نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۴۵-۲۵

شبیه‌سازی اتلاف انرژی در ساختمان به منظور بهینه‌سازی گرمایش و کاهش مصرف گاز در اقلیم‌های مختلف استان مازندران

[۱] بهنام قاسم‌پور آهنگر، [۲] کوروش صدیقی ، [۳] امید جهانیان * ، [۴] مرتضی عباسی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۶/۲۵

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۷/۴/۲۶

کلمات کلیدی:
اقلیم مازندران،
شبیه‌سازی،
کریر،
گرمایش محیطی

چکیده

در ایران، مصرف انرژی در ساختمان، حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مصرف شده در کشور را به خود اختصاص می‌دهد؛ با توجه به اینکه ۷۱ درصد مصرف گاز طبیعی در ساختمان صرف گرمایش محیطی می‌شود؛ لذا بهینه‌سازی مصرف سوخت در گرمایش محیط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مقاله حاضر به صورت ترکیبی به بررسی اثرات دو مورد از عوامل موثر برگرمایش محیط (شرایط اقلیم آب و هوایی ، مصالح ساختمانی) پرداخته است. به همین منظور ابتدا اقلیم‌های مختلف آب‌وهوایی در استان مازندران به صورت دقیق استخراج و استان مازندران به ۵ بخش مختلف تقسیم‌بندی شده است. سپس شبیه‌سازی گرمایش محیطی یک ساختمان نمونه بوسیله نرم افزار کریر با طیف وسیعی از مصالح مختلف ساختمانی ممکن (پنجره، دیوار، کف، سقف) در اقلیم‌های مختلف انجام شده است، مقدار مصرف گاز طبیعی برای اقلیم‌ها در بدترین و بهترین حالت محاسبه گردیده است. ملاحظه شد در صورتیکه تمام مصالح انتخابی بصورت بهترین حالت ممکن (دیوار، سقف و کف با عایق بندی و پنجره‌ها بصورت سه‌جداره کم‌گسیل) انتخاب شوند از مقدار ۲۳ درصد تا مقدار ۷۸ درصد (بسته به مصالح انتخابی) در مصرف سوخت ساختمان صرفه جویی می‌شود که در این میان دیوار بیشترین اثر و کف ساختمان کمترین اثر را دارد.

۱. کارشناس ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی ghasempour.behnam@gmail.com
۲. دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل ksedighi@nit.ac.ir
۳. دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل (نویسنده مسئول) jahanian@nit.ac.ir
۴. استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری mmortezaabbasi@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

۱. مقدمه

گاز طبیعی به علت تأمین بیش از ۵۰ درصد انرژی مصرفی در بخش خانگی-تجاری، ۴۵ درصد در بخش صنعتی و ۷۰ درصد در نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌های کشور، از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در میان سایر منابع انرژی برخوردار است (سایت سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور). در ایران، مصرف انرژی در ساختمان، حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مصرف شده در کشور را به خود اختصاص می‌دهد که از این میان ۳۶ درصد مصرف مربوط به گاز طبیعی است که در مقایسه با سایر بخش‌ها سهم قابل ملاحظه‌ای به شمار می‌رود. بخش عمده‌ای از مصرف انرژی در ساختمان صرف گرمایش محیط، گرمایش آب و همچنین پخت‌وپز می‌گردد. حامل‌های مختلف انرژی در بخش خانگی برای موارد یاد شده مورد استفاده قرار می‌گیرد اما آمارهای نشان می‌دهد بیشتر مصرف مربوط به گاز طبیعی بوده که از آن میان ۷۱ درصد برای گرمایش محیطی (موضعی)، ۲۲ درصد برای گرمایش آب و ۷ درصد برای پخت‌وپز مصرف می‌شود. با توجه به مصارف یاد شده، بهینه سازی مصرف سوخت در تجهیزات و لوازم خانگی که جهت گرمایش آب و گرمایش محیط و پخت‌وپز مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تدوین استانداردها و معیار مصرف انرژی و برچسب انرژی لوازم خانگی نیز از سوی شرکت ملی نفت ایران بر عهده شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت قرار داده شده است و با توجه به اینکه بیشترین مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی مربوط به گرمایش، با سهم ۷۱درصد است، لذا اصلاح الگوی مصرف در سیستم‌ها و وسایل تأمین‌کننده گرمایش واحدهای مسکونی از بالاترین اولویت برخوردار است و ازسوی دیگر، صرف منابع و امکانات برای بهبود راندمان و کاهش مصرف گاز برای مصارف پخت‌و پز در اولویت نیست (سایت سازمان هواشناسی استان مازندران). امروزه نگرانی رو به رشدی درباره استفاده از انرژی وجود دارد. با توسعه سریع برنامه‌های ساخت و ساز و همچنین و پیشرفت شرایط و امکانات زندگی، ساختمان‌ها به عنوان اصلی‌ترین مصرف‌کننده انرژی شناخته شده‌اند (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به سهم بالای گرمایش محیطی واحدهای مسکونی و دارا بودن بالاترین اولویت برای کاهش مصرف، توجه به عوامل گوناگونی که در میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان نقش دارند، در ارائه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

راهکارهای صرفه‌جویی در بخش ساختمان و کاهش مصرف انـرژی در بخـش خـانگی، تـاثیر فراوانـی می‌گذارد. عوامل موثر در میزان مصرف انرژی گرمایش عبارتند از (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۵):

۱. شرایط اقلیمی و آب و هوایی

۲. معماری ساختمان

۳. مصالح ساختمان

۴. راندمان سیستم‌های گرمایش

۵. انتخاب تجهیزات مناسب

۶. کنترل سیستم‌های گرمایش

در کنار فعالیت‌های عملی نظیر اقدام شهرداری منطقه ده تهران که جهـت بهینـه‌سـازی مصـرف گازطبیعی در ۱۲۰ بنا در ساختمان‌های عمومی و دولتی با اقـدامات بهینـه‌سـازی مصـرف گـاز طبیعـی (معماری و کنترل سیستم از عوامل موثر بر گرمایش) به میـزان صـرفه‌جـویی معـادل ۴۸۰۰۰۰۰ متـر مکعب گازطبیعی دست یافت (دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنـی سـازمان مـدیریت و برنامـه‌ریـزی کشور). تحقیقات تئوری بسیاری نیز در کشور انجام شده اسـت. شـاه‌محمـدی و همکـاران (۱۳۸۵) بـا استفاده از نرم‌افزار کریر به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در یک ساختمان نمونه پرداختند. ایشان عایق کاری پوسته‌های ساختمان، درزبندی ساختمان، انتخـاب پنجـره مناسـب و تنظیمات درجه ترموستات رادیاتور (معماری، مصالح و کنترل سیستم از عوامل موثر بر گرمـایش) را بـه عنوان روش‌های کاهش مصرف سوخت مورد بررسی قرار دادند.

مهاجر میلانی و حیدری (۱۳۹۵) تأثیر زاویه پنجره نسبت به افق را در اقلیم گرم و خشک تحلیـل نمودند. زمردیان و تحصیلدوست (۱۳۹۴) با یک رویکرد تجربی و مقایسه‌ای به بررسی میـزان اعتبـار و دقت نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ساختمان‌های مسکونی پرداختند. بـاقری و همکـاران (۱۳۹۵) در بررسـی اثرات معماری، نقش ایوان ساختمان‌های مسکونی در بهینـه‌سـازی مصـرف انـرژی سـالانه را مطالعـه کردند. جهان‌بخش و غفارزاده (۱۳۹۶) با تکیه بر اقلیم شهرستان اصفهان، رابطه و میـزان تـاثیر تـابش خورشیدی بر بدنه ساختمان در تعیین جهت‌گیری بنا با هدف کاهش مصرف انـرژی را مطـرح نمودنـد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۶) اثر عایق‌های ساختمانی را بر میزان مصرف انرژی تحلیل کردند. آنهـا در مطالعه خود اثرات اقلیمی نقاط مختلف ایران را هم در نظر گرفتند. ستاری و فرهانیه (۱۳۸۳) نیز همانند

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

کاز زمردیان و تحصیلدوست (۱۳۹۴) به مقایسه نرم‌افزارهای شبیه‌سازی پرداختند اما بر نمونه‌های به‌روزتر تمرکز داشتند. معرفت (۱۳۸۱) نیز با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی متفاوت در ایران تاثیر محل قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای ساختمانی بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی را مورد مطالعه قرار داد.

از نمونه‌های خارجی فراوانی که در این خصوص وجود دارد که می‌توان به کار رمانی[1] و همکاران (۲۰۱۵) اشاره نمود که در کشور مراکش انجام شده است که با بررسی تغییر ۱۱ پارامتر موثر در انتخاب مصالح در ۶ اقلیم مراکش به طراحی ساختمان با مصرف انرژی بسیار پایین قابل دست یافته است.
در مقاله حاضر به صورت ترکیبی به بررسی اثرات بندهای ۱ و ۳ (شرایط اقلیمی و آب و هوایی و مصالح ساختمان) از عوامل موثر بر میزان مصرف انرژی گرمایشی پرداخته شده است. شبیه‌سازی گرمایش محیطی یک ساختمان نمونه به‌وسیله نرم افزار کریر با طیف وسیعی از مصالح مختلف ساختمانی ممکن (پنجره،دیوار،کف،سقف) در ۵ اقلیم استان مازندران انجام شده که هدف نهایی شبیه‌سازی گرمایی ساختمان و پیاده‌سازی مدل برای هر اقلیم، مطالعه بر روی خواص مصالح موجود در بازار و در نهایت تعیین میزان صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی است.

۲. شرح مسأله مورد بررسی

یک واحد ساختمان مسکونی دو طبقه مرسوم در استان مازندران برای این تحلیل انتخاب شده است. این ساختمانی دو طبقه مسکونی دارای زیربنای کلی ۱۲۰ مترمربع و مساحت ۸۷ مترمربع برای طبقه آخر است. طبقه آخر آن با استفاده از نرم افزار کریر بررسی شده و بارهای گرمایشی ساختمان برآورد شده است. از آنجا که دمای تمام فضاها یکسان است کل ساختمان یک ناحیه[2] در نظر گرفته شده است.

مشخصات جداره‌ها

در این تحلیل، مشخصات ۱۱ حالت برای پنجره‌ها و ۵۰ حالت برای دیوار خارجی، سقف و کف که در استان مازندران مورد استفاده قرار می‌گیرند جمع‌آوری شد و در نهایت با توجه به بازه‌های محاسباتی و

1. Romani
2. Zone

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

فراوانی کاربرد، برای هر بخش (پنجره، دیوار، کف و سقف)، ۴ ترکیب برای تحلیل انتخاب شد. از آنجا که در تحلیل‌های گرمایش ساختمان، ضریب انتقال حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضرایب انتقال حرارت ترکیب‌های انتخاب شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ضرایب انتقال حرارت ($\mathbf{w/m^2°C}$)

در ترکیب‌های در نظر گرفته شده برای بخش‌های مختلف ساختمان

ردیف	پنجره	دیوار	کف	سقف
۱	۵.۹	۲.۶۲۸	۱.۶۶۳	۱.۸۲۲
۲	۴.۱۳۲	۱.۹۰۶	۱.۱۷۴	۱.۲۸۴
۳	۲.۳۶۷	۱.۱۳۱	۰.۶۸۵	۰.۷۴۱
۴	۰.۶	۰.۳۵۶	۰.۱۹۶	۰.۱۹۸

مصالح به کار رفته در هر یک از بخش‌ها برای بهترین حالت (کمترین ضریب انتقال حرارت) و بدترین حالت به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مصالح بکاررفته در جداره‌های خارجی ساختمان در بهترین حالت ممکن

نوع	مصالح بکار رفته (ضخامت cm)	ضریب انتقال حرارت ($w/m^2°C$)
پنجره	سه جداره پیشرفته (**low-e**)	۰/۶
دیوار خارجی	گچ و خاک ملات (۲) + بلوک گازی(۱۰)+ فضای خالی پر شده با عایق پشم سنگ (۵)+ بلوک گازی (۱۰) + ملات ماسه و سیمان (۳) + آجر نما (۳)	۰/۳۵۶
سقف	کاشی (۰/۸)+ ملات ماسه و سیمان (۲/۵) + ایزوگام (۰/۵)+ بتن سبک شیب بندی (۵) + تیرچه و بلوک پلی استایرن (۳۰) + اندود گچ و خاک (۳)	۰/۱۹۸
کف	کاشی (۰/۸)+ ملات ماسه و سیمان (۲/۵) + ماسه بادی(۱) + بتن سبک شیب بندی (۵) + تیرچه و بلوک پلی استایرن (۳۰) + اندود گچ و خاک (۳)	۰/۱۹۶

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۳. مصالح بکاررفته در جداره‌های خارجی ساختمان در بدترین حالت ممکن

نوع	مصالح بکار رفته (ضخامت cm)	ضریب انتقال حرارت $(w/m^2°C)$
پنجره	ساده یک جداره	۵/۹
دیوار خارجی	گچ و خاک ملات (۲) + آجر توپر (۱۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + آجر نما (۳)	۲/۶۸۲
سقف	کاشی (۰/۸)+ ملات ماسه و سیمان (۲/۵) + ماسه بادی(۱) + ایزوگام (۰/۵)+ بتن سبک شیب بندی (۵) + تیرچه و بلوک سیمانی (۲۰) + اندود گچ و خاک (۳)	۱/۸۲۲
کف	کاشی (۰/۸)+ ملات ماسه و سیمان (۲/۵) + ماسه بادی(۱) + بتن سبک شیب بندی (۵) + تیرچه و بلوک سیمانی (۲۰) + اندود گچ و خاک (۳)	۱/۶۶۳

مشخصات جغرافیایی اقلیم‌های استان مازندران

منطقه مورد مطالعه استان مازندران در سواحل جنوبی دریای خزر است که با حدود ۲۴۰۹۱ کیلومتر مربع بین ۳۸ تا ۷۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. در بررسی سالانه بر پایه ۱۵ مولفه اقلیمی و روش تحلیل خوشه‌ای Ward پنج ناحیه اقلیمی الف) بسیار مرطوب ب) مرطوب پ) نیمه مرطوب ت) مدیترانه‌ای ج) نیمه‌خشک برای این منطقه در نظر گرفته می‌شود (سایت سازمان هواشناسی استان مازندران). در تحقیق حاضر از هر اقلیم یک شهر به عنوان نمونه انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفته است که مشخصات اقلیمی وجغرافیایی آنها در جدول ۴ آورده شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۴. مشخصات جغرافیایی شهرهای نمونه از پنج ناحیه اقلیمی استان مازندران

(سایت سازمان هواشناسی استان مازندران)

شهر	رامسر	ساری	آمل	دشت‌ناز ساری	پل‌سفید
اقلیم	بسیار مرطوب	مرطوب	نیمه‌مرطوب	مدیترانه‌ای	نیمه‌خشک
ارتفاع از سطح دریا (**m**)	-۲۱	۳۹/۹۲	۲۹	۱۴/۷	۶۱۰
عرض جغرافیایی (درجه)	۳۶/۵	۳۶/۵	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۶/۱
طول جغرافیایی (درجه)	-۵۰/۴	-۵۳/۴	-۵۲/۵	-۵۲/۲	-۵۱/۸
دمای خشک تابستان (**°C**)	۲۹/۴	۳۳/۶	۳۱/۷	۳۲	۳۳/۱
دمای مرطوب تابستان همزمان با دمای خشک (**°C**)	۲۴/۴	۲۶/۱	۲۵/۳۷	۲۶/۵	۲۵/۳
محدوده دمای روزانه تابستان (**°C**)	۷/۸	۱۲/۵	۸/۳	۸/۸	۲۰/۶
دمای خشک زمستانه (**°C**)	-۰/۸۳	-۳/۱	-۱/۷	-۴/۴	-۱۲/۲
رطوبت نسبی (٪)	۹۲	۹۲	۸۸/۵	۸۸	۴۵
دمای مرطوب زمستان همزمان با دمای خشک (**°C**)	-۱/۱۱	-۳/۱	-۲/۱	-۵/۱	-۱۲/۳

سیستم گرمایشی ساختمان

سیستم مورد استفاده جهت گرمایش ساختمان رادیاتور بوده که منبع تأمین حرارت آب گرم آن دستگاه بویلر می‌باشد. منبع تولید انرژی حرارتی بویلر گاز طبیعی است.

۳. شبیه‌سازی و روند محاسبات

پس از وارد کردن اطلاعات لازم به محیط نرم افزار برای هر اتاق در نهایت از نرم افزار اتلاف حرارتی کل ساختمان بدست می‌آید.

محاسبه انرژی سالیانه مورد نیاز

برای محاسبه انرژی مصرفی سالیانه ابتدا میزان انرژی مورد نیاز سالیانه برای تامین گرمایش از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (رمانی و همکاران، ۲۰۱۵).

$$AED = SHDD \times 24 \times \frac{Q}{t_{in} - t_{out}} \qquad (۱)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

Annual Energy Demand (AED): انرژی سالیانه مورد نیاز برای تامین گرمایش بر حسب کیلو وات ساعت

Standard Heating Degree days (SHDD): روز درجه گرمایش استاندارد که از جدول ۵ محاسبه می‌گردد (سایت سازمان هواشناسی استان مازندران).

Q: بار گرمایشی (W)

۲۴: طول روز به ساعت

$t_{in} - t_{out}$: اختلاف دمای داخل و خارج (°C)

روز درجه گرمایش استاندارد در رابطه (۱)

جدول ۵. روز درجه گرمایش پنج شهر از پنج اقلیم مازندارن

نام شهر	تعداد روز درجه گرمایش(درجه- روز)
پل سفید	۱۷۰۳
رامسر	۱۳۷۶
آمل	۱۳۳۳
دشت ناز ساری	۱۳۱۸
ساری	۱۲۲۵

محاسبه گاز مصرفی سالیانه

میزان گاز مصرفی سالیانه با استفاده از رابطه (۲) ، با توجه به مشخصات سوخت و مشخصات تجهیزات گرمایشی، محاسبه می شود (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

$$AFC = AED/(CV \times SE) \quad (۲)$$

Annual Fuel Consumption (AFC): گاز مصرفی سالیانه (m^3)

AED : انرژی سالیانه مورد نیاز برای تامین گرمایش بر حسب کیلو وات ساعت

CV : ارزش حرارتی سوخت مورد نظر (kWh/m^3)

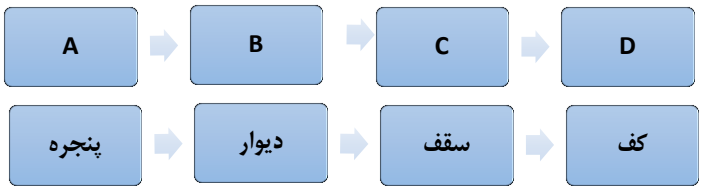
Seasonal Efficiency (SE) : راندمان فصلی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جایگشت‌های مورد بررسی

با توجه به این‌که برای هر بخش ساختمان (سقف؛ کف، دیوار و پنجره)، چهار حالت مختلف در نظر گرفته شده است، تعداد جایگشت‌های مورد تحلیل در این مقاله برابر با $۲۵۶=۴^۴$ است. هر حالت مورد بررسی با یک عدد چهار رقمی به صورت زیر نشان داده شده است.

برای هر حالت جایگاه یکان، دهگان، صدگان و هزارگان به ترتیب نشان‌دهنده مشخصات مربوط به کف، سقف، دیوار و پنجره است و عدد مورد استفاده در هر جایگاه نشان‌دهنده ردیف انتخابی مطابق جدول ۱ است. به عنوان نمونه حالت ۱۲۳۴ به معنای پنجره با مشخصات ردیف ۱ جدول (با ضریب انتقال حرارت ۵/۹)، دیوار با مشخصات ردیف ۲ جدول (با ضریب انتقال حرارت ۱/۹۰۶) ، کف با مشخصات ردیف ۳ جدول (با ضریب انتقال حرارت ۰/۶۸۵) و سقف با مشخصات ردیف ۴ جدول با ضریب انتقال حرارت ۰/۱۹۸) است.



٤. بحث و بررسی نتایج

در این بخش به بررسی اثر پارامترهای مختلف بر مصرف انرژی ساختمان مورد بررسی پرداخته می‌شود.

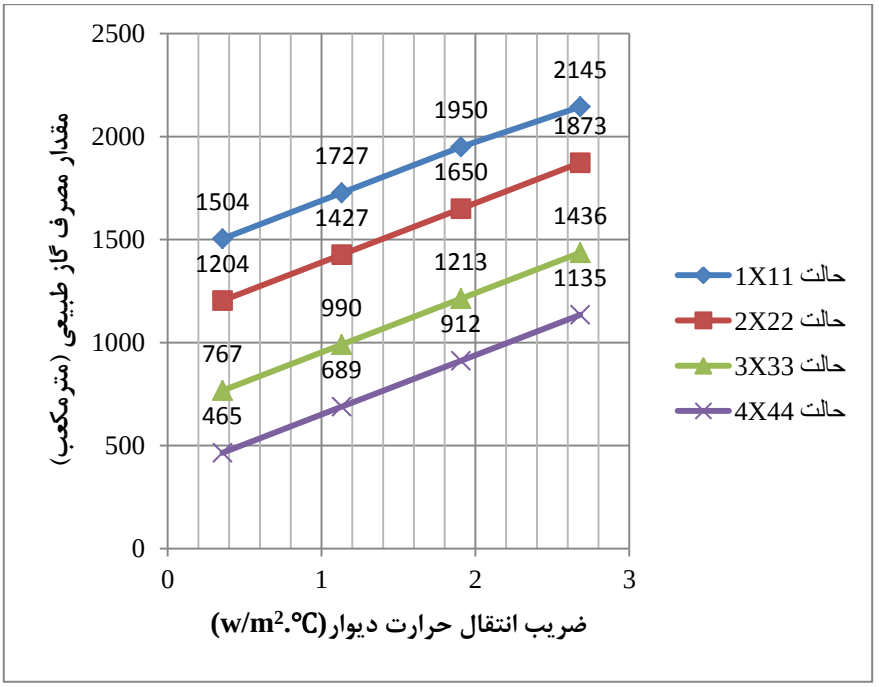
تغییر لایه های دیوار خارجی و استفاده از عایق در آن

در بررسی تغییر لایه‌های دیوار از مصالح ساختمانی متداول در کشور، ۴ مورد پرکاربرد از بین حالت‌های مختلف آن انتخاب شده است. ازجمله مواد به کار گرفته شده در دیوارهای خارجی می‌توان به بلوک سیمانی و سفالی، آجرهای سیمانی و سفالی، بلوک‌های گازی، پرلکس، لیکا، سینرژی وال‌ها، دیوارهای دوجداره که بین دوجداره عایق‌های مختلفی از جمله عایق پلی استایرن و پشم‌سنگ به ضخامت ۵سانتی‌متر استفاده می‌شود، اشاره کرد. برای بررسی اثر ضریب انتقال حرارت دیوار مشخصی ۶۴ حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۱ از ۶۴ حالت ۴ نمونه به صورت مشخص در نمودار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

ارائه شده است. بنابراین برای یک نمونه مشخص (مثلا حالت ۱X۱۱ در نمودار شکل ۱موارد ۱۱۱۱، ۱۲۱۱، ۱۳۱۱، ۱۴۱۱ که رقم مورد استفاده و ضریب انتقال حرارت آن در جدول ۱ توضیح داده شده، ارائه شده است). شکل ۱ نشان می‌دهد با کاهش ضریب انتقال حرارت دیوار ناشی از تغییر جنس دیوار، مصرف گاز طبیعی ناشی از آن نیز بطور خطی و با شیب ثابت کاهش می‌یابد، که تغییر جنس دیوار از حالت معمولی به بهترین حالت ممکن در حالت‌های مشابه‌ای از پنجره، سقف و کف از ۲۹درصد تا ۵۹درصد در مقدار مصرف گاز طبیعی مصرفی صرفه‌جویی به دنبال خواهد شد. زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۲/۶۸۱ به مقدار ۱/۹۰۶ کاهش پیدا می‌کند، بسته به مقدار ضریب انتقال حرارت پنجره، سقف و کف؛ از مقدار ۱۹۵ تا ۲۲۳ مترمکعب در مصرف گاز طبیعی در سال صرفه‌جویی می‌شود. زمانی که ضریب انتقال حرارت دیوار از مقدار ۱/۹۰۶ به مقدار ۱/۱۳۱ کاهش می‌یابد ، نیز به مقدار ۲۲۳ متر مکعب گاز در سال صرفه‌جویی مشاهده می‌شود. در کل زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۲/۶۸۱ به مقدار ۰/۳۵۶ کاهش پیدا می‌کند (یعنی در بدترین و بهترین حالت ممکن دیوار) از ۶۴۱ تا ۶۶۹ متر مکعب در سال از مصرف گاز طبیعی کاسته خواهد شد. همچنین بررسی وضعیت عمودی نمودار شکل ۱ گویای این مطلب است که در یک حالت مشخصی از دیوار، با تغییر جنس سقف کف و پنجره از ۱۰۱۰ تا ۱۰۳۰ متر مکعب از مقدار مصرف گاز طبیعی کاسته می‌شود؛ لذا می‌توان به تاثیر چشم‌گیر تغییر جنس دیوار به تنهایی (۶۴۱ تا ۶۴۹ مترمکعب) در مقایسه با تغییر سه جنس مصالح و نتیجه آن در کاهش مصرف (۱۰۱۰ تا ۱۰۳۰ مترمکعب) اشاره کرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



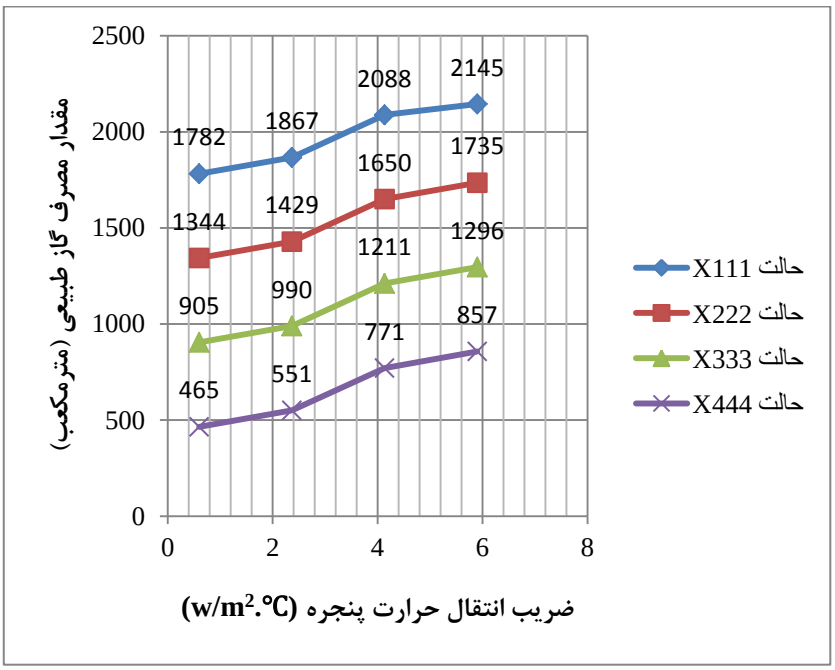
شکل ۱. اثر ضریب انتقال حرارت دیوار بر مصرف سالانه گاز طبیعی

تغییر نوع پنجره

برای بررسی اثر ضریب انتقال حرارت پنجره ۶۴ حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۲ از ۶۴ حالت، ۴ نمونه به صورت مشخص همانند شکل قبل در نمودار ارائه شده است. مشاهده می‌شود، بیشینه مصرف گاز مربوط به شیشه معمولی و کمترین مصرف مربوط به شیشه سه جداره کم تابش است. با افزایش ضریب انتقال حرارت شیشه، مصرف گاز طبیعی ناشی از آن نیز بطور خطی و با شیب متغیر افزایش می‌یابد. با استفاده از شیشه سه جداره کم تابش، بیشینه گاز مصرفی ساختمان به میزان ۱۶ تا ۴۵ درصد (درحالت‌های مشابه‌ای از دیوار، سقف، کف) نسبت به حالتی که از شیشه معمولی استفاده می‌شود، کاهش می‌یابد. شکل ۲ همچنین نشان می‌دهد که زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۵/۹ به مقدار ۴/۱۳۲ کاهش پیدا می‌کند، بسته به مقدار ضریب انتقال حرارت دیوار، سقف و کف، از مقدار ۵۷ تا ۸۵ متر مکعب در مصرف سالانه گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌شود. زمانی که ضریب انتقال حرارت پنجره از مقدار ۴/۱۳۲ به مقدار ۲/۳۶۷ کاهش می‌یابد، به مقدار ۲۲۱ متر مکعب مصرف گاز در سال صرفه‌جویی می‌شود

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

و نیز برای حالتی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۲/۳۶۷ بـه مقـدار۰/۶ کـاهش مـی‌یابـد بـه مقـدار ۸۵ مترمکعب صرفه‌جویی ایجاد خواهد شد. نمودار نشان می‌دهد که در شرایط تغییرات ضریب انتقـال حـرارت پنجره از ۲/۳۶۷ به بعد، کاهش بار حرارتی ومصرف انرژی (گاز طبیعی) با نرخ کندتری صـورت مـی‌گیـرد. کاهش شیب نمودار مربوط استفاده از شیشه سه جداره و دوجداره کم تابش و سه جداره کم تابش اسـت و گویای این مطلب است که با توجه به پیشرفته بودن ساختار این نوع پنجره‌ها (دوجداره کـم تـابش و سـه جداره کم تابش) در مقایسه با پنجره‌های دو جداره و سه جداره معمولی، صرفه‌جویی قابل تـوجهی نسـب به حالت معمولی آن‌ها در کاهش بار حرارتی و به تبع آن کاهش مصـرف گـاز نـدارد. در کـل زمـانی کـه ضریب انتقال حرارت از مقدار ۵/۹ به مقدار ۰/۶ کاهش پیدا می‌کنـد (یعنـی در بـدترین و بهتـرین حالـت ممکن پنجره) از ۳۶۱ تا ۳۹۲ متر مکعب در سال از گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌شـود. بـا بررسـی وضـعیت عمودی نمودار ۲ در یک حالت مشخصی از پنجره، با تغییر جنس دیوار، کف و سقف، ۱۲۸۸ تا ۱۲۶۳ متـر مکعب از مقدار مصرف گاز طبیعی کاسته می‌شود.



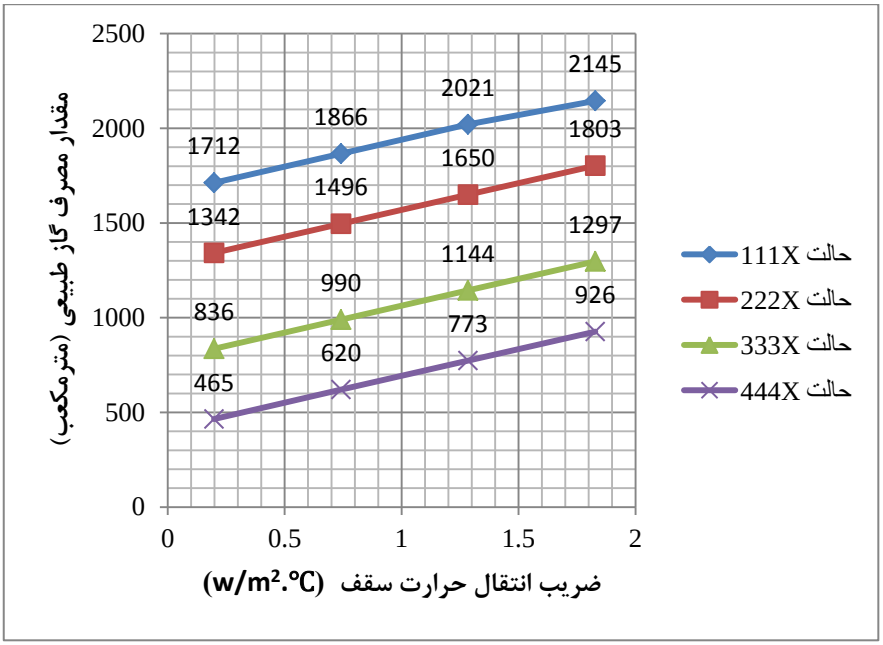
شکل ۲. اثر ضریب انتقال حرارت پنجره بر مصرف سالانه گاز طبیعی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

تغییر لایه‌های سقف و استفاده از عایق در آن

همان طوری که در نمودار شکل ۳ نشان داده شده با تغییر جنس هسته سقف و تغییر نوع عایق که نتیجه آن کاهش ضریب انتقال حرارت است؛ مقدار مصرف گاز طبیعی کاهش می‌یابد. شکل ۳ نشان می‌دهد که تغییر جنس سقف از حالت معمولی به بهترین حالت ممکن در حالت‌های مشابه‌ای از پنجره، دیوار و کف از ۲۰ تا ۴۹ درصد موجب صرفه‌جویی در مقدار گاز طبیعی مصرفی خواهد شد. برای بررسی اثر ضریب انتقال حرارت سقف، ۶۴ حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۳ از ۶۴ حالت، ۴ نمونه به صورت مشخص در نمودار ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش ضریب انتقال حرارت سقف، مصرف گاز طبیعی ناشی از آن نیز بطور خطی و با شیب ثابت کاهش می‌یابد، زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۱/۸۲۸ به مقدار ۱/۲۸۴ کاهش پیدا می‌کند، بسته به مقدار ضریب انتقال حرارت پنجره، دیوار و کف، از مقدار ۱۲۴ تا ۱۵۳ مترمکعب در مصرف سالانه گاز طبیعی صرفه جویی می‌شود. زمانی که ضریب انتقال حرارت دیوار از مقدار ۱/۲۸۴ به مقدار ۰/۷۴۱ کاهش می‌یابد، به مقدار ۱۵۴ متر مکعب گاز در سال صرفه جویی می‌شود و به همین ترتیب برای حالتی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۱/۱۳۱ به مقدار ۰/۳۵۶ کاهش می‌یابد. در کل زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۱/۸۲۸ به مقدار ۰/۱۹۸کاهش پیدا می‌کند (یعنی در بدترین و بهترین حالت ممکن سقف) از ۴۱۳ تا ۴۶۱ متر مکعب در مصرف سالانه گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌شود. با بررسی وضعیت عمودی نمودار ۳ در یک حالت مشخصی از سقف، با تغییر جنس پنجره، دیوار و کف ساختمان از ۱۲۱۹ تا ۱۲۷۴ مترمکعب از مقدار مصرف گاز طبیعی کاسته می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]



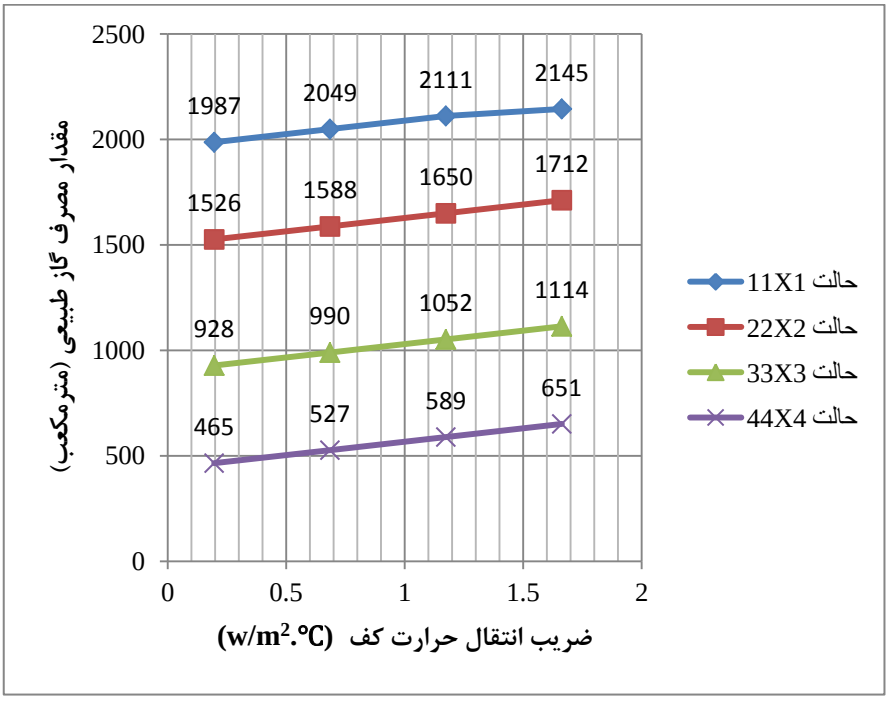
شکل ۳. اثر ضریب انتقال حرارت سقف بر مصرف سالانه گاز طبیعی

تغییر لایه‌های کف و استفاده از عایق در آن

مصالح اصلی کف دقیقاً از جنس همان مصالح اصلی مورد استفاده در سقف است کـه بیشـترین مقـدار ضریب انتقال حرارت سقف ۱/۶۶۳ (بدترین حالت ممکن، بلوک سـیمانی بـه ارتفـاع ۲۰ سـانتی‌متـر) و کمترین مقدار ۰/۱۹۶ (بهترین حالت ممکن، بلوک پلی استایرن و عایق xps) است. در شکل ۴ با تغییر جنس هسته کف و تغییر نوع عایق که نتیجه آن کاهش ضریب انتقال حرارت است، مقدار مصرف گـاز طبیعی کاهش می‌یابد اما شیب آن نسبت به اثر سقف کمتر است. تغییر جنس کف از حالت معمولی بـه بهترین حالت ممکن در حالت‌های مشابه‌ای از پنجره، دیوار و سقف، از ۷ تـا ۲۸ درصـد در مقـدار گـاز طبیعی مصرفی صرفه‌جویی به دنبال خواهد شد. برای بررسی اثر ضریب انتقال حرارت کـف، ۶۴ حالـت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۴، از ۶۴ حالت ۴ نمونه به صورت مشـخص در نمـودار ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقـدار ۱/۶۶۳ بـه مقـدار ۱/۱۷۴ کاهش پیدا می‌کند، بسته به مقدار ضریب انتقـال حـرارت پنجـره، دیـوار و سـقف، از مقـدار ۳۴ تـا ۶۲

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

مترمکعب در مصرف سالانه گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌شود. زمانی که ضریب انتقال حرارت دیوار از مقدار ۱/۱۷۴ به مقدار ۰/۶۶۵ کاهش می‌یابد، مقدار ۶۲ متر مکعب گاز در سال صرفه‌جویی می‌شود و نیز به همین اندازه برای حالتی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۰/۶۶۵ به مقدار ۰/۱۹۶ کاهش می‌یابد. در کل زمانی که ضریب انتقال حرارت از مقدار ۱/۶۶۳ به مقدار ۰/۱۹۶کاهش پیدا می‌کند (یعنی در بدترین و بهترین حالت ممکن کف)، از ۱۵۸ تا ۱۸۶ متر مکعب در سال از مصرف گازطبیعی کاسته می‌شود. در بررسی وضعیت عمودی شکل ۴، این مطلب حائز اهمیت است که درحالت معین و مشخصی از کف با تغییر جنس پنجره، دیوار و سقف، مقدار ۱۴۹۴ تا ۱۵۲۲ متر مکعب تغییرات و کاهش مصرف را به همراه دارد که در بین سه حالت قبل و در مقایسه با آن‌ها بیشترین مقدار است یعنی فقط با ثابت نگه داشتن کف ساختمان می‌توان بیشترین مقدار صرفه‌جویی را به دست آورد.

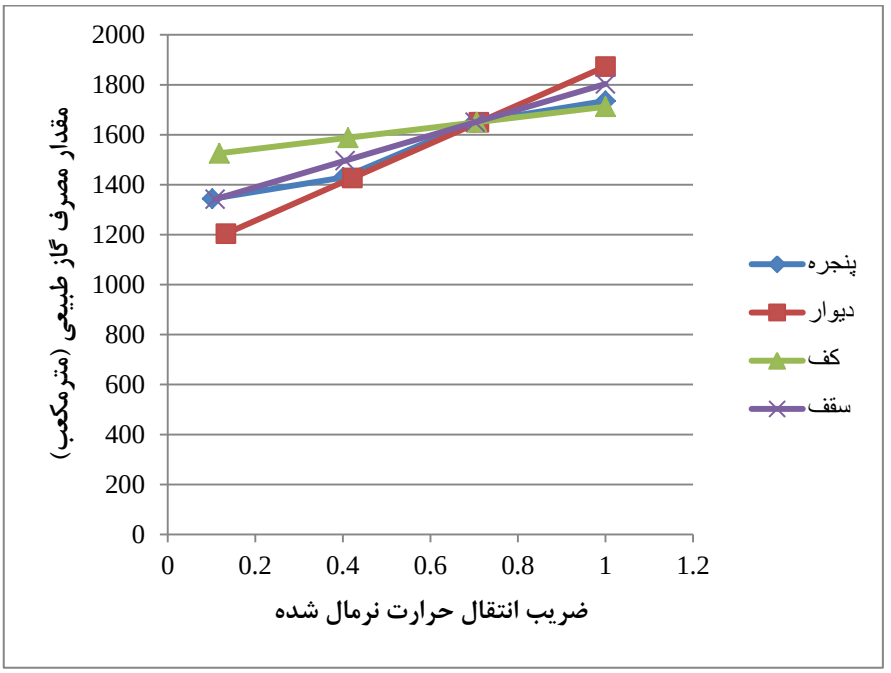


شکل ۴. اثر ضریب انتقال حرارت کف بر مصرف سالانه گاز طبیعی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

مقایسه همزمان تاثیر تغییر جنس مصالح (پنجره ،دیوار، سقف و کف) بر مصرف گاز طبیعی

برای مقایسه مستقیم اثرات کاهش ضریب انتقال حرارت پنجره، دیوار، سقف و کف، حالت‌های مورد بررسی نسبت به بدترین حالت نرمال شده و سپس در یک نمودار رسم شده است. بررسی شکل ۵ نشان می‌دهد که شیب تغییرات مصرف گاز طبیعی نسبت به ضریب انتقال حرارت برای دیوار خارجی از همه بیشتر و برای کف ساختمان از همه کمتر است. همچنین اثرات تغییر جنس پنجره بر میزان مصرف گاز، از یک ضریب انتقال حرارت مشخص به بعد کمرنگ می‌شود. در بحث برآورد قیمت ساختمان و صرفه اقتصادی، اگر فقط دیوار ساختمان در انتخاب مصالح در حالت بهینه قرار گیرد، در مقدارصرفه‌جویی مصرف گاز اثر به سزایی حاصل خواهد شد و همچنین با ثابت نگه داشتن کف ساختمان و تغییر در دیگر عوامل موثر بر مصرف، می‌توان به بیشترین مقدار صرفه جویی دست یافت.

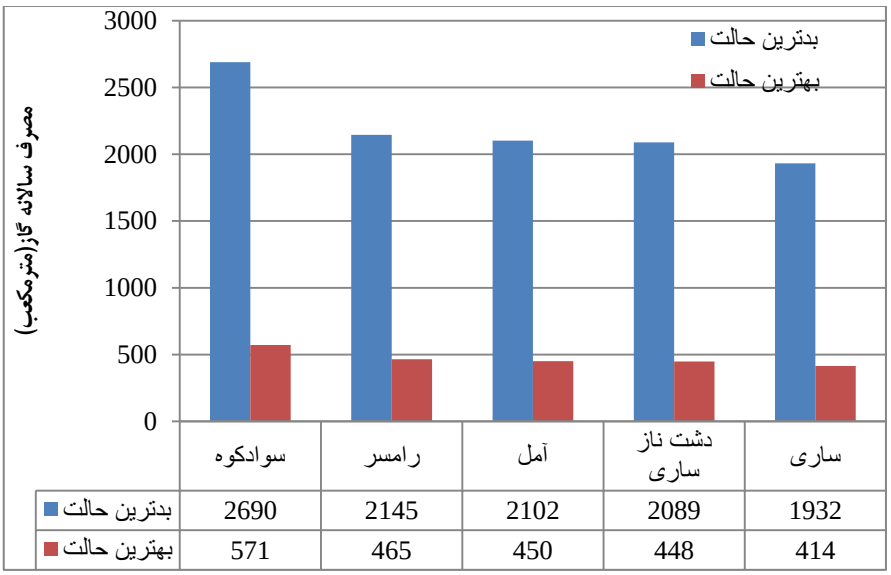


شکل ۵. مقایسه تاثیر تغییر جنس مصالح بر مصرف گاز طبیعی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

مقایسه مقدار مصرف سالانه گاز طبیعی در اقلیم‌های مختلف استان مازندارن

همانطوری که در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است، با توجه بـه شـرایط اقلیمـی موجـود، بیشـترین مصرف مربوط به شهر پل سفید با مصرف سالانه ۲۶۹۰ متر مکعب و کمترین مصرف مربوط بـه شـهر ساری با ۱۹۳۲ متر مکعب در سال می‌باشد.



	سوادکوه	رامسر	آمل	دشت ناز ساری	ساری
بدترین حالت	2690	2145	2102	2089	1932
بهترین حالت	571	465	450	448	414

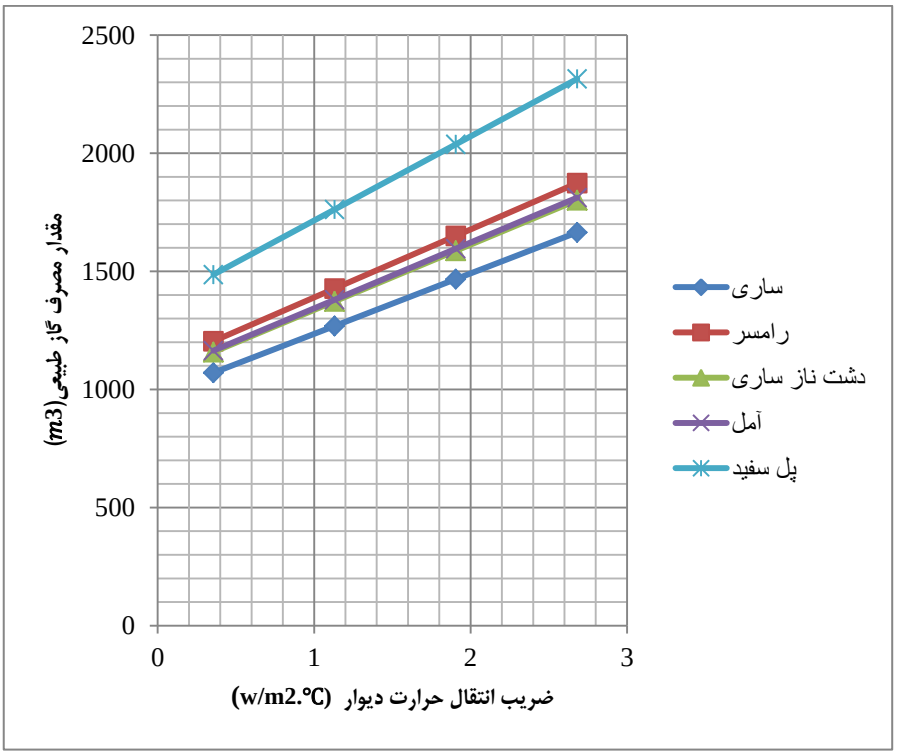
شکل ۶. مقایسه تاثیر تغییر جنس مصالح بر مصرف گاز طبیعی در ۵ اقلیم مختلف استان

مقایسه تاثیر دیوار خارجی مشابه در اقلیم‌های مختلف استان مازندارن

برای حالت میانه ۲۲۲۲ و در شرایط کاملا مشابه از نظر مصالح، برای ۵ اقلیم استان اثرات تغییر جنس دیوار خارجی (به عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش مصرف گـاز طبیعـی) در نمـودار ۷ نشـان داده شـده است. با توجه به این نمودار، بیشترین تاثیر تغییر جنس دیوار در مصرف گاز طبیعی برای شهر پل سـفید (۸۲۹ مترمکعب) و کمترین تاثیر آن برای شهر ساری (۵۹۴ مترمکعب) بوده که نشان دهنده این مطلب است که وقتی یک دیوار یکسان در دو شهر پل سفید و سـاری در یـک سـاختمان مشـخص بکاررفتـه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

باشد، تاثیر آن در کاهش مصرف گاز برای شهر پل سفید بیشتر از شهر ساری است. این موضوع بیـانگر تاثیر شرایط اقلیم آب وهوایی بر مصالح مشابه بر مصرف انرژی است.



شکل ۷. مقایسه تاثیر دیوار خارجی مشابه در اقلیم‌های مختلف استان مازندران

بهینه‌سازی انتخاب مصالح برای هر اقلیم

برای بهینه‌سازی مساله مورد نظر، تابع هدف میزان مصرف گاز ساختمان در نظر گرفته شـده کـه بایـد کمینه شود. قید مطرح شده در این بررسی بازگشت سرمایه بوده که در تعداد سال مشخص این بررسـی برای اقلیم‌های مختلف صورت گرفته است. به منظور استقلال فرایند بهینـه سـازی از حـدس اولیـه، از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده شده و در جدول ۶ نتایج حاصل از بهینـه‌سـازی بـه نمـایش درآمده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

جدول ۶. مقادیر بهینه ضریب انتقال حرارت مصالح

با توجه به مدت بازگشت سرمایه برای اقلیم‌های مختلف استان مازندران

ردیف	بازگشت سرمایه (سال)	اقلیم	ضریب انتقال حرارت بهینه ($w/m^2{}^oC$)				مصرف گاز (متر مکعب)	هزینه ساختمان (هزار ریال)
			پنجره	دیوار	کف	سقف		
۱	۵	آمل	۱.۳۲۰۴	۱.۴۸۳۶	۰.۹۵۹۵	۰.۹۷۰۳	۱۱۲۱.۴	۳۷۱۲۶.۶۸
		پل سفید	۱.۵۶۷۶	۱.۵۰۰۵	۰.۹۶۰۸	۰.۹۸۱۶	۱۴۶۸.۵	۳۶۶۸۱.۷۵
		دشت ناز	۱.۳۲۰۴	۱.۴۸۳۹	۰.۹۵۸۸	۰.۹۷۰۳	۱۱۱۵.۶	۳۷۱۲۶.۸۳
		رامسر	۱.۳۴۰۴	۱.۴۸۵۵	۰.۹۶۰۵	۰.۹۷۱۵	۱۱۶۲	۳۷۰۸۲.۶۴
		ساری	۱.۲۶۴۹	۱.۴۷۹۳	۰.۹۵۷۷	۰.۹۶۷۰	۱۰۲۵.۶	۳۷۲۴۲.۴۳
۲	۱۰	آمل	۰.۶	۱.۱۸۸۷	۰.۸۵۲۱	۰.۷۵۴۷	۹۱۵.۷	۴۳۶۶۳.۰۶
		پل سفید	۰.۶	۱.۰۱۴۴	۰.۷۷۲۴	۰.۶۲۰۹	۱۵۰۲.۱	۵۰۳۹۷.۸۷
		دشت ناز	۰.۶	۱.۱۹۵۴	۰.۸۵۲۶	۰.۷۵۸۶	۹۱۴.۳	۴۳۴۹۹.۲۳
		رامسر	۰.۶	۱.۱۶۳۸	۰.۸۴۲۶	۰.۷۳۳۰	۹۳۲.۴	۴۴۴۷۳.۴۱
		ساری	۰.۶	۱.۲۶۵۱	۰.۸۸۰۰	۰.۸۱۱۰	۸۷۹.۲	۴۱۶۷۰.۵۷
۳	۱۵	آمل	۰.۶	۰.۹۰۴۳	۰.۷۳۷۰	۰.۵۴۱۸	۷۶۴.۱	۵۵۹۷۷.۱۴
		پل سفید	۰.۶	۰.۷۵۲۸	۰.۶۵۹۷	۰.۴۲۴۶	۸۷۱.۷	۶۶۷۲۳.۶۱
		دشت ناز	۰.۶	۰.۹۰۹۳	۰.۷۳۷۳	۰.۵۴۵۱	۷۶۳.۱	۵۵۷۱۹.۳۷
		رامسر	۰.۶	۰.۸۸۲۰	۰.۷۳۲۳	۰.۵۲۵۷	۷۷۸.۸	۵۷۲۳۰.۴۵
		ساری	۰.۶	۰.۹۵۷۶	۰.۷۶۰۴	۰.۵۸۴۰	۷۲۹.۸	۵۲۹۳۴.۴۶

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک واحد آپارتمان مسکونی در ۵ اقلیم استان مازندران با مساحت ۸۷ مترمربع واقع در طبقه دوم با سیستم گرمایشی رادیاتور مورد بررسی قرار گرفته است. نرم افزار مورد استفاده جهت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

تخمین بار حرارتی ساختمان کریر بوده است. در شبیه‌سازی ساختمان و بررسی تغییرات پارامترهای مختلف در میزان بارحرارتی نتایج حاکی از این امر است بیشترین سهم از بار حرارتی کل ساختمان مربوط به دیوار خارجی (۳۱٪) وکمترین سهم از بارحرارتی کل ساختمان مربوط به کف ساختمان (۸٪) است. این امر نشان دهنده نقش مهم دیوارهای خارجی ساختمان در تلفات حرارتی و افزایش میزان مصرف انرژی حرارتی می‌باشد. تغییر لایه‌های دیوار و استفاده از عایق در آن بیشترین تاثیر را در کاهش بار حرارتی ساختمان و مقدار مصرف گاز طبیعی داشته و کمترین تاثیر در مصرف گاز طبیعی مربوط به کف ساخمان است. با کاهش ضریب انتقال حرارت پنجره از مقدار ۲/۳۶۷ به بعد اثرات آن در کاهش مصرف گاز کمتر است. باعایقکاری دیوار خارجی و استفاده مناسب از هسته اصلی دیوار از ۶۴۱ تا ۶۶۹ مترمکعب در سال در مقدار گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد. با عایقکاری سقف و استفاده مناسب از هسته اصلی آن از ۴۱۳ تا ۴۶۱ مترمکعب در سال در مقدار گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد. استفاده از پنجره‌های دوجداره یا سه‌جداره کم‌گسیل باعث کاهش بار حرارتی به میزان ۱۱ درصد شده و از ۳۶۱ تا ۳۹۲ مترمکعب در سال در مقدار گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد. باعایقکاری کف و استفاده مناسب از هسته اصلی آن از ۱۵۸ تا ۱۸۶ مترمکعب در سال در مقدار گاز طبیعی صرفه‌جویی خواهد شد. در شرایط یکسان مصالح، شرایط اقلیم آب و هوایی بر مقدار مصرف انرژی تاثیر گذار است. لزوم صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی در کشور، طراحی بهینه و مناسب ساختمان‌ها را از دیدگاه مصرف انرژی ضروری می‌سازد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از پشتیبانی شرکت گاز استان مازندران که نهایت همکاری مادی و معنوی را در جمع آوری داده‌های لازم و حمایت از این طرح داشته‌اند، تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

[۱] اسکندری، هادی؛ مداحی، محمدحسین و بهرام خسروزاد (۱۳۹۶)، "ارزیابی اثر عایق های ساختمانی بر میزان مصرف انرژی با توجه به هزینه در اقلیم های مختلف ایران. نشریه انرژی ایران"، ۲۰ (۳) :۵-۱۸

[۲] باقری، سیده مهسا؛ کردجمشیدی، ماریا و شیما پیراسته (۱۳۹۵)، "ارزیابی تاثیر ایوان ساختمان‌های مسکونی در بهینه سازی مصرف انرژی سالانه. نشریه انرژی ایران"، ۱۹ (۲).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]

[۳] جهان‌بخش، حیدر و آزیتا غفارزاده (۱۳۹۶)، "بررسی رابطه و میزان تاثیر تابش خورشیدی بر بدنه ساختمان در تعیین جهت گیری بنا با هدف کاهش مصرف انرژی نمونه موردی: ساختمان مسکونی در اصفهان. نشریه انرژی ایران"، ۲۰ (۲)، صص ۸۵-۱۰۱.

[۴] دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه ۲۷۱، شرایط طراحی زمستانی و تابستانی شهرهای ایران.

[۵] زمردیان، زهراسادات و محمد تحصیلدوست (۱۳۹۴)، "اعتبار سنجی نرم افزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه‌ای. " نشریه انرژی ایران. ۱۸ (۴)

[۶] ستاری، سورنا و بیژن فرهانیه (۱۳۸۳)، "بررسی ساختار نرم افزارهای شبیه سازی در ساختمان (BLAST , ENERGY PLUS , BDA). نشریه انرژی ایران. " ۹ (۲) :۳-۱۳

[۷] سایت سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور (http://www.ifco.ir/)

[۸]سایت سازمان هواشناسی استان مازندران (http://www.mazmet.ir/)

[۹]مهاجر میلانی، آزاده و شاهین حیدری (۱۳۹۵)، "مطالعه تاثیر زاویه پنجره نسبت به افق در دمای متوسط تشعشعی اتاق درفضاهای مسکونی اقلیم گرم و خشک"، نشریه انرژی ایران. ۱۹ (۴):۱۶۰-۱۴۹.

[۱۰] معرفت، مهدی (۱۳۸۱)، "تاثیر محل قرارگیری عایق حرارتی در جدارهای ساختمانی بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی در شرایط اقلیمی ایران. " نشریه انرژی ایران. ۸ (۱) :۹-۲۲

[۱۱] مهرابی، مهدی؛ کعبی نژادیان، عبدالرزاق و مرتضی خلجی اسدی (۱۳۹۰)، "تهیه اطلس گرمایش مناطق مختلف ایران به روش درجه روز جهت تدوین معیار مصرف انرژی. " نشریه انسان و محیط زیست. ۹ (۳): ۲۶-۱۷.

[12] Zaid Romani, Abdeslam Draoui, Francis Allard (2015), Metamodeling the heating and cooling energy needs and simultaneous building envelope optimization for low energy building design in Morocco, Energy and Buildings, Volume 102, pp. 139-148.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-07]