

مقاله پژوهشی

مقایسه مصالح آجر (ستتی) و هبلکس (جدید) در میزان مصرف انرژی و اقتصاد

سمانه فروغیان^۱، حسن ذوالفقارزاده^{۲*}

۱. پژوهشگر دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

foroughian_samaneh@yahoo.com

۲. دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول)

zolfagharzadeh_h@ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۶/۱۲]

تاریخ دریافت: [۱۴۰۱/۱/۲۸]

چکیده

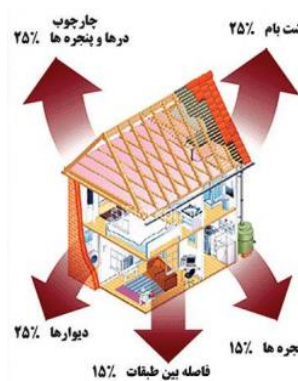
صرفه‌جویی در انرژی‌های فسیلی و استفاده از منابع پاک انرژی، موجب کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان می‌شود. جداره‌های ساختمان و مصالح به‌کاررفته در آن، از اصلی‌ترین منابع هدر رفت انرژی محسوب می‌شوند. آجر از مصالح ساختمانی است که سابقه مصرف آن به دوران باستان بازمی‌گردد. علت استفاده از آن، پایداری، ارزان بودن و سرعت بالای ساخت می‌باشد. در سال‌های اخیر بنا بر دلایلی مانند، افزایش جمعیت و به‌طبع آن افزایش تراکم ساختمانی، عایق نبودن آجر و نیاز به نیروی انسانی زیاد، استفاده از آن کمتر مورد توجه است و مصالحی همچون هبلکس، که در آن بسیاری از نواقص آجر رفع شده‌است، کاربرد بیشتری یافته‌است، اگرچه آجر همچنان کاربرد دارد. با توجه به اهمیت مبحث انرژی در دهه‌های اخیر و تأکید مقررات ملی ساختمان بر عایق بودن ساختمان‌ها و صرفه‌جویی بناها در مصرف کمتر انرژی، با توجه بر این‌که هبلکس عایق بسیار مناسبی در برابر حرارت و صوت می‌باشد و علاوه‌براین هزینه نهایی استفاده از آن در ساختمان‌سازی بنا بر دلایلی چون، زمان ساخت کمتر و نیاز به نیروی کار کمتر، پایین‌تر است، در این تحقیق سعی بر این است، این دو مصالح ستتی و جدید، از منظر میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش و در پی آن مصرف سوخت برق و گاز ساختمان و همین‌طور میزان صرفه‌جویی ریالی مصرف برق و گاز، با یکدیگر مقایسه شوند. نتایج این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر به‌دست‌آمده و مدل موردبررسی، مکعبی با ابعاد ۱۰*۱۰*۴ در اقلیم مشهد انتخاب شده‌است. مدل موردبررسی در نرم‌افزار مدل‌سازی شده‌است و سپس میزان بار سرمایش، بار گرمایش و بار کل ساختمان در دو حالت، دیوارهای آجری و دیوار با مصالح هبلکس، استخراج شده و نتایج به‌صورت درصد عنوان گردیده‌است. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این است که با جایگزین کردن هبلکس با آجر تا ۵۵/۱۲ درصد در میزان مصرف انرژی ساختمان صرفه‌جویی می‌گردد. در ادامه با توجه به بهای برق و گاز مصرفی و میزان صرفه‌جویی در بار کل ساختمان، مقدار ریالی بهای برق و گاز برای هر دو مدل موردبررسی، برآورد شده‌است و مشخص شد که با جایگزین کردن هبلکس با آجر، ۵۵/۵ درصد در اقتصاد خانوار، بابت پرداخت قبوض برق و گاز، صرفه‌جویی می‌گردد.

واژگان کلیدی: آجر- هبلکس- انرژی ساختمان- پایداری - اقتصاد

۱- مقدمه

هدفمند کردن مصرف انرژی متشکل است از برنامه‌ریزی (شامل: ممیزی، هدف‌گذاری، اولویت‌بندی تعریف پروژه) سازماندهی، کارگزینی، هدایت و نظارت جهت رسیدن به مصرف بهینه انرژی، به طوری که سیستم از فن‌آوری‌های جدید استفاده نموده و سطح خدمات سیستم کاهش نیابد. در ضمن باعث کاهش انرژی و هزینه‌های مربوطه گردد (مرکز مطالعات تکنولوژی، ۱۳۹۱). استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع و یا سیستم‌های گرمایشی با سوخت‌های فسیلی و مصرف زیاد انرژی جهت تأمین شرایط آسایش در داخل فضاهای مسکونی، به عنوان فرآیندی ناکارآمد و در تقابل با اقلیم به‌شمار می‌آید. مشکل آلودگی زیست‌محیطی و هزینه‌های بالای انرژی، همچنین تغییرات اقلیمی و گرم شدن کره زمین، لزوم استفاده از طرح‌های مبتنی بر اقلیم هر منطقه را بیش‌ازپیش آشکار می‌کند (خان‌محمدی و وحیدی، ۱۴۰۱).

مناطق با اقلیم‌های متفاوت، دارای پتانسیل‌های بسیاری هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان تا حد زیادی مصرف انرژی را کاهش داد. یکی از موارد اتلاف انرژی در ساختمان، مربوط به فضاهای داخلی می‌باشد. با دانستن نکاتی مفید در باب نحوه چیدمان وسایل گرمایش، جدارهای نورگذر، عایق‌بندی جداره‌ها، نصب پرده و سایبان می‌توان تا حدود زیادی از اتلاف انرژی جلوگیری کرد. در شکل زیر بیشترین راه‌های اتلاف انرژی در یک ساختمان نشان داده شده است (عکس ۱).



عکس ۱. میزان اتلاف حرارتی ساختمان

بخش ساختمان در هر کشور، بیش از یک‌سوم انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است (فروغیان، ۱۳۹۵). در گذشته‌های دور به علت دسترسی محدود به منابع انرژی فسیلی، معمارها سعی بر این داشتند تا با راهکارهای معمارانه با توجه به اقلیم منطقه، استفاده از خواص خاک در حفظ انرژی، بهره‌گیری از تابش خورشید و یا سایه متناسب هر فصل، استفاده از سایه‌بان‌های متحرک، ساخت دیوارهای ضخیم و راهکارهایی از این دست، بدون بهره‌گیری از انرژی فسیلی، نیاز خود را برای رسیدن به دمای آسایش برطرف نمایند اما نگرش جامعه‌ی معماری نسبت به نحوه تأمین آسایش انسان در داخل ساختمان، از ابتدای قرن حاضر تاکنون دستخوش تغییرات چشمگیری شده است. از دهه‌های نخستین قرن، استفاده از وسایل مکانیکی گرم‌آزا و سرمازا برای تنظیم دمای محیط داخل ساختمان مورد توجه معماران قرار گرفته است (رازجویان، ۱۳۹۳). این موضوع باعث افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان شده است. واضح است که امروزه موضوع محدودیت و کمبود ذخایر انرژی در کره زمین بر کسی پوشیده نیست (مارکوس و هرتل، ۱۳۹۲). انرژی فسیلی از جمله انرژی‌های تجدیدناپذیر بوده که اگر این‌چنین مصرف آن‌ها، ادامه یابد به‌زودی پایان می‌یابد. از این‌رو استفاده منطقی از انرژی، در رئوس اصلی کار کشورهای فاقد انرژی فسیلی قرار گرفت و آن‌ها را بر آن واداشت که در یکی از مراکز اصلی مصرف انرژی، یعنی ساختمان، مسئله بهینه کردن مصرف انرژی را جدی بگیرند. بدین ترتیب این مسئله مطرح شد و

چندین سال است که تمامی کشورها، قوانین خاصی در امر ساختمان‌سازی و بکار بردن عایق‌های حرارتی، بهبود روش گرمایش و سرمایش و ساختار کلی ساختمان در جهت بهینه کردن مصرف انرژی، تدوین نموده‌اند که لازم‌الاجرا می‌باشد (رضایپور، ۱۳۹۱).

جداره‌های خارجی ساختمان و مصالح به‌کاررفته در آن، از مهم‌ترین منابع هدررفت انرژی در ساختمان به‌حساب می‌آیند. در گذشته رایج‌ترین مصالح مورد استفاده در امر ساختمان‌سازی، آجر بوده‌است و معماران با راهکارهایی از جمله افزایش ضخامت دیوارها، سعی در تعدیل دمایی هوای داخل ساختمان، داشتند. ساخت‌وساز به‌وسیله آجر، حداقل مقاومت در برابر زلزله، سیل و طوفان را دارند و گاه فقط به‌عنوان یک سرپناه مورد تأیید است (Saghi & Ghaffari, 2020). با گذشت زمان بنابر دلایلی چون ارزشمند شدن زمین، امکان ساخت جداره‌های قطور ممکن نبود ولی همچنان آجر به‌عنوان مصالح غالب در امر ساختمان‌سازی مورد توجه بوده‌است. در ساختمان‌ها با جداره‌های کم ضخامت ساخته‌شده با آجر، به‌دلیل کاهش زمان تأخیر و مقاومت حرارتی، دیگر بدون وسایل الکتریکی رسیدن به آسایش دمای داخلی ممکن نبود. به این دلیل با گذشت زمان مصالح جدیدی روی کارآمد که نسبت به آجر عایق مناسبی در برابر حرارت و صوت می‌باشند. از جمله این مصالح جدید که در سال‌های اخیر بسیار پرکاربرد می‌باشد و تا حد زیادی جایگزین آجر شده‌است، هبلکس می‌باشد. هبلکس از جمله مصالح جدیدی است که به‌راحتی قابل برش است، وزن آن کمتر از آجر است پس در برابر زلزله مقاوم‌تر است، در ساختمان‌های ساخته‌شده با این مصالح، نیاز به نیروی انسانی و زمان ساخت کاهش می‌یابد و در نتیجه هزینه‌های ساخت نیز بهینه می‌گردد، مقاومت فشاری آن بسیار بیشتر از آجر است و از همه مهم‌تر با توجه به اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی که در بالا اشاره شد، هبلکس خود عایق بسیار خوبی در برابر حرارت و صوت نیز می‌باشد که در نتیجه نیاز به مصرف عایق مجزا در سازه را ندارد. با توجه به مسئله اهمیت صرفه‌جویی انرژی، در این تحقیق دو مصالح آجر، به‌عنوان مصالح رایج سنتی و هبلکس به‌عنوان مصالح جایگزین آجر، از نظر میزان مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

برای حصول به نتایج این پژوهش، از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده می‌شود. این نرم‌افزار برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و سیستم روشنایی کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی همه جنبه‌های ساختمان را دارد. دیزاین‌بیلدر^۱ بار سرمایشی و گرمایشی را بر اساس استاندارد اشری^۲، با استفاده از موازنه حرارتی که در انرژی‌پلاس^۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبه می‌نماید. در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر شرایط اقلیمی نیز در نظر گرفته می‌شوند (Inanici & Demirbilek, 2000). برای رسیدن به نتایج دقیق به‌وسیله نرم‌افزار شبیه‌ساز، برای ساختمان مورد بررسی، از داده‌های آب‌وهوایی شهر مشهد که جزء اقلیم گرم‌وخشک است در قالب فایل apw استفاده می‌گردد. این قالب فایلی مورد تأیید تولیدکنندگان نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر است و در پایگاه‌های اینترنتی این نرم‌افزار موجود است.

۱-۱- پرسش‌های تحقیق

۱. میزان انرژی مصرفی یک ساختمان، در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس، چگونه تغییر می‌کند؟
۲. با جایگزین کردن هبلکس تا چه میزان در اقتصاد خانوار صرفه‌جویی می‌شود؟

۱-۲- فرضیه تحقیق

هبلکس از مصالح جدیدی می‌باشد که استفاده از آن در چند سال اخیر بسیار رایج بوده و به‌عنوان یکی از مصالح عایق شناخته شده‌است. با توجه به ویژگی عایق بودن هبلکس، انتظار می‌رود با جایگزین کردن این مصالح با آجر تا حدودی در میزان مصرف انرژی

1. DesignBuilder
2. ASHRAE
3. Energy plus

ساختمان صرفه‌جویی گردد. هبلکس از آجر گران‌تر است اما با توجه به ابعاد بزرگ‌تر آن و نیاز به مصالح، نیروی کار و زمان ساخت کمتر و همین‌طور صرفه‌جویی در مصرف سوخت ساختمان، انتظار می‌رود استفاده از آن مقرون‌به‌صرفه و دوره بازگشت سرمایه کوتاه باشد.

۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

در سال‌های اخیر با توجه به ضعف‌های مصالح سنتی در ساختمان‌سازی، همچون عدم مقاومت در برابر زلزله، افزایش وزن بنا، افزایش میزان هدررفت انرژی ساختمان و توجه به مسائل زیست‌محیطی، مقایسه‌هایی بین مصالح جدید با مصالح سنتی انجام شده‌است و سعی بر توجیه سازندگان در جایگزینی مصالحی نظیر آجر با مصالح به‌روز، مانند انواع بلوک‌های ساختمانی از قبیل هبلکس نموده‌اند. در مقاله‌ای هبلکس به‌عنوان مصالحی سبک، مقاوم در برابر زلزله و دوست‌دار محیط‌زیست با مصالح متداول ساختمانی مقایسه و برتری آن بیان شده‌است (ارشادی، ۱۳۹۴). در مقاله‌ای دیگر مزایای جایگزینی بلوک سبک بتنی هبلکس با مصالح آجر مورد بررسی قرار گرفته‌است و برتری‌های آن همچون کاهش انرژی زلزله بر سازه و وزن سبک، سرعت اجرایی بیشتر، نیروی اجرایی کمتر و مصالح کمتر عنوان شده‌است (زارعیان، رئیسی و انانی و قاسمیان، ۱۳۹۱). در مقاله‌ای با عنوان بررسی میزان کاهش و اتلاف انرژی در دیوارهای غیربرابر با جایگزینی بلوک سبک هبلکس به‌جای آجر، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با جایگزین هبلکس به‌جای آجر در دیوارهای برابر، علاوه بر کاهش ۳۰ درصدی وزن ساختمان تا ۳۰ درصد در کاهش اتلاف انرژی ساختمان صرفه‌جویی می‌شود (پورمحمدی و عندلیب، ۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر با استفاده از نرم‌افزار کریر، یک ساختمان نمونه استاندارد، شبیه‌سازی شده‌است و میزان صرفه‌جویی انرژی و مباحث اقتصادی در اثر عایق‌کاری مورد بررسی قرار گرفته‌است. در این مقاله میزان صرفه‌جویی انرژی گرمایشی و سرمایشی محاسبه شده‌است و چنین نتیجه‌گیری شده‌است که به‌صرفه‌ترین دیوار برای عایق‌کاری، دیوار غربی با عایق پیشنهادی هبلکس است که دوره بازگشت‌پذیری سرمایه ۱۳ ماه می‌باشد (جعفریان، ذوالفقاری و نظری، ۱۳۹۵). در مقاله‌ای میزان راندمان حرارتی ساختمان، در صورت استفاده از مصالح متخلخل مانند هبلکس، مورد بررسی قرار گرفته‌است و عنوان می‌دارد راندمان این مصالح به عوامل مختلفی مانند، میزان تخلخل، میزان هدایت حرارتی، ضخامت و ماهیت این مواد بستگی دارد (Rashidi, Hormozi & Doranehgard, 2021). در پژوهشی دیگر با عنوان با کمک بهینه‌سازی نمای بیرونی با استفاده از مصالح، سعی در یافتن اصولی برای صرف انرژی کمتر دارد (Shafiei Dastjerdi, Sadeghi & Rafiee, 2020). میرشک داغیان و همکاران در مقاله‌ای به تحلیل مصرف انرژی در انواع دیوارها و عایق‌های حرارتی در لایه بیرونی ساختمان‌ها، می‌پردازد و در نهایت بهترین مصالح برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی از بین ۴ مصالح انتخابی شامل، بتن سبک لیکا، هبلکس، بلوک سیمانی و بتن CLC، انتخاب می‌شود (Mirshak Daghiyan, Dehghan Toran Pashti, Shahcheraghi & Kaboli, 2021). ساقی و همکاران در مقاله‌ای به جهت یافتن بهترین مصالح به‌کاررفته در سقف، چند سقف با مصالح متفاوت را شامل سقف بتنی، سقف با بلوک‌های هبلکس، سقف عرشه فولادی، از نظر پارامترهای بهینه‌سازی انرژی با یکدیگر مقایسه کردند (Saghi & Ghaffari, 2020). نایرز، کجتار، تومیک و نایرز^۱ (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به مقایسه میزان انتقال حرارت و صرفه‌جویی اقتصادی و دوره بازگشت سرمایه، در دو حالت استفاده از عایق، در دیواری آجری پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که استفاده از عایق در دیوار آجری بهینه بوده و بهترین ضخامت آن ۶۸۹ سانتی‌متر می‌باشد. آکساپولوس، آکساپولوس، پاناایوتو، کالوگیرو و گلگنلیس^۲ (۲۰۱۵) در مقاله‌ای مشابه ضخامت اقتصادی و بهینه عایق حرارتی مختلف را برای جهت‌های مختلف ساختمان، مورد آنالیز قرار دادند. ضخامت ۱۵ سانتی‌متر از نوع هبلکس با دوره بازگشت‌پذیری ۵ سال، در این مقاله مورد تأیید است.

¹ Nyers, J., Kajtar, L., Tomić, S., & Nyers

² Axaopoulos, Axaopoulos, Panayiotou, Kalogirou & Gelegenis

محدود بودن منابع انرژی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آن، طراحی بهینه و مناسب ساختمان‌ها را از دیدگاه مصرف انرژی ضروری می‌سازد. در این بین جداره‌های ساختمان از اصلی‌ترین منابع هدررفت انرژی از ساختمان به حساب می‌آیند. جداره‌ها از اجزای متعددی تشکیل می‌شوند که اصلی‌ترین آن عنصر اصلی دیوارچینی می‌باشد. در بناهای سنتی مصالح قالب دیوارچینی آجر می‌باشد که امروزه مصالح جدید چون هبلکس جایگزین آن شده‌است. در ادامه توضیح مختصری درباره این دو مصالح داده شده و با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

آجر: آجرها گروهی از مصالح هستند که به صورت صنعتی تولید و جایگزین سنگ شده‌اند و در حقیقت سنگی ساخته دست بشر هستند، سنگی دگرگون که از تغییر وضعیت خشت پدید می‌آید. این گروه از مصالح که اولین تولید صنعتی و انبوه مصالح ساختمانی به دست بشر به‌شمار می‌آیند براساس نوع مواد اولیه، روند تولید و محل مصرف به انواع متنوعی تقسیم می‌شوند. آجرهای رسی که اولین و فراوان‌ترین آن‌ها هستند قدمت چند هزار ساله دارند. با پیشرفت تکنولوژی و علم شیمی انواع بی‌شماری از آجرها با کیفیت‌های مختلف، ابعاد و شکل ظاهری متنوع راهی بازار مصرف شده‌اند (خورسندی کوهانستانی و قاراخانی، ۱۳۹۷). آجر (آگور) واژه‌ای بابلی است که در گذشته برای توصیف لوح‌هایی که احکام و فرامین دولتی را روی آن می‌نوشتند و سپس آن را می‌پختند، به کار می‌رفت. برای نخستین بار از پخته شدن خاک مجاور اجاق‌های آتش به وجود آن پی برده شده‌است و اولین کوره‌های آجرپزی نیز از قرارداد لایه‌های خشت در کنار شعله‌های آتش ساخته شدند. می‌توان گفت آجر، سنگ دگرگونی مصنوعی است که از پخته شدن خاک رس در ابعاد و اندازه‌های دلخواه به دست می‌آید و اولین عنصر پیش‌ساخته با تولید انبوه بوده‌است (زمرشیدی، ۱۳۹۰). خواص آجر باعث شده‌است که به‌عنوان مصالح پرکننده دیوار و سقف از جمله پر مصرف‌ترین مصالح باشد. خاک آجر معمولاً مخلوطی است از خاک رس، ماسه، فلدسپات، سنگ آهک، سولفات‌ها، کانی‌های آهن و برای تهیه آن به خاک رس خالص نیاز نیست. خاک رس مناسب برای آجر نباید درصد زیادی آهک داشته‌باشد، زیرا باعث از دست رفتن کیفیت آن پس از پخت می‌شود (عجم، ۱۳۹۰). در جدول زیر انواع آجر به اختصار آورده شده‌است.

جدول ۱. انواع آجر

انواع آجر	جنس	روش ساخت	نوع مصرف	شکل
	لعابی-سفالی-نسوز-ماسه آهکی-رسی-غیر رسی (Vogelsang, 1990)	فشاری-ماشینی (Marchetti, 2012)	معمولی-نما-مهندسی (Marchetti, 2012)	توپر-سوراخدار-توخالی-متخلخل (کیانی، ۱۳۸۶)

آجر از گذشته دور به علت، پایداری، ارزان و در دسترس بودن و سرعت بالای ساخت بنا به‌عنوان مصالح ساختمانی مورد استفاده بوده‌است. جذب آب آجر معمولی بالا می‌باشد و نمک‌ها و سولفات‌های موجود در آجر سبب بروز سفیدک و شوره در آن می‌شود، حدود یک ساعت در برابر آتش مقاومت می‌کنند، معمولاً در مقابل صوت و حرارت عایق مناسبی نمی‌باشند و باید برای عایق شدن آن از مصالح آکوستیک و عایق حرارتی استفاده نمود اگرچه هر چه ضخامت دیوار آجری بیشتر شود خاصیت جذب صوت و حرارت در آن بیشتر می‌شود (خورسندی کوهانستانی و قاراخانی، ۱۳۹۷).

هبلکس: نوعی از بتن است که توسط حباب‌های هوا متخلخل شده و در ساختمان‌ها برای دیوار، جایگزین آجر و مصالح قدیمی می‌باشد. این مصالح در اروپا ابداع گردیده‌است و با نام‌های *ytong*, *aac*, *heblex* شناخته شده‌است. پایه آن مشابه بلوک‌های سبک دیگر، سیلیس می‌باشد که این امر باعث ضد آتش و عایق شدن هبلکس گردیده زیرا سیلیس دمای ذوب بسیار بالایی دارد. تولید این

محصول به‌دقت بسیار بالا در تمامی مراحل فرآوری احتیاج دارد تا هبلکس تولید شده تمام مزایای اصلی، عایق‌بودن، وزن کم، مقاومت مطلوب و جذب آب پایین را داشته باشد. دلیل اصلی ساخت هبلکس دستیابی به محصولی بوده که هم سبک باشد هم ابعاد مناسبی داشته باشد که سرعت کار را بالا ببرد و دارای خواص عایق نیز باشد که حرارت و صدا به‌سختی از آن عبور نماید و دارای استحکام و پایداری بالا باشد. سیمان و ملات مصرفی مورد نیاز برای کشیدن یک دیوار با هبلکس به‌اندازه یک‌چهارم یا ۲۵٪ دیوارکشی با آجر است. درست است که مصالح دیوارچینی با آجر و هبلکس یکسان است، اما بلوک‌های هبلکس بخش اعظم دیوار را دربرمی‌گیرند و مصرف سیمان را کاهش می‌دهند. دانسته هبلکس در حالت خشک معین می‌گردد. وزن تقریبی در هر مترمکعب هبلکس حدود ۵۵۰ کیلوگرم می‌باشد. با اینکه آجر در ساختمان نسبت به سنگ وزن کمتری دارد ولی حدود ۳/۲ برابر از هبلکس سنگین‌تر است. مقاومت هبلکس به‌مانند سنگ است، در مقابل آتش از بین نمی‌رود و در مقابل فشارهای بیرونی و زلزله مقاوم است. این مصالح باید در هنگام ساخت کاملاً خیس شده و این باعث عایق‌رطوبت شدن آن نیز می‌شود (حسینی و کاظمی تربقان، ۱۳۹۰).

به‌دلیل اهمیت مصرف انرژی و صرفه‌جویی در آن، در این تحقیق دو مصالح آجر و هبلکس که کاربرد مشابه در امر ساختمان‌سازی دارند، از نظر بهینه‌بودن مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه شده و مشخص می‌گردد که میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش و در پی آن مصرف سوخت برق و گاز ساختمان و همین‌طور میزان صرفه‌جویی ریالی مصرف برق و گاز، در صورت تغییر مصالح سنتی آجر به مصالح جدید هبلکس چگونه تغییر می‌یابد.

جدول ۲. مقایسه خواص آجر و هبلکس

هبلکس	آجر	
۵۵۰	۱۷۵۰	وزن در مترمربع دیوار
یک‌چهارم آجر	چهار برابر هبلکس	ملات مصرفی
۱/۱	۰/۱	ضریب هدایت حرارتی (w/m.k)
چهار برابر آجر	یک‌چهارم هبلکس	سرعت اجرا
۴۲/۸	۳۵	قابلیت عایق صوتی (db)

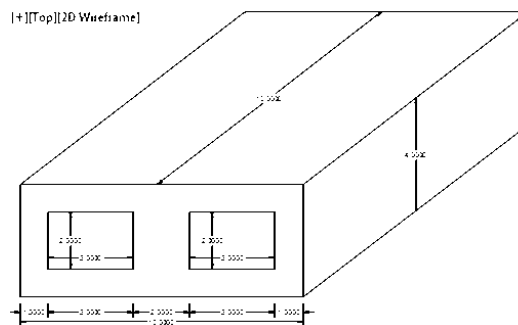
۳- روش‌شناسی

در انجام این پژوهش، به‌جهت مقایسه دو مصالح هبلکس و آجر از منظر میزان مصرف انرژی، از مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مانند فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی تمامی جنبه‌های ساختمان را دارد. علاوه بر این بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف روشنایی، لوازم‌خانگی، آب گرم مصرفی و غیره را به‌صورت دینامیک مدل‌سازی می‌نماید. نرم‌افزار مدل‌سازی دیزاین‌بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقاً بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. دیزاین‌بیلدر بار سرمایشی و گرمایشی را بر اساس استاندارد اشری، با استفاده از موازنه حرارتی که در انرژی پلاس مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبه می‌نماید. برای رسیدن به نتایج دقیق به‌وسیله نرم‌افزار شبیه‌ساز، برای ساختمان مورد بررسی، از داده‌های آب‌وهوایی شهر مشهد که در اقلیم گرم‌وخشک واقع است در قالب فایل apw استفاده می‌گردد. این قالب فایل مورد تأیید تولیدکنندگان نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر است و در پایگاه‌های اینترنتی این نرم‌افزار موجود است (DesignBuilder, 2020). پس از

مدل‌سازی در نرم‌افزار، میزان بار سرمایش، بار گرمایش و بار کل مدل مورد بررسی، در دو حالت استفاده از دیوار آجری و هبلکس، محاسبه می‌گردد و درصد صرفه‌جویی در برق برای ماه‌های گرم و گاز برای ماه‌های سرد سال در صورت استفاده از آجر و هبلکس برای دیوارهای خارجی، عنوان می‌گردد. در ادامه به علت اهمیت بحث اقتصادی و برای درک راحت‌تر میزان صرفه‌جویی، اعداد حاصل از صرفه‌جویی مصرف برق و گاز، به ریال تبدیل شده‌است. برای این منظور باتوجه به نرخ برق و گاز مصرفی در دو حالت مورد بررسی (آجر و هبلکس) و میزان کیلووات صرفه‌جویی در مصرف هر یک، بهای مصرفی قبض برق و گاز به تفکیک ماه و به صورت سالانه محاسبه می‌گردد و در نهایت میزان صرفه‌جویی ریالی، به صورت درصد بیان می‌گردد.

۳-۱- مدل مورد بررسی

باتوجه به این‌که هدف از این پژوهش بررسی تأثیرات نوع مصالح جداره‌ها در میزان تبادلات انرژی است، محاسبات بر روی یک مکعب به ابعاد ۱۰*۱۰*۴ متر انجام شده‌است. این مدل در دو حالت مصالح جداره آجر و هبلکس مدل‌سازی شده و نتایج استخراج شده‌است. انتقال حرارت از سقف، کف و سایر متغیرها در هر دو حالت ثابت می‌باشد.



شکل ۲. مدل مورد بررسی (مأخذ: نگارندگان)

۴- یافته‌ها

مقدار بار کل، بار سرمایش و بار گرمایش برای مدل مورد بررسی در دو صورت استفاده از آجر و هبلکس به عنوان مصالح دیوارچینی اصلی، با استفاده از نتایج حاصل از نرم‌افزار، محاسبه گردید. در ابتدا میزان بار سرمایش و بار گرمایش مورد بررسی قرار گرفت تا میزان صرفه‌جویی در بار کل (حرارتی و برودتی) محاسبه گردد.

جدول ۳. داده‌های بار سرمایش و بار گرمایش و بار کل ساختمان

Kw/h	هبلکس	Kw/h	آجر
-۲۵۴۲/۳	جمع بار سالانه سرمایش	-۵۶۶۶/۷	جمع بار سالانه سرمایش
۸۱۷۷/۲	جمع بار سالانه گرمایش	۱۸۲۱۸/۱	جمع بار سالانه گرمایش
۱۰۷۱۹/۵	جمع بار کل	۲۳۸۸۴/۸	جمع بار کل
میزان صرفه‌جویی برابر است با ۱۳۱۶۵.۳ کیلووات ساعت			

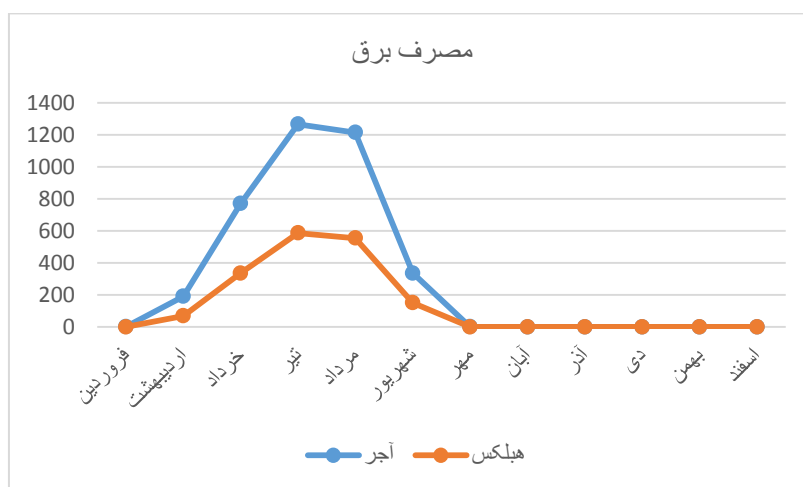
باتوجه به فرمول درصد صرفه‌جویی، مقدار درصد صرفه‌جویی در بار کل ساختمان در صورت استفاده از هبلکس برابر است با: ۵۵/۱۲٪

میزان مصرف برق و گاز برحسب کیلووات ساعت در صورت استفاده از دو مصالح آجر و هبلکس در جدول زیر آورده شده است.

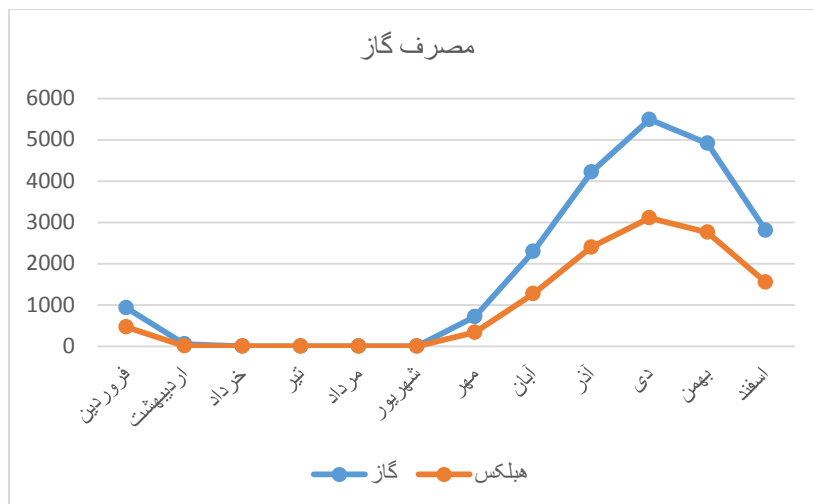
جدول ۴. میزان مصرف برق و گاز برحسب کیلووات ساعت به تفکیک ماه

مصالح	انرژی مصرفی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
آجر	برق	۱	۱۹۱	۷۷۰	۱۲۶	۱۲۱۴	۳۳۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰
	گاز	۹۳۱	۵۵	۰	۰	۰	۰	۷۱	۲۲۹	۴۲۱۷	۵۴۹	۴۹۱	۲۸۰۷
هبلکس	برق	۰	۶۹	۳۳۵	۵۸۶	۵۵۴	۱۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	گاز	۴۶۷	۱۰	۰	۰	۰	۰	۳۳	۱۲۷	۲۴۰۱	۳۱۱	۲۷۶	۱۵۵۰

در ادامه برای درک راحت‌تر نتایج به صورت نمودار بیان شده است.



شکل ۲. میزان مصرف برق در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۳. میزان مصرف گاز در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)

همان‌طور که از نمودارها مشخص است، جایگزین کردن هبلکس با آجر در میزان مصرف برق تأثیر بیشتری از میزان مصرف گاز دارد و میزان این تأثیر در تیرماه بیشتر است. میزان تأثیر آن در صرفه‌جویی گاز ۴۴/۴۵ درصد و در مصرف برق ۵۵/۱۴ درصد می‌باشد. در ادامه بحث، مجموع مصرف گاز و برق سالانه آورده شده‌است و مصرف برق و گاز به کیلووات‌ساعت با یکدیگر جمع شده و در انتها میزان مصرف کل در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس با یکدیگر مقایسه می‌شود.

جدول ۵. جمع مصرف برق و گاز به کیلووات ساعت

هبلکس	آجر
جمع مصرف سالانه برق	۳۷۷۷/۸
جمع مصرف سالانه گاز	۲۱۴۳۳/۱
جمع کل	۲۵۲۱۰/۹

میزان صرفه‌جویی برابر است با ۱۱۶۰۹ کیلووات ساعت

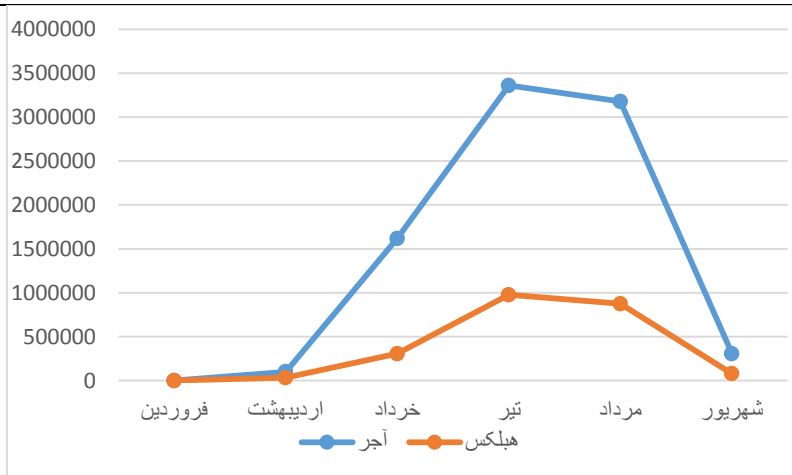
با جایگزین کردن هبلکس با آجر به میزان ۴۶ درصد در مصرف برق و گاز ساختمان صرفه‌جویی می‌شود. از اساسی‌ترین مباحث در راهکارهای صرفه‌جویی انرژی، اقتصاد می‌باشد. در جداول زیر مقدار مصرف برق و گاز در صورت استفاده از دو مصالح آجر و هبلکس به ریال تبدیل شده‌است.

جدول ۶. هزینه مصرف برق در ماه‌های گرم سال به ریال

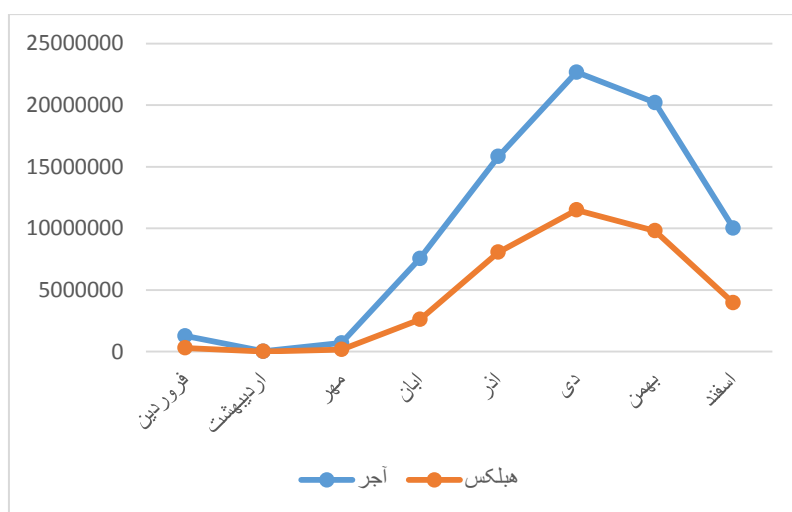
مصالح آجر	مصالح هبلکس
فروردین	۰
اردبیل	۳۳۸۱۰
خرداد	۳۰۶۶۰۵
تبریز	۹۷۶۷۲۴
مرند	۸۷۴۸۳۶
شهریار	۷۸۱۲۱
مهر	۰
جمع هزینه سالانه	۲۲۷۰۰۹۶

جدول ۷. هزینه مصرف گاز در ماه‌های سرد سال به ریال

	مصالح آجر	مصالح هبلکس
فروردین	۱۲۷۴۰۱۶	۲۹۰۱۴
اردیبهشت	۲۲۷۷۰	۴۱۴۰
مهر	۶۹۷۴۵۲	۱۶۳۵۳۰
آبان	۷۵۵۶۸۸۰	۲۶۰۶۱۳۰
آذر	۱۵۸۲۹۹۸۰	۸۰۶۴۰۳۰
دی	۲۲۶۶۷۷۴۲	۱۱۴۸۸۵۰۰
بهمن	۲۰۲۰۶۶۵۰	۹۸۰۲۸۳۰
اسفند	۱۰۰۲۵۰۱۰	۳۹۵۳۷۰۰
جمع هزینه سالانه	۷۸۲۸۰۵۰۰	۳۶۳۷۳۰۷۴



شکل ۴. ریالی مصرف برق در دو حالت مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۵. ریالی مصرف گاز در دو حالت مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)

مقدار صرفه‌جویی ریالی برق در یک سال ۶۲۹۲۸۱۰ ریال و گاز ۲۴۱۹۰۷۴۲۶ ریال می‌باشد. در نتیجه درصد صرفه‌جویی ریالی سالانه در مصرف برق، ۷۳/۵ درصد و درصد صرفه‌جویی ریالی سالانه گاز، ۳۶/۴ درصد می‌باشد.

مقدار صرفه‌جویی ریالی کل مصرف برق و گاز در صورت استفاده از هبلکس به جای آجر ۴۸۲۰۰۲۳۶ ریال و درصد صرفه‌جویی ریالی کل سالانه، ۵۵/۵ درصد می‌باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی تأثیر جایگزینی مصالح هبلکس با مصالح آجر در میزان مصرف انرژی ساختمان و در پی آن مقدار صرفه‌جویی در اقتصاد خانوار در اقلیم مشهد، پرداخته است. نتایج نشان داد که با جایگزینی هبلکس با آجر ۵۵/۱۲ درصد در بار کل ساختمان صرفه‌جویی می‌شود. همین‌طور ۴۴/۴۵ درصد در میزان مصرف گاز و ۵۵/۱۴ درصد در میزان مصرف برق و ۴۶ درصد در مصرف کل برق و گاز ساختمان صرفه‌جویی می‌شود. در ادامه با بررسی اقتصادی و تبدیل مصرف برق و گاز مدل مورد بررسی به ریال، با توجه به جدیدترین تعرفه‌های هزینه برق و گاز در سال ۱۴۰۰، مقدار ۷۳/۵ درصد در هزینه سالانه برق و ۳۶/۴ درصد در هزینه سالانه برق و در حالت کلی ۵۵/۵ درصد در مجموع هزینه‌های پرداختی قبض برق و گاز ساختمان، صرفه‌جویی می‌شود.

۶- تقدیر و تشکر

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر حسن ذوالفقارزاده که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام و اكمال پایان نامه بوده است. و با تشکر خالصانه از خانواده و دوستانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده‌اند.

۷- منابع

- ۱- ارشادی، ر. (۱۳۹۴). مقایسه بلوک سبک (هبلکس) با مصالح متداول ساختمانی. سومین همایش ملی مصالح ساختمانی و فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان.
- ۲- پورمحمدی، م.، و عندلیب، س. (۱۳۹۳). بررسی میزان کاهش و اتلاف انرژی در دیوارهای غیر برابر با جایگزینی بلوک سبک هبلکس بجای آجر، کنفرانس مهندسی عمران، معماری و مدیریت پایدار شهری، گرگان.
- ۳- جعفریان، ک.، ذوالفقاری، ع.، و نظری، ع. (۱۳۹۵). بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی استفاده از عایق‌های متداول در جدار خارجی یک ساختمان نمونه در اقلیم تهران، مجله مهندسی مکانیک مدرس، ۱۶(۳)، ۱۸۵-۱۸۸.
- ۴- حسینی، ح.، و کاظمی تربقان، م. (۱۳۹۰). اثرات عایق‌سازی حرارتی جداره‌های ساختمانی ساخته‌شده با مصالح جدید در کاهش مصرف سوخت. همایش منطقه‌ای عمران و معماری (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، آمل.
- ۵- خان محمدی، م.، و وحیدی، م. (۱۴۰۱). معرفی روش‌های خلاقانه به‌منظور بهره‌گیری از شرایط اقلیمی جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان. پژوهش‌های معماری نوین، ۲(۱)، ۷۳-۸۶.
- ۶- خورسندی کوهانستانی، ا.، و قاراخانی، ع. (۱۳۹۷). بهره‌گیری از مصالح نوین در معماری: انواع آجر از آغاز تاکنون. اولین کنگره بین‌المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی‌های نوین در صنعت ساختمان، تبریز.
- ۷- رازجویان، م. (۱۳۹۳). آسایش در پناه باد. مرکز چاپ و انتشار دانشگاه شهید بهشتی. تهران.
- ۸- رضاپور، ک. (۱۳۹۱). مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی. سازمان بهره‌وری انرژی ایران. تهران.

- ۹- زارعیان، ر.، رئیس‌ی و انانی، ا.، و قاسمیان، م. (۱۳۹۱). بررسی عملکرد و مقایسه بلوک سبک بتنی هبلکس به‌عنوان جایگزین آجر. دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوین در مهندسی عمران، نجف‌آباد.
- ۱۰- زمرشیدی، ح. (۱۳۹۰). *مصالح‌شناسی سنتی*. نشر زمرد.
- ۱۱- عجم، م. (۱۳۹۰). *آخرین روزهای آجر دستی ایران*. موسسه آفتاب.
- ۱۲- فروغیان، س. (۱۳۹۵). مسکن سبز و اقتصاد (ارزیابی عملکرد پنجره‌های ساختمان در صرفه‌جویی انرژی و اقتصاد خانوار). پایان‌نامه دانشگاه صنعتی شاهرود
- ۱۳- کیانی، ی. (۱۳۸۶). *تزیینات وابسته به معماری دوره اسلامی*. انتشارات دانش و فن.
- ۱۴- مارکوس، د. و هرتل، ه. (۱۳۹۲). *مدیریت انرژی در ساختمان*. ترجمه گل شیرازی، ح. انتشارات ذره.
- ۱۵- مرکز مطالعات تکنولوژی. (۱۳۹۱). مرجع کاربردی مدیریت انرژی. دانشگاه صنعتی شریف.
- 16- Axaopoulos, I., Axaopoulos, P., Panayiotou, G., Kalogirou, S., & Gelegenis, J. (2015). Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics. *Energy*, 90, 939-952.
- 17- Inanici, M. N., & Demirbilek, F. N. (2000). Thermal performance optimization of building aspect ratio and south window size in five cities having different climatic characteristics of Turkey. *Building and environment*, 35(1), 41-52.
- 18- Marchetti, N. (2012). Karkemish on the Euphrates: excavating a city's history. *Near Eastern Archaeology*, 75(3), 132-147.
- 19- Mirshak Daqiyani, M., Dehghan Toran Pashti, A., Shahcheraqi, A., & Kaboli, H. (2021). Analysis of energy consumption in different types of walls and thermal insulations in the exterior layer of the base building. *Geography (Regional Planning)*.
- 20- Nyers, J., Kajtar, L., Tomić, S., & Nyers, A. (2015). Investment-savings method for energy-economic optimization of external wall thermal insulation thickness. *Energy and Buildings*, 86, 268-274.
- 21- Rashidi, S., Hormozi, F., & Doranehgard, M. H. (2021). Abilities of porous materials for energy saving in advanced thermal systems. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 143(3), 2437-2452.
- 22- Shafiei Dastjerdi, M., Sadeghi, N., & Rafiee, M. (2020). Minimizing Energy Consumption by Optimizing the Exterior Skin Materials on the Scale of Urban Block A Case Study of a Deteriorated Area (Hemmat Abad, District 6 of Isfahan Province of Iran). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 17(91), 95-110.
- 23- Saghi, H., & Ghaffari, A. R. (2020). Studying the effect of modern construction technologies on time, cost, and quality of Iran mass housing projects. *Journal of Civil Engineering and Materials Application*, 4(4), 233-242.
- 24- Vogelsang, W. (1990). The Achaemenids and India. *Sancisi-Weerdenburg*, in H. Kuhrt and A. Kuhrt (eds.), *Achaemenid History*, 4, 93-110.

Comparing the two materials, brick (traditional material) and Heblex Block (new material), in relation to energy consumption and economy

Samaneh Foroughian¹, Hasan Zolfagharzadeh*²

1. Doctoral Researcher, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

foroughian_samaneh@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. (Corresponding Author).

zolfagharzadeh_h@ikiu.ac.ir

Abstract

Saving fossil fuels and using clean energy sources leads to utilization costs reduction and the environment & human well-being protection. Building walls and used materials are considered the main sources of energy waste. Brick is a building material that backs to ancient history; the reason for using it is its stability, cheapness, and high manufacturing speed. Now, its use is less considered for some reasons, such as increasing population density, the construction of multi-story buildings, overweight, the requirement of higher labor, and the lack of insulation. Likewise, Heblex blocks have become more widely used as they eliminated many defects of bricks, although brick is still being used. Considering the importance of energy in recent decades and the emphasis of national building regulations on the insulation of buildings and less energy consumption, this study focuses on comparing two materials, bricks and Heblex blocks, with each other in terms of energy cooling and heating consumption, and the building gas and electricity fuel consumption, as well as the amount of financial saving in electricity and gas consumption. This research was conducted by Design Builder software, and the studied model was selected as a cube with dimensions of 4 * 10 * 10 in the Mashhad climate. The investigated model has been modeled in the software. Then, the amount of cooling, heating, and the total load of the building in two cases, brick walls and Heblex materials, have been extracted, and the results have been stated as a percentage. The obtained results show that replacing bricks wall with Heblex blocks will save the energy consumption of the building up to 55.12%. In the next step, the electricity and gas price for both models has been estimated. And it was found that replacing the brick with Heblex Blocks could assist the household economy by almost 55.5% by saving from paying electricity and gas bills .

Keywords: Building Energy, Sustainability, Economy Heblex Block



This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(CC BY 4.0)