فصلنامه علمی – ترویجی «نشریه انرژی ایران»
دوره ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۱۸-۵

ارزیابی اثر عایق‌های ساختمانی بر میزان مصرف انرژی با توجه به هزینه در اقلیم‌های مختلف ایران

[۱]هادی اسکندری*، [۲]محمدحسین مداحی، [۳]بهرام خسروزاد

تاریخ دریافت:
۱۳۹۵/۲/۴

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۵/۸/۸

کلمات کلیدی:
عایق‌های ساختمان
انرژی پلاس
هزینه و مصرف انرژی

چکیده

یکی از مهم ترین راه‌های صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان انتخاب مناسب عایق با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه می‌باشد. در این تحقیق، اثر انواع عایق‌های ساختمانی مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با توجه به هزینه عایق بر میزان مصرف انرژی در سه اقلیم یزد، تهران و تبریز با نرم افزار انرژی پلاس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین عایق برای شهرهای یزد ، تهران و تبریز عایق پلی استایرن منبسط شده قرار گرفته در دیوار می‌باشد و نکته قابل توجه این که برای شهر تبریز تقریبا تمامی عایق‌ها به جز دو نوع عایق پلی یورتان و پشم شیشه به کار رفته در سقف عملکرد مناسبی را از لحاظ ذخیره انرژی و هزینه دارا می‌باشند. نتایج این تحقیق معیار قابل قبولی برای سرمایه گذاری متولیان بخش مسکن در سه اقلیم ایران خواهد بود و می‌تواند به عنوان یک چشم انداز در امر ساخت ساختمان‌هایی با مصرف انرژی کمتر قرار بگیرد.

۱. استادیار دانشگاه صنعت نفت (نویسنده مسئول) eskandari@put.ac.ir
۲. استادیار دانشگاه صنعت نفت maddahi@put.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعت نفت bkhosrozad@put.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

۱. مقدمه

از بین بخش‌های مختلف انرژی، بخش ساختمان یکی از پرمصرف ترین بخش‌های انرژی است. از آن جایی که پتانسیل صرفه جویی انرژی در این بخش بیش از بخش‌های دیگر است، می‌توان با سرمایه‌گذاری کم، میزان صرفه جویی قابل توجهی را شاهد باشیم. یکی از مهم ترین راه‌های صرفه جویی انرژی در بخش ساختمان انتخاب مناسب عایق با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه می‌باشد.

۲. مروری بر تحقیقات انجام شده

بررسی اثرات عایق بر میزان مصرف انرژی ساختمان تاکنون مورد توجه پژوهشگران زیادی بوده که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

Mehmet Azmi Aktacir و همکاران[1] در سال ۲۰۰۹ میلادی اثر عایق‌های گرمایی بر میزان مصرف بار سرمایش و سیستم‌های سرمایشی در Adana را مورد بررسی قرار دادند. Junsheng Hu و همکارش[2] در سال ۲۰۱۵ میلادی اثر دیوارهای خارجی، سقف و پنجره‌های خارجی با خواص مختلف حرارتی بر مصرف انرژی در پکن را بررسی کردند و بهترین جدار مناسب ساختمان را انتخاب کردند. بوستانی و همکارش[3] در سال ۲۰۱۵ میلادی اثر جایگذاری عایق در دیوارهای خارجی را بر مصرف انرژی در Northern Cyprus را مورد ارزیابی قرار دادند و بهترین مکان عایق در دیوار خارجی را انتخاب کرد.

در ایران نیز تحقیقات زیادی در زمینه عایق‌ها و مصالح مختلف ساختمان بر میزان مصرف انرژی مورد مطالعه قرار گرفته است. معرفت و همکاران[4] در سال ۱۳۸۱ شمسی تاثیر ضخامت عایق پوشش خارجی ساختمان‌ها بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی در شرایط اقلیمی ایران را مورد بررسی قرار دادند. ابراهیم پور و همکارش[5] در سال ۱۳۹۱ شمسی اثرات رنگ و نمای خارجی ساختمان را بر مصرف انرژی در تبریز را بررسی کردند و بهترین نما انتخاب شد. همچنین ذوالفقاری و همکاران[6] در سال ۱۳۹۳ شمسی به ارزیابی میزان تاثیر نمای خارجی ساختمان بر مصرف انرژی سالانه در اقلیم‌های مختلف ایران پرداختند و بهترین نما در اقلیم‌های مختلف انتخاب گردید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

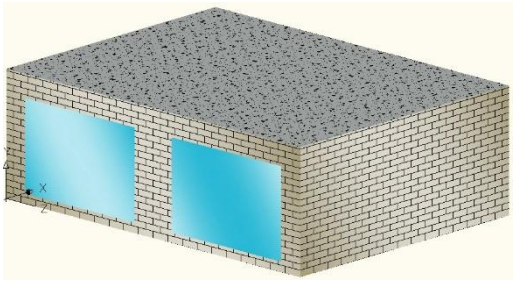
با توجه به مطالب گفته شده، اگرچه تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه اثر عایق بر مصرف انرژی ساختمان انجام شده ولی پژوهش جامعی درباره مقایسه انواع عایق‌های موجود مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در اقلیم‌های مختلف ایران بر میزان مصرف انرژی ساختمان انجام نشده است.

۳. نرم افزار انرژی پلاس

این نرم افزار در سال ۱۹۹۶ توسط سازمان انرژی آمریکا ارائه شده است. این نرم افزار یک برنامه برای شبیه سازی انرژی ساختمان است که توانایی تغییرات مصرف انرژی ساختمان را در زمان‌های کوتاه‌تر از یک ساعت دارد. تحلیل و محاسبات این نرم افزار براساس یک تعادل حرارتی که از کل ناحیه شبیه سازی صورت می‌گیرد، انجام می‌شود[7].

٤. بیان مسئله و فضای نمونه

در این پژوهش به مدل سازی یک ساختمان نمونه مطابق با نمونه ۶۰۰ استاندارد اشری ۱۴۰ [8] در سه اقلیم تهران (اقلیم معتدل)، تبریز (اقلیم سرد) و یزد (اقلیم گرم) پرداخته شده است و تاثیر انواع عایق‌های مختلف بر میزان مصرف انرژی با نرم افزار انرژی پلاس مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۱ شماتیک فضای نمونه نشان می‌دهد.



شکل ۱. شماتیک فضای نمونه

ابعاد فضای نمونه ۸*۶*۲.۷ مترمکعب است همچنین ساختمان دارای دو پنجره با ضخامت ۳ میلی متر به ابعاد ۶ مترمربع در ضلع جنوبی ساختمان قرار گرفته است. دمای آسایش حرارتی برای افراد در زمستان ۲۰ درجه سانتیگراد و در تابستان ۲۵ درجه سانتیگراد و الگوریتم انتقال حرارت برای سطوح داخلی TARP و برای سطوح خارجی DOE-2 در نظر گرفته شده است. ساختار و خواص فیزیکی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

عایق‌ها و مواد به کار رفته در دیوار ساختمان مطابق با جدول ۱ و ۲ می‌باشد. همچنین ساختار و خواص فیزیکی عایق‌ها و مواد استفاده شده در سقف ساختمان مطابق با جدول ۳ و ۴ و ساختار و خواص فیزیکی مواد بکار رفته در کف ساختمان مطابق با جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۱. ساختار و خواص فیزیکی مواد به کار رفته در دیوارهای ساختمان

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت (W/m.K)	چگالی (kg/m3)	گرمای ویژه (J/Kg.K)
آجر ۳ سانت	۰.۰۳	۰.۷۲	۱۹۲۰	۸۳۵
سیمان 3	۰.۰۳	۰.۷۲	۱۸۶۰	۷۸۰
عایق	-	-	-	-
سیمان ۱	۰.۰۱	۰.۷۲	۱۸۶۰	۷۸۰
آجر	۰.۱۱	۰.۸۴	۱۷۰۰	۸۰۰
گچ	۰.۰۲	۰.۱۶	۱۲۰۰	۲۰۰۰

جدول ۲. خواص فیزیکی انواع عایق‌های به کار رفته در دیوار ساختمان

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت (W/m.K)	چگالی (kg/m3)	گرمای ویژه (J/Kg.K)
پلی استایرن منبسط شده تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۳۶	۱۵	۱۵۰۰
پلی استایرن اکسترود شده تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۳۳	۲۵	۱۵۰۰
پشم شیشه تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۴۱	۶۵	۶۷۰
پشم سنگ تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۳۷	۸۰	۸۴۰
پلی یورتان تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۱۷	۳۲	۱۴۰۰
پوشش ورمیکس (به جای گچ استفاده می‌شود)	۰.۰۲	۰.۱	۷۵۰	۹۰۰
بلوک لیکا (به جای آجر استفاده می‌شود)	۰.۱۵	۰.۱۷	۶۷۵	۱۳۰۰
بلوک AAC (به جای آجر استفاده می‌شود)	۰.۱۵	۰.۱۲	۵۲۸	۱۳۰۰

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

جدول ۳. ساختار و خواص فیزیکی مواد به کار رفته در سقف ساختمان

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت (W/m.K)	چگالی (kg/m3)	گرمای ویژه (J/Kg.K)
شن بادامی	۰.۰۵	۲	۱۹۵۰	۸۳۰
عایق	-	-	-	-
سیمان ۲	۰.۰۲	۰.۷۲	۱۸۶۰	۷۸۰
آجر	۰.۱۱	۰.۸۴	۱۷۰۰	۸۰۰
خاک گچ	۰.۰۲	۰.۱۴	۵۳۰	۹۰۰
گچ	۰.۰۲	۰.۱۶	۱۲۰۰	۲۰۰۰

جدول ۴. خواص فیزیکی انواع عایق‌های به کار رفته در سقف ساختمان

جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت (W/m.K)	چگالی (kg/m3)	گرمای ویژه (J/Kg.K)
پلی استایرن منبسط شده تخته ای	۰.۰۵	۰.۰۳۲	۲۵	۱۵۰۰
پشم شیشه تخته ای	۰.۰۲۵	۰.۳۹	۱۰۰	۶۷۰

جدول ۵. ساختار و خواص فیزیکی مواد به کار رفته در کف ساختمان

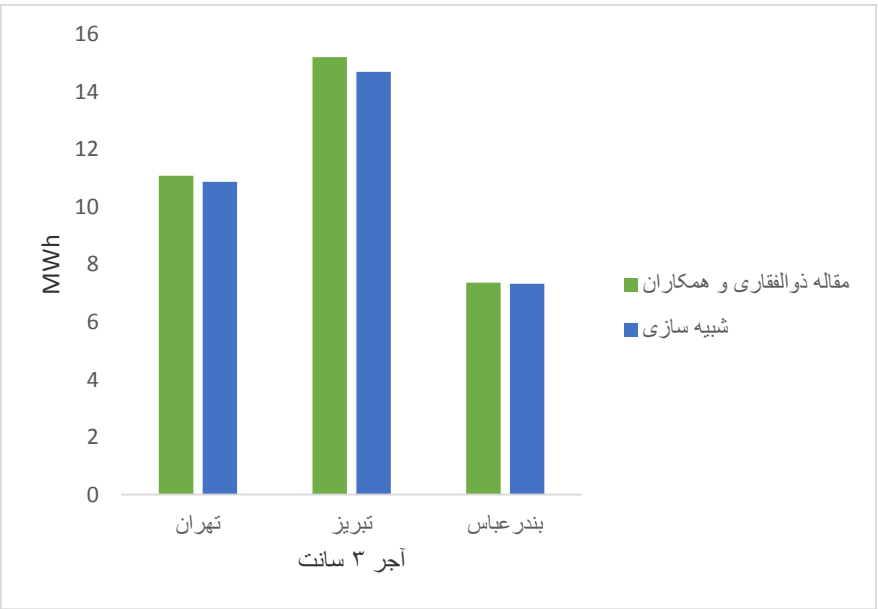
جنس مصالح	ضخامت (m)	ضریب هدایت (W/m.K)	چگالی (kg/m3)	گرمای ویژه (J/Kg.K)
بتن	۰.۵	۱.۴	۲۳۰۰	۸۸۰
سیمان ۶	۰.۰۶	۰.۷۲	۱۸۶۰	۷۸۰

۵. اعتبارسنجی نرم افزار

برای اطمینان از درستی و صحت شبیه سازی انجام گرفته با نرم افزار انرژی پلاس ابتدا باید شبیه سازی با یک ساختمان نمونه مشابه که قبلا شبیه سازی شده مقایسه شود. بر همین اساس نتایج این

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

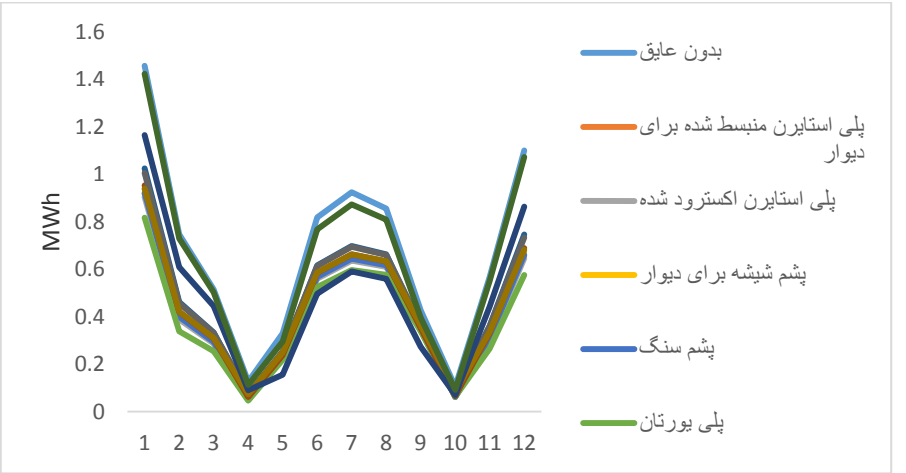
شبیه سازی با نتایج ذوالفقاری و همکاران در مورد میزان مصرف انرژی آجر ۳ سانت مقایسه شده است. براساس شکل ۲ نتایج شبیه سازی با نتایج ذوالفقاری و همکاران با دقت قابل قبولی منطبق است.



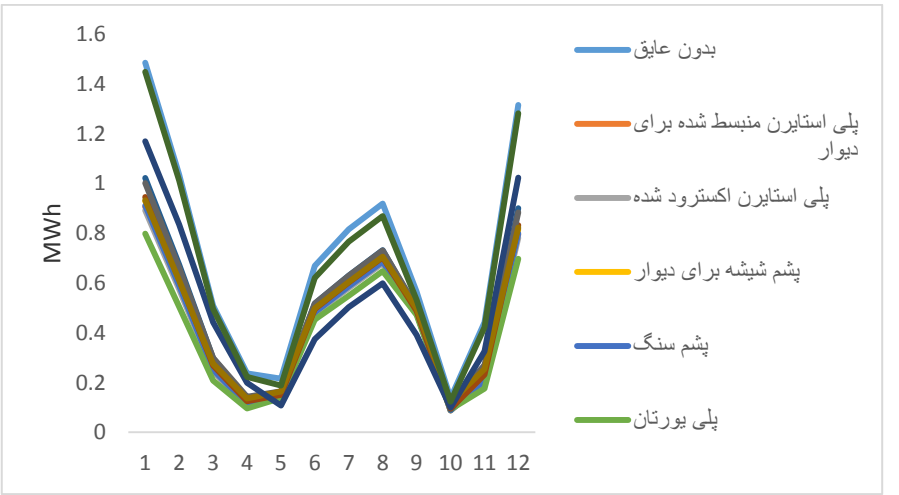
شکل ۲) مقایسه و اعتبارسنجی شبیه سازی با نتایج تحقیق ذوالفقاری و همکاران

حال که اعتبارسنجی مدل سازی انجام گرفت و از درستی آن اطمینان حاصل شد به بررسی اثر انواع عایق‌ها بر میزان مصرف انرژی ماهانه مطابق با شکل‌های ۳ ، ۴ و ۵ که به ترتیب عبارتند از شهرهای یزد، تهران و تبریز پرداخته خواهد شد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

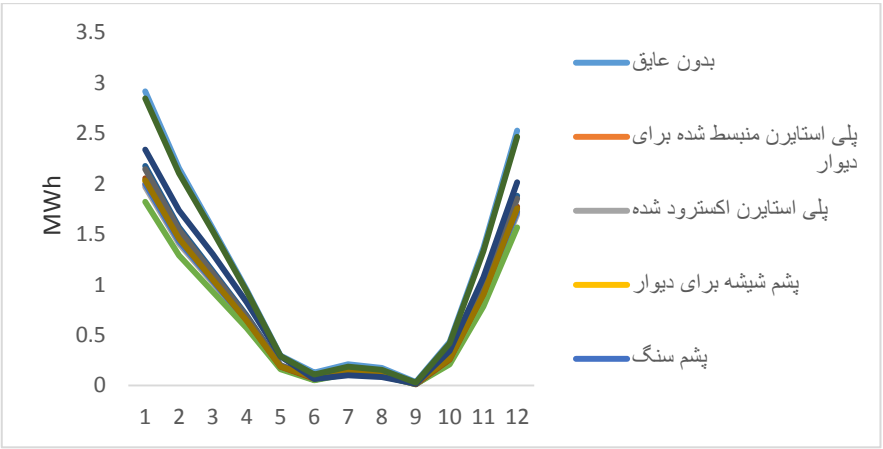


شکل ۳. میزان مصرف انرژی ماهانه شهر یزد



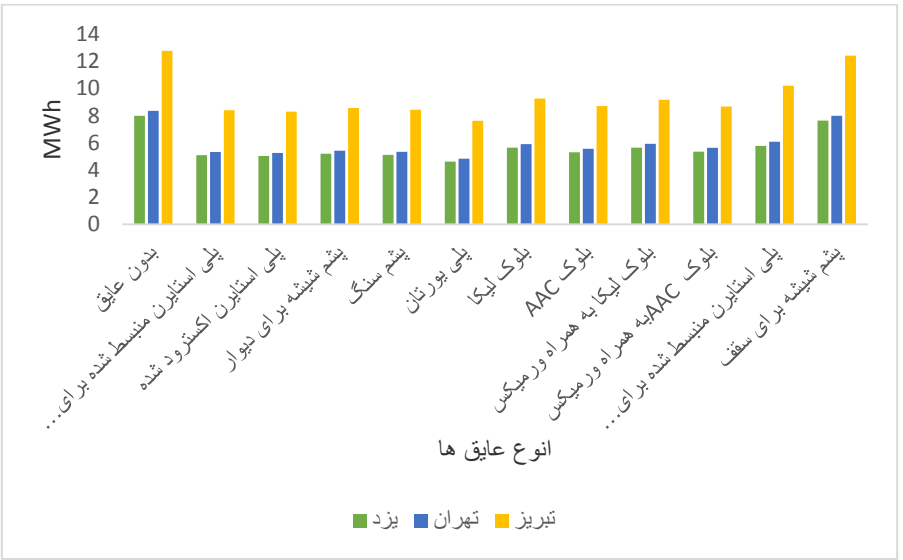
شکل ۴. میزان مصرف انرژی ماهانه شهر تهران

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]



شکل ۵. میزان مصرف انرژی ماهانه شهر تبریز

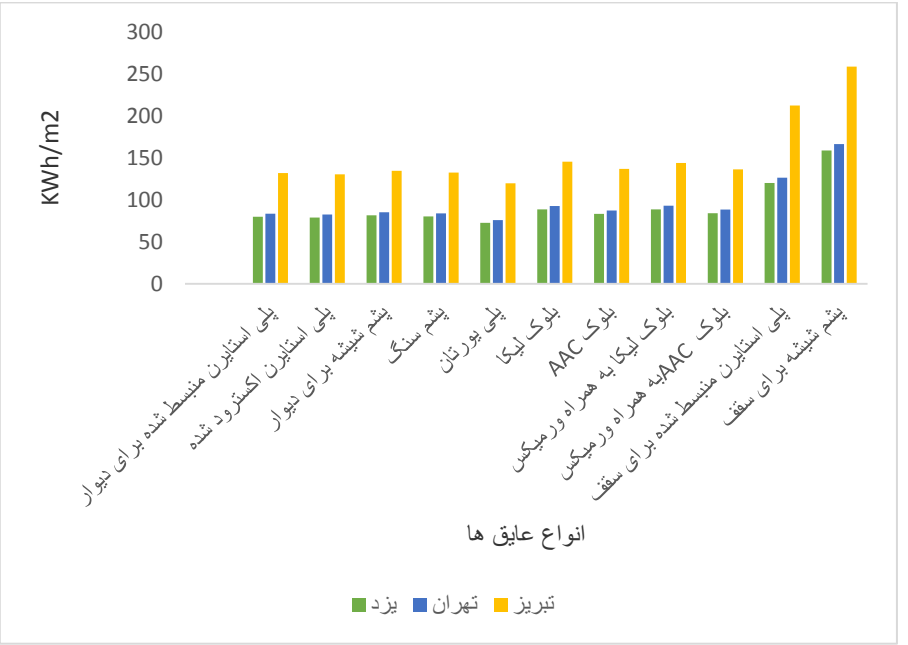
از آن جایی که میزان مصرف انرژی ساختمان با بعضی از عایق‌ها مانند پلی استایرن منبسط شده برای سقف در بعضی از ماه‌های سرد سال پرمصرف هستند و در ماه‌های گرم دارای کم مصرف هستند بنابراین نمی توان عملکرد خوبی از انواع عایق‌ها را شاهد بود بنابراین نیاز است تا میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان مورد توجه قرار گیرد. شکل ۶ میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان شهرهای یزد، تهران و تبریز را نشان می‌دهد.



شکل ۶. میزان مصرف انرژی سالانه شهرهای مختلف

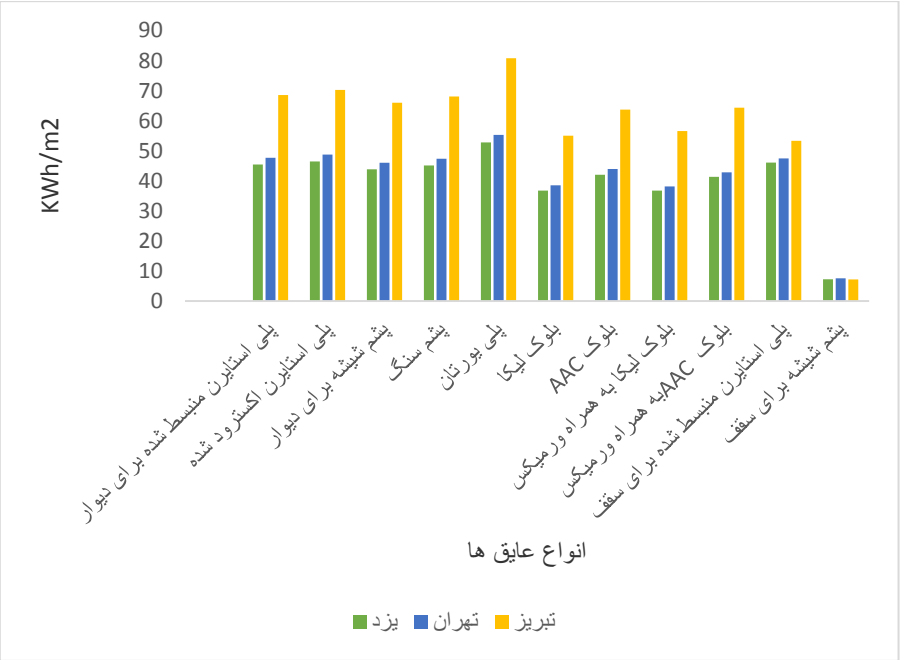
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

همان طور که مشاهده می‌شود کمترین میزان مصرف انرژی برای شهرهای یزد، تهران و تبریز به ترتیب متعلق به عایق پلی یورتان با میزان ۴.۶، ۴.۸ و ۷.۶ مگاوات ساعت بر مترمربع می‌باشد و تقریبا تمامی عایق‌ها عملکرد خوبی را دارند ولی عایق پشم شیشه به کار رفته در سقف در تمامی شهرها و عایق پلی استایرن منبسط شده به کار رفته در سقف در شهر تبریز عملکرد ضعیفی نسبت به دیگر عایق‌ها دارند. به طور کلی ساختمان هایی که عایق‌های آن بر روی دیوار قرار گفته اند دارای مصرف انرژی کمتری نسبت به ساختمان هایی که عایق‌های آن بر روی سقف قرار گرفته اند، می‌باشند. ولی برای این که مشخص شود چه عایقی بهترین عملکرد را از لحاظ ذخیره انرژی و هزینه را دارا می‌باشد، می‌بایست میزان مصرف انرژی و ذخیره انرژی بر حسب مترمربع بیان شود. شکل‌های ۷ و ۸ به ترتیب میزان مصرف انرژی و ذخیره انرژی را بر حسب مترمربع نشان می‌دهد.



شکل ۷. میزان مصرف انرژی سالانه شهرهای مختلف بر واحد مترمربع

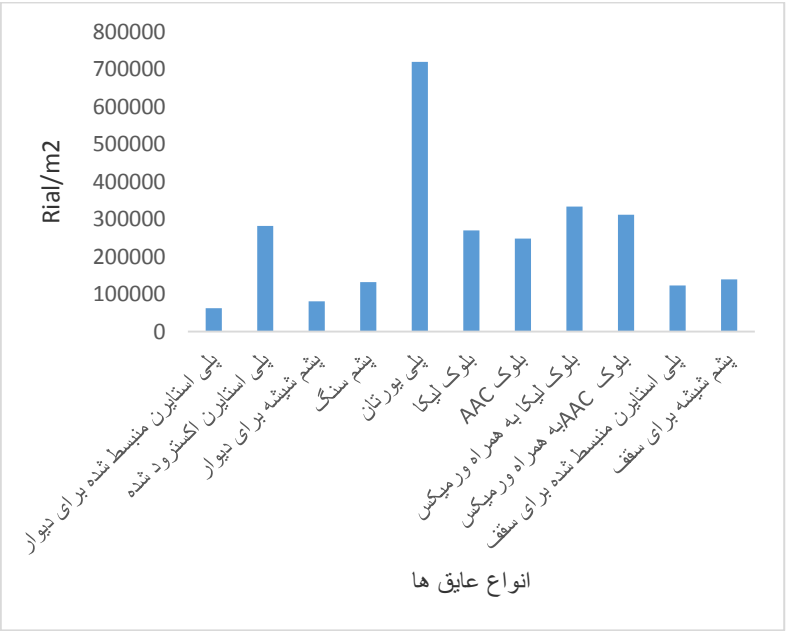
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]



شکل ۸. میزان ذخیره انرژی سالانه شهرهای مختلف بر واحد مترمربع

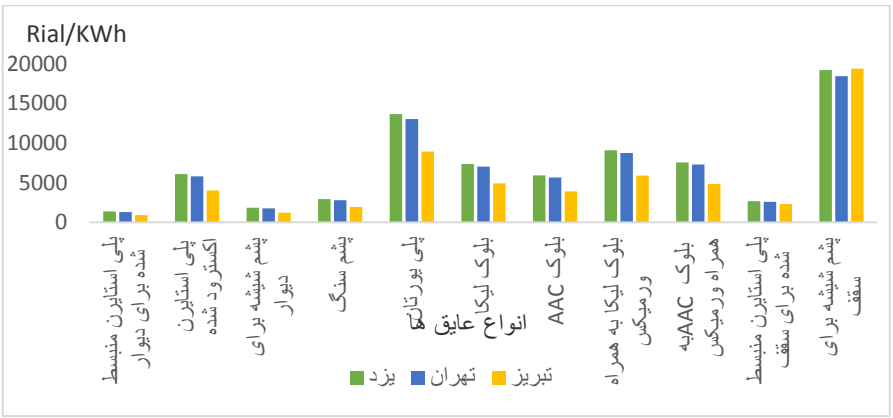
براساس نمودار شکل ۸ میزان ذخیره انرژی برای شهرهای یزد، تهران و تبریز به ترتیب عایق‌های پلی یورتان ۵۲، ۵۵ و ۸۰ کیلووات بر مترمربع، پلی استایرن اکسترود شده ۴۶، ۴۸ و ۷۰ کیلووات بر مترمربع، پلی استایرن منبسط شده بر روی دیوار و پشم سنگ ۴۵، ۴۷ و ۶۸ کیلووات بر مترمربع بهترین عملکرد را نسبت به دیگر عایق‌ها دارا می‌باشند. ولی برای درک بهتر از عملکرد و کارایی هر عایق در هر اقلیم، می‌بایست به هزینه عایق‌ها توجه شود. شکل ۹ هزینه‌های هر عایق بر اساس قیمت هر عایق و هزینه نصب بر مترمربع را نشان می‌دهد. هزینه عایق براساس قیمت عایق در سال ۱۳۹۴ در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]



شکل ۹. هزینه عایق و نصب

هنگامی می‌توان عملکرد مناسب یک عایق برای یک اقلیم را مورد بررسی قرار داد که بتوان میزان هزینه به میزان ذخیره انرژی را بررسی کرد. شکل ۱۰ مقدار هزینه عایق بر میزان ذخیره انرژی را بر حسب ریال بر کیلووات ساعت مشخص می‌کند.



شکل ۱۰. هزینه عایق به ذخیره انرژی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

براساس شکل ۱۰ کمترین میزان هزینه به ازای یک کیلووات ساعت انرژی به ترتیب برای شهرهای یزد، تهران و تبریز مطابق با جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶. هزینه عایق به میزان ذخیره انرژی

عایق	تبریز	تهران	یزد
پلی استایرن منبسط شده بر روی دیوار	۹۰۰	۱۳۰۰	۱۴۰۰
پشم شیشه بر روی دیوار	۱۲۰۰	۱۷۵۰	۱۸۵۰
پلی استایرن منبسط شده بر روی سقف	۲۳۰۰	۲۶۰۰	۲۷۰۰
پشم سنگ	۱۹۵۰	۲۸۰۰	۲۹۰۰
بلوک AAC	۳۹۰۰	۵۶۵۰	۵۹۰۰
پلی استایرن اکسترود شده	۴۰۰۰	۵۸۰۰	۶۱۰۰
بلوک لیکا	۴۹۰۰	۷۰۰۰	۷۳۵۰
بلوک AAC به همراه ورمیکس	۴۸۵۰	۷۳۰۰	۷۵۵۰
بلوک لیکا به همراه ورمیکس	۵۹۰۰	۸۷۵۰	۹۱۰۰
پلی یورتان	۸۹۰۰	۱۳۰۰۰	۱۳۶۰۰
پشم شیشه برای سقف	۱۹۳۵۰	۱۸۵۰۰	۱۹۲۰۰

نکته قابل توجه جدول ۶ این است که عایق پشم سنگ نسبت به عایق پلی استایرن منبسط شده بر روی سقف برای شهر تبریز کاهش یافته ولی برای شهرهای تهران و یزد افزایشی بوده است. همچنین بلوک AAC به همراه ورمیکس هم نسبت به بلوک لیکا چنین ویژگی را به صورت جزئی دارد. از دیگر ویژگی این جدول این است که با وجود اینکه عایق پشم شیشه قرار گرفته بر روی دیوار برای هر سه اقلیم مورد نظر عملکرد مناسبی را داشته ولی قرارگرفتن عایق پشم شیشه بر روی سقف در هیچ کدام از اقلیم‌ها عملکرد مناسبی را نداشته است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

٦. نتیجه گیری

در تحقیق حاضر اثر انواع عایق‌های مختلف مورد تایید مرکز تحقیقات مسکن، راه و شهرسازی بر میزان مصرف انرژی با توجه به هزینه آن‌ها در سه اقلیم مختلف ایران مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه در حال حاضر اجرای مبحث ۱۹ برای تمامی شهرهای ایران اجباری شده است، این تحقیق می‌تواند به عنوان معیاری برای ساخت مسکن در اقلیم‌های مختلف ایران باشد و همچنین می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در اختیار سرمایه گذاران و متولیان بخش مسکن درباره میزان هزینه عایق و مصرف انرژی بدهد.

الف) برای شهر یزد عایق‌های پلی استایرن منبسط شده و پشم شیشه استفاده شده بر روی دیوار، پشم سنگ و همچنین عایق پلی استایرن منبسط شده استفاده شده در سقف دارای بهترین عملکرد نسبت به دیگر عایق‌ها می‌باشند و بهترین کارکرد مربوط به عایق پلی استایرن منبسط شده استفاده شده بر روی دیوار با ۱۴۰۰ ریال بر کیلووات ساعت می‌باشد.

ب) برای شهر تهران عایق‌های پلی استایرن منبسط شده و پشم شیشه استفاده شده بر روی دیوار، پشم سنگ، بلوک AAC و عایق پلی استایرن منبسط شده استفاده شده در سقف دارای عملکرد بهتری هستند. بهترین عملکرد را عایق پلی استایرن منبسط شده استفاده شده بر روی دیوار با ۱۳۰۰ ریال بر کیلووات ساعت دارد.

ج) برای شهر تبریز تقریبا تمامی عایق‌ها به جز عایق‌های پلی یورتان و پشم شیشه استفاده شده در سقف دارای عملکرد مناسبی می‌باشند و بهترین عایق، پلی استایرن منبسط شده استفاده شده بر روی دیوار با ۹۰۰ ریال بر کیلووات ساعت می‌باشد.

منابع

[۱] ابراهیم پور، عبدالاسلام. کریمی واحد، یوسف. (۱۳۹۱)، روش‌های مناسب بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان دانشگاهی در تبریز، نشریه علمی پژوهشی مهندسی مکانیک مدرس، دوره دوازدهم، شماره ۴، ۱۰۴-۹۱.

[۲] ذوالفقاری، سید علیرضا. سعادتی نسب، مهران. نوروزی جاجرم، الهه. (۱۳۹۳)، ارزیابی میزان تاثیر نمای خارجی ساختمان بر مصرف انرژی سالانه در اقلیم‌های مختلف ایران، نشریه علمی ترویجی انرژی ایران، دوره هفدهم، شماره ۴، ۸۰-۶۹

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]

[۳] معرفت، مهدی. محمدکاری، بهروز. ابراهیم پور، عبدالاسلام. (۱۳۸۱)، تاثیر ضخامت عایق پوشش خارجی ساختمان‌ها بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی در شرایط اقلیمی ایران، دومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران.

[4] Aktacir, Mehmet Azmi, Orhan Büyükalaca, and Tuncay Yılmaz. "A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions." *Applied Energy* 87, no. 2 (2010): 599-607.

[5] ANSI/ASHRAE 140. 2001. "Standard method of test for the evalution of building energy analysis computer programs", American Society of Heating, Refrigrating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta.

[6] Boostani, Haleh, and Elmira Mirzapour. "Impact of external walls insulation location and distribution on energy consumption in buildings: A case study of Northern Cyprus." *European Online Journal of Natural and Social Sciences* 4, no. 4 (2015): 737.

[7] Hu, Junsheng, and Jing Wu. "Analysis on the Influence of Building Envelope to Public Buildings Energy Consumption Based on DeST Simulation." *Procedia Engineering* 121 (2015): 1620-1627.

[8] Zhai, Zhiqiang John, and Qingyan Yan Chen. "Performance of coupled building energy and CFD simulations." *Energy and buildings* 37, no. 4 (2005): 333-344.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-25]