در ابتدا با افزایش مساحت پنجره نرخ هوای نفوذی از آن به قدری افزایش می‌یابد که منجر به کاهش دمای فضای داخلی اتاق و در نتیجه به تاخیر افتادن پدیده آنتی‌اینزولشن می‌شود. اما با ادامه افزایش مساحت پنجره‌ها گرمای اکتسابی از نور خورشید بر خنک‌کاری توسط هوای نفوذی غلبه کرده و وقوع این پدیده را تسریع می‌نماید. این امر نشان‌دهنده اهمیت مساحت پنجره‌ها در وقوع پدیده آنتی‌اینزولشن است که می‌بایست در طراحی‌ها در نظر گرفته شود. البته لازم به ذکر است که در بررسی پدیده آنتی‌اینزولشن، غلبه نرخ هوای نفوذی و حرارت اکتسابی از نور خورشید بر یکدیگر می‌تواند تابع شرایط اقلیمی، جهت‌گیری ساختمان، ارتفاع ساختمان، میزان درزگیری، سایه‌بان فعال، نوع پنجره است که در پژوهش‌های آتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

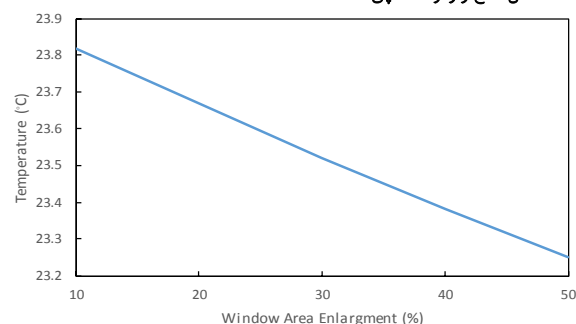


نمودار (۷) آنتی‌اینزولشن برای مساحت و نرخ‌های مختلف هوای نفوذی

نتیجه‌گیری

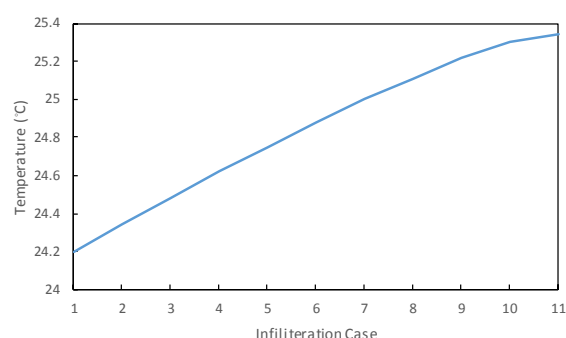
در این مقاله به معرفی پدیده آنتی‌اینزولیشن و بررسی آن در ۸ اقلیم ایران برای روش‌ها و ضخامت‌های مختلف‌های عایق‌کاری در بازه دمای آسایش سرمایش ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد پرداخته شده است. مهمترین نتایج حاصل در زیر آمده است.

۱- پدیده آنتی‌اینزولیشن که در فصول گرم اتفاق می‌افتد با حبس گرما در داخل ساختمان منجر به افزایش بار سرمایشی می‌شود و



نمودار (۵) آنتی‌اینزولشن برای درصدهای بزرگنمایی مساحت پنجره‌ها

برای بررسی تاثیر نرخ نفوذ هوا بر پدیده آنتی‌اینزولشن از روش سطح موثر نفوذی (Effective Leakage Area) در نرم‌افزار انرژی‌پلاس استفاده شده است. در این روش نیاز به محاسبه سطح نفوذی موثر هر پنجره است. منظور از سطح نفوذی موثر سطحی از مساحت کل پنجره است که هوا می‌تواند از آن نفوذ کند و بسته به نوع هر جدار متفاوت است. مقادیر این سطح برای جدارهای مختلف در استاندارد ASHRAE-HVAC- 2001 برحسب واحد سطح جدار آورده شده است که پس از انتخاب نوع جدار مقادیر استخراج شده از این استاندارد در مساحت کل جدار ضرب شده و در محاسبات استفاده می‌شود. در این پژوهش پنجره‌ها از نوع لولایی انتخاب شده است که برای این نوع پنجره‌ها در این استاندارد بازه ۲/۱-۱/۱ سانتی‌متر مربع بر متر مربع برای نفوذ هوا از شیشه‌ها و ۳-۱/۱ سانتی‌متر مربع بر متر طول شیار برای نفوذ هوا از چهارچوب پنجره در نظر گرفته شده است. برای بررسی تاثیر نرخ از پنجره‌ها برای ۱۰ حالت مختلف منتخب از بازه استاندارد (با گام تقریبی ۱۰٪) میزان انرژی سرمایشی مصرفی برای ساختمان عایق‌کاری شده و بدون عایق‌کاری محاسبه شده و نقطه دمای وقوع پدیده آنتی‌اینزولشن تعیین گشته است. نقاط دمایی برای نرخ‌های مختلف هوای نفوذی از پنجره‌ها در نمودار ۶ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود با افزایش نرخ هوای نفوذی دمای وقوع پدیده آنتی‌اینزولشن به تاخیر می‌افتد به‌طوری که برای ماکزیمم مقدار محتمل برای هوای نفوذی دمای وقوع پدیده آنتی‌اینزولشن به اندازه ۱ درجه سانتی‌گراد به تاخیر می‌افتد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درزبندی کامل پنجره‌ها در تابستان می‌تواند نتیجه سو داشته باشد.



نمودار (۶) آنتی‌اینزولشن برای نرخ‌های مختلف هوای نفوذی

منابع

- 1- Shafieezadeh M, Amini F, Ghahremani N, Khodi M. An Overview 29 Years Energy Statistics of the Country. Tehran: Deputy of Electricity and Energy; 2018. [Persian].
- 2- Unknown. 19th issue of the National Building Regulation. Tehran: Road, Housing and Development Research Center; 2011. [Persian]
- 3- Adamczyk J, Dylewski R. Analysis of the sensitivity of the ecological effects for the investment based on the thermal insulation of the building: A Polish case study. Journal of Cleaner Production. 2017;162:856-864.
- 4- Friess WA, Rakhshan K, Hendawi TA, Tajerzadeh S. Wall insulation measures for residential villas in Dubai: A case study in energy efficiency. Energy and Buildings. 2012;44:26-32.
- 5- Huo H, Shao J, Huo H. Contributions of energy-saving technologies to building energy saving in different climatic regions of China. Applied Thermal Engineering. 2017;124:1159-1168.
- 6- Roumi S, Razi Astaraei F, Ghasempour R, Yousefi H, Hamlehदार M, Razavi SM. New insulation replacement in buildings' walls and its impact on air pollution reduction in Tehran. Intelligent Buildings International. 2019;11(2):65-74.
- 7- Vincelas FFC, Ghislain T, Robert T. Influence of the types of fuel and building material on energy savings into building in tropical region of Cameroon. Applied Thermal Engineering. 2017;122:806-819.
- 8- Açıkkalp E, Kandemir SY. A method for determining optimum insulation thickness: Combined economic and environmental method. Thermal Science and Engineering Progress. 2019;11:249-253.
- 9- Alsayed MF, Tayeh RA. Life cycle cost analysis for determining optimal insulation thickness in Palestinian buildings. Journal of Building Engineering. 2019;22:101-112.
- 10- Özel G, Açıkkalp E, Görgün B, Yamık H, Caner N. Optimum insulation thickness determination using the environmental and life cycle cost analyses based entransy approach. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2015;11:87-91.
- 11- Akbari Paydar M, Mohammad Kari B, Maerefat M, Abravesh M. Optimum insulation thickness based on energy carriers different tariffs in climatic condition of Tehran. Modares Mechanical Engineering. 2019;19(6):1447-1456.
- 12- ASHRAE. Standard 55-2017: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE; 2017.
- 13- Ramin H, Hanafizadeh P, Akhavan Behabadi MA. Thermal, economical and environmental optimization of insulation thickness in residential building's wall. Modares Mechanical Engineering. 2016;16(13):252-255.
- 14- Hoseini R, Jahangiri P, Bahman Pour D. The economic analysis of the use of thermal insulation and double-walled window in a residential unit. Research Journal of Mechanical Engineering of Iran. 2012;13(1 suppl 23):20-31. Persian.
- 15- Khodakarami J, Ghobadi P. Optimization of energy consumption in an administration building equipped with smart management system. Energy Engineering & Management. 2017;6(2):12-23. Persian.
- 16- Baniassadi A, Sajadi B, Amidpour M, Noori N. Economic optimization of PCM and insulation layer thickness in residential buildings. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2016;14:92-99.
- 17- Amiri Rad E, Fallahi E. Optimizing the insulation

علاوه بر مختل ساختن شرایط آسایش ساکنین منجر به افزایش هزینه و مصرف انرژی می‌شود.

۲- با افزایش ضخامت عایق، پدیده آنتی‌اینزولیشن در دماهای پایین‌تری اتفاق می‌افتد.

۳- هر چه محل قرارگیری عایق در دیوار از فضای داخل ساختمان دورتر باشد، پدیده آنتی‌اینزولیشن به علت استفاده از اینرسی حرارتی، دیرتر اتفاق می‌افتد؛ بنابراین عایق‌کاری خارجی، میانی و داخلی به ترتیب بهترین تا ضعیف‌ترین عملکرد را برای جلوگیری از وقوع این پدیده دارند.

۴- با افزایش ضخامت عایق‌کاری، تاثیر عایق در میزان صرفه‌جویی با افزایش دمای آسایش، کاهش می‌یابد. در بسیاری مناطق از یک دمای مشخص به بعد، عایق‌کاری با ضخامت کمتر منجر به صرفه‌جویی بیشتری در انرژی سرمایشی می‌شود.

۵- هر چه اقلیم دارای آب‌وهوای گرم‌تری باشد، امکان وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن کمتر است. زیرا عایق، مانع از ورود شار گرمایی بسیار بالا از محیط بیرون به فضای داخل می‌شود. در اقلیم‌های سردتر این پدیده در دماهای پایین‌تری رخ می‌دهد.

۶- افزایش ضخامت عایق‌کاری، همواره موجب کاهش مصرف انرژی گرمایشی و کل می‌شود. اما این مورد به دلیل وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن در مورد انرژی سرمایشی صدق نمی‌کند. در اقلیم‌هایی که پدیده آنتی‌اینزولیشن رخ می‌دهد، افزایش ضخامت عایق، پدیده آنتی‌اینزولیشن را تشدید می‌کند. بنابراین برای بررسی عملکرد عایق در ساختمان می‌بایست انرژی گرمایشی و سرمایشی به طور جداگانه بررسی شوند.

۷- به منظور بهره‌مندی کامل از فواید نصب عایق با ضخامت‌های مختلف، در کاهش بیشتر مصرف انرژی ساختمان، منطقی و ضروری است که برای جلوگیری از بروز پدیده آنتی‌اینزولیشن، دمای بهینه سرمایش برای هر ضخامت عایق بررسی و تعیین شود.

۸- یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در تعیین دمای وقوع پدیده آنتی‌اینزولیشن، مساحت پنجره و نرخ نفوذی هوا است که بسته به شرایط مختلف از جمله ابعاد پنجره‌ها، ارتفاع ساختمان، نوع درزگیری، جهت‌گیری ساختمان، شرایط اقلیمی می‌تواند موجب تاخیر و یا تسریع پدیده آنتی‌اینزولیشن شود.

تشکر و قدردانی: مراتب تشکر و قدردانی خود را از سردبیر و کلیه عوامل علمی، اجرایی مجله و نیز تیم داوری اعلام داریم.

تأییدیه های اخلاقی: تاکنون این مقاله در نشریه دیگری (به طور کامل یا بخشی از آن) به چاپ نرسیده و همچنین برای بررسی یا چاپ به نشریه دیگری فرستاده نشده است.

تعارض منافع: هیچ گونه تعارض منافعی با سازمان‌ها و اشخاص دیگر ندارد.

سهم نویسندگان در مقاله: محسن فلاح (نویسنده اول)، موردی توسط نویسندگان ذکر نشد؛ زهرا مدقالچی (نویسنده دوم)، موردی توسط نویسندگان ذکر نشد.

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشد.

Engineering. 2017;10:79-85.

24- Nooraei M, Littlewood J, Evans N. Passive cooling strategies for multi-storey residential buildings in Tehran, Iran and Swansea, UK. In: Hakansson A, Höjer M, Howlett R, Jain L, editors. Sustainability in energy and buildings. 22nd vol. Heidelberg: Springer; 2013.

25- Ozariso B, Elsharkawy H. Assessing overheating risk and thermal comfort in state-of-the-art prototype houses that combat exacerbated climate change in UK. Energy and Buildings. 2019;187:201-217.

26- Psomas T, Heiselberg P, Duer K, Bjørn E. Overheating risk barriers to energy renovations of single family houses: Multicriteria analysis and assessment. Energy and Buildings. 2016;117:138-148.

27- D'Agostino D, de'Rossi F, Marigliano M, Marino C, Minichiello F. Evaluation of the optimal thermal insulation thickness for an office building in different climates by means of the basic and modified "cost-optimal" methodology. Journal of Building Engineering. 2019;24:100743.

28- Brambilla A, Jusselme T. Preventing overheating in offices through thermal inertial properties of compressed earth bricks: A study on a real scale prototype. Energy and Buildings. 2017;156:281-292.

29- Idris YM, Mae M. Anti-insulation mitigation by altering the envelope layers' configuration. Energy and Buildings. 2017;141:186-204.

30- Rezaeiyan N. Building Energy Lable. Tehran: National Iranian Gas Company; 2016. Persian.

thickness of external wall by a novel 3E (energy, environmental, economic) method. Construction and Building Materials. 2019;205:196-212.

18- Amirifard F, Sharif SA, Nasiri F. Application of passive measures for energy conservation in buildings- a review. Advances in Building Energy Research. 2018;13(2):282-315.

19- Barrios G, Huelsz G, Rojas J. Thermal performance of envelope wall/roofs of intermittent air-conditioned rooms. Applied Thermal Engineering. 2012;40:1-7.

20- Kolaitis DI, Malliotakis E, Kontogeorgos DA, Mandilaras I, Katsourinis DI, Founti MA. Comparative assessment of internal and external thermal insulation systems for energy efficient retrofitting of residential buildings. Energy and Buildings. 2013;64:123-132.

21- Meng X, Luo T, Gao Y, Zhang L, Huang X, Hou C, et al. Comparative analysis on thermal performance of different wall insulation forms under the air-conditioning intermittent operation in summer. Applied Thermal Engineering. 2018;130:429-438.

22- Yuan L, Kang Y, Wang S, Zhong K. Effects of thermal insulation characteristics on energy consumption of buildings with intermittently operated air-conditioning systems under real time varying climate conditions. Energy and Buildings. 2017;155:559-570.

23- Zhang L, Luo T, Meng X, Wang Y, Hou C, Long E. Effect of the thermal insulation layer location on wall dynamic thermal response rate under the air-conditioning intermittent operation. Case Studies in Thermal