طراحی و برنامه ریزی در معماری و شهرسازی
سال دوم، شمارهٔ سوم، پاییز ۱۴۰۳، صص ۳۱-۴۸
eISSN: 3060-6608

جایگزینی بلوک‌های بتن هوادار با بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۳/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۳/۰۷/۰۱۹

امیرمحمد بابازاده [۱]
فرزانه اسدی ملکجهان [۲] (نویسنده مسئول)

چکیده

سیستم‌های صنعتی نوین ساختمانی سابقه‌ای طولانی در نقاط مختلف بخصوص اروپا دارند و با توجه به مزیت‌های آن می‌تواند در صنعت ساخت‌وساز مورداستفاده قرار گیرد و در کنترل مصرف انرژی مؤثر واقع شود. بتن هوادار یا اتوکلاو شده به‌عنوان یکی از مصالح ساختمانی از ابتدای قرن بیستم به‌صورت صنعتی تولید می‌شود. تولید این بلوک‌ها در حالتی که صرفاً عنصر جداکننده و غیر باربر باشند، به هیچ دانش انحصاری نیاز ندارد و درنتیجه بلوک‌های بتن هوادار به یک کالای در دسترس در بسیاری از بازارها تبدیل شدند. ساختار متخلخل سبک‌وزن و سرعت ساخت بیشتر بلوک‌های بتن هوادار از مزیت‌های این نوع از بلوک‌ها می‌باشد که به دلیل ساختار آن‌ها، یک مانع رطوبتی بسیار مؤثر و همچنین عایق حرارتی قابل‌توجهی در برابر شرایط محیط پیرامونی بنا می‌باشد. استان گیلان و شهر رشت دارای آب و هوایی معتدل و مرطوب می‌باشد که کنترل رطوبت در این اقلیم از الزامات طراحی است. علاوه بر این سهولت در اجرا، چگالی کم و به‌طورکلی ویژگی‌های فیزیکی مناسب بلوک‌های بتن هوادار می‌تواند موردبررسی و مقایسه با سایر بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت قرار بگیرد؛ بنابراین در این پژوهش که به شیوه توصیفی-تحلیلی انجام‌شده است، سعی بر آن است تا به این پرسش اصلی که آیا می‌توان بلوک‌های بتن هوادار را به‌عنوان جایگزینی برای مصالح مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی در رشت معرفی نمود؟ نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه سناریوهای آزمایش شده میان بلوک‌های مرسوم و بتن هوادار، توسط نرم‌افزار، بلوک‌های سیمانی ساده و سیمانی فوم‌دار درصورتی‌که مطابق با استانداردهای موجود تولید و مورداستفاده قرار بگیرند، می‌توانند سالانه تا حدود ۱۰۶٪ در مصرف گاز و تا حدود ۵۰٪ در مصرف برق به نسبت بلوک-های سفالی ساده مرسوم در ساخت و ساز در کاهش مصرف انرژی موثر باشند.

کلمات کلیدی: میزان مصرف انرژی سالانه، بلوک بتن هوادار، بلوک‌های سیمانی، بلوک‌های سفالی، رشت، ساختمان مسکونی

۱- دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران.
۲- دانشیار، گروه معماری، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت، ایران. (پست الکترونیکی: farzaneh_872@yahoo.com)

مقدمه

امروزه با توجه به اختصاص ۴۰ درصدی مصرف انرژی در بخش صنعت ساختمان و مسائل و مشکلات زیست‌محیطی موجود در ارتباط با گرمایش کره زمین، این صنعت با توجه به سهم آن، مستلزم توجه بیشتری در مورد مصرف انرژی می‌باشد (Jelčić Rukavina, Skejić, Kralj, Ščapec, & Milovanović, 2022). از سوی دیگر سیستم‌های صنعتی نوین ساختمانی که سابقه‌ای طولانی در اروپا دارند (Lewis, 1985)، با توجه به مزیت‌های آن می‌تواند در صنعت ساخت‌وساز مورداستفاده قرار گیرد و در کنترل مصرف انرژی مؤثر واقع شود چراکه از مزایای این سیستم‌ها می‌توان به پتانسیل راندمان انرژی بالا اشاره نمود (Jelčić Rukavina et al., 2022). با شناخت عوامل تأثیرگذار در طراحی در اقلیم معتدل و مرطوب می‌توان شکل بهینه‌تری از ساختمان‌ها مبتنی بر مصالح بهینه را ایجاد نمود(فاطمی, قبادیان, & منصوری, ۲۰۲۲).

بتن هوادار یا اتوکلاو شده (AAC) به‌عنوان‌یکی از مصالح ساختمانی از ابتدای قرن بیستم به‌صورت صنعتی تولید می‌شود. بتن هوادار در سال ۱۹۲۴ در سوئد توسعه یافت و اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی به‌عنوان جایگزینی برای ساختمان با چوب استفاده شد. در حال حاضر سالانه بیش از ۳۰ میلیون مترمکعب از این ماده تولید می‌شود. در بریتانیا در حال حاضر یک‌سوم کل بلوک‌های بتنی را تشکیل می‌دهد (Ahmed, 2017; van Boggelen, 2014). فناوری تولید بتن هوادار در دهه گذشته به‌طور قابل‌توجهی توسعه‌یافته است. تولید این بلوک‌ها در حالتی که صرفاً عنصر جداکننده و غیر باربر باشند، به هیچ دانش انحصاری نیاز ندارد و درنتیجه بلوک‌های بتن هوادار به یک کالای در دسترس در بسیاری از بازارها تبدیل شدند. گرچه همچنان چالش‌هایی در ارتباط با بهبود این نوع از بلوک‌ها در حالت باربر و غیر باربر پیش روی تولیدکنندگان می‌باشد (van Boggelen, 2014). ساختار متخلخل سبک‌وزن و سرعت ساخت بیشتر بلوک‌های بتن هوادار از مزیت‌های این نوع از بلوک‌ها می‌باشد که به دلیل ساختار آن‌ها، یک مانع رطوبتی بسیار مؤثر و همچنین عایق حرارتی قابل‌توجهی در برابر شرایط محیط پیرامونی بنا می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که عملکرد حرارتی این بلوک‌ها در بسیاری از موارد نیاز به عایق‌کاری را از بین می‌برد (Ahmed, 2017; Bao et al., 2016; Masonry).

استان گیلان و شهر رشت دارای آب و هوایی معتدل و مرطوب می‌باشد که کنترل رطوبت در این اقلیم از الزامات طراحی است (رضائی & تقدیری, ۲۰۱۹). سهولت در اجرا، چگالی کم از جمله ویژگی‌های بلوک‌های بتن هوادار می‌باشند (Mitsuda, Kiribayashi, Sasaki, & Ishida, 1992; van Boggelen, 2014). بطور کلی می‌توان با وجود تمامی پتانسیل‌های موجود به این موضوع توجه نمود که بلوک‌های بتن‌هوادار از نظر کاهش میزان مصرف انرژی جایگزین مناسبی برای بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت می‌باشند؟

در راستای دستیابی به پاسخ پرسش مطرح شده، در ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای، ادبیات موضوع بررسی شد و مطالبی همچون ویژگی‌های بلوک بتن هوادار، ویژگی‌های بلوک‌های سیمانی و سفالی، جزئیات اجرایی دیوار در اقلیم معتدل مرطوب ایران و پلان‌های مسکونی مورد تأیید سازمان نظام‌مهندسی استان گیلان در شهر رشت به دست آمد. درنهایت با جمع‌بندی موارد یافت شده در قسمت مرور ادبیات و با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر[۲] نمونه‌ای از پلان ساختمان‌های مسکونی شهر رشت در ۴ حالت؛ ۱- استفاده از بلوک بتن هوادار در جداره‌ها، ۲- استفاده از بلوک‌های سیمانی، ۳- استفاده از بلوک‌های سیمانی با یک‌لایه عایق و ۴- استفاده از بلوک‌های سفالی بررسی و آنالیز گردید. در ادامه مطالب ذکرشده موردنیاز این پژوهش بیان‌شده است.

پرسش پژوهش

در این پژوهش که به شیوه توصیفی-تحلیلی انجام‌شده است، سعی بر آن است تا با انجام شبیه‌سازی‌های کامپیوتری و تحلیل بر روی نتایج آن‌ها، به این پرسش پاسخ دهیم که: بلوک‌های بتن‌هوادار از نظر کاهش میزان مصرف انرژی جایگزین مناسبی برای بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت می‌باشند؟

پیشینه تحقیق

لزوم توجه به روش‌ها و مصالح مدرن ساخت‌وساز

امروزه به دلیل افزایش جمعیت و تقاضای روزافزون نیاز به مسکن در کشور به‌ویژه در نسل جوان؛ گسترش شهرنشینی؛ لزوم برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای مسکن ضروری است. با توجه به اینکه حدود یک‌سوم کل هزینه‌ها در کشور در بخش ساختمان و مسکن مصرف می‌شود توجه ویژه به خروج از دایره سنتی سازی در ساخت مسکن و روی آوردن به صنعتی سازی امری ضروری و بلکه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد؛ بنابراین در صورت حرکت به سمت صنعتی سازی ساختمان، نه‌تنها توانایی پاسخگویی به تقاضای فعلی جامعه وجود خواهد داشت بلکه در سرعت ساخت کیفیت و قیمت تمام‌شده ساختمان نیز تأثیرات مثبت جدی خواهد گذاشت. تولید صنعتی ساختمان و انبوه‌سازی با استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند کمک قابل‌توجهی به مدیریت و مهار بحران مسکن نماید صنعتی سازی ساختمان ازجمله عوامل مهم در افزایش تولید و برقرارکننده تعادل میان عرضه و تقاضا در بازار می‌باشد (مرتضی & منصور قلعه, ۱۳۹۲).

پیشینه و برخی ویژگی‌های بتن هوادار

بتن هوادار به‌عنوان‌یک مصالح ساختمانی از ابتدای قرن بیستم به‌صورت صنعتی تولیدشده است (van Boggelen, 2014). عناصر ساخته‌شده از بتن هوادار به‌عنوان عناصر باربر عمودی و عایق حرارتی و همچنین عناصر جداکننده در ساخت مورداستفاده قرار می‌گیرند(Ahmed, 2017). ساختار سلولی مواد بکار رفته در بتن هوادار، ساختار سبک‌وزن آن را سبب می‌شود. در حین نصب، اکثر بلوک‌های بتن هوادار را می‌توان به‌راحتی بلند کرد که مزایای بهره‌وری قابل‌توجهی دارد. (Fudge, Fouad, & Klingner, 2019).

پیش‌تر در ارتباط با بتن‌هوادار پژوهش‌هایی بر روی استحکام و بهبود مشخصات فیزیکی این نوع از بلوک‌ها انجام شده است. پاچیده در پژوهشی بر روی خواص فیزیکی از جمله کاهش میزان جذب آب این نوع از بلوک‌ها با افزون مواد سیلیسی آزمایش‌هایی را به انجام رسانده که در نهایت مشخص شده است که با افزودن این مواد علاوه بر افزایش مقاومت فشاری بلوک‌ها می‌توان از ۳۵٪ تا ۵۰٪ از میزان جذب آب آن کم نماید (پاچیده, قاسم, & قلهکی, ۲۰۱۹). در این پژوهش اشاره‌ای به تغییرات میزان مصرف انرژی با اضافه شدن مواد سیلیسی به نسبت نمونه اولیه و شاهد که بلوک بتن‌هوادار معمولی می‌باشد نشده است.

در همین رابطه در سال ۲۰۱۹ جهت بهبود مشخصات فیزیکی بتن هوادار، آزمایشی با اضافه شدن پولک‌های گرافیتی به مواد تشکیل دهنده بلوک‌های بتن‌هوادار انجام شد که مجددا مشخص گردید که میتوان علاوه بر بهبود مشخصات فیزیکی، درصد جذب آب را کاهش دهد (Mohammadi, Ahmadi, & Mohammadi, 2019).

در سال ۲۰۲۰ در پژوهشی مشخص شد که استحکام بلوک‌های بتن هوادار در برابر نیروهای جانبی همانند زلزله به نسبت بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه، از مقاومت مناسبی برخوردار است. در آزمایشی که بر روی این نوع از بلوک‌ها انجام شد، به نسبت دیوار سازه‌ای یکپارچه مقاومت کمتری دارد که با توجه به ماهیت دیوارهای سازه‌ای بدیهی است (مریم, محمدهادی, & حسن, ۲۰۲۰). در این پژوهش تمرکز بر روی ساختار و عملکرد این بلوک‌ها در مواجهه با نیروی زلزله

بوده است و مقایسه‌ای از نظر میزان کاهش مصرف انرژی پس از ساخت به نسبت سایر بلوک‌های مرسوم انجام نشده است.

در ارتباط با مسائل زیست محیطی در سال ۲۰۲۲، رنگرز با مرور عوامل ساختاری، اقتصادی و زیست محیطی در ارتباط با انواع بلوک‌های بتنی به این نتیجه دست یافت که بلوک‌های بتنی بدون افزودنی کمترین آسیب را به محیط زیست وارد میکنند اما از نظر ساختاری دوام کمتری نسبت به بلوک‌های بتنی با افزودنی دارند. (Rangraz, Barmayehvar, & Safehian, 2022) چنانچه اشاره شده است، پژوهش‌هایی در ارتباط با مواد افزودنی انجام شده است اما به مشخصات زیست محیطی اشاره‌ای نداشته‌اند؛ همچنین در ارتباط با مسئله مصرف انرژی هیچ اشاره‌ای نشده است.

بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز

بلوک‌های مرسوم در عملیات ساخت‌وساز ابنیه مسکونی در شهر رشت عبارت‌اند از بلوک‌های سیمانی و سفالی (– نظام_مهندسی_استان_گیلان, ۱۴۰۰) که در ادامه به بررسی مختصر از این بلوک‌ها می‌پردازیم.

بلوک‌های سیمانی از مخلوط سبک دانه با سیمان و آب به دست می‌آید. برای حفظ سبکی این قطعات، ریزدانه طبیعی از بتن حذف‌شده و محصول نهایی دارای تخلخل بالاتری نسبت به بتن نیمه سبک می‌شود. وزن فضایی بلوک بتنی دانه‌سبک اغلب کمتر از ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. مقاومت این بلوک حداقل ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است و در صورت نیاز، با طرح اختلاط مناسب می‌توان به مقاومت‌هایی تا ۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع نیز رسید. ضخامت جداره بلوک‌های توخالی برای بهره‌گیری بیشتر از ویژگی‌های عایق‌کاری آن‌ها بیش از بلوک‌های سیمانی معمولی است که این افزایش به خاطر وزن بسیار کم بتن مصرفی اثر چندانی بر وزن نهایی بلوک ندارد. بلوک‌های سبک در انواع مختلف دیوارهای پیرامونی و تیغه‌ای تولیدشده و دارای کاربردهای گسترده‌ای در انواع دیوارهای پوشش خارجی، جداکننده، نما، دوجداره، عایق، ضد آتش و نیز سقف‌های سبک بتنی (تیرچه و بلوکی) می‌باشند. ازجمله ویژگی‌های مورد اهمیت این نوع بلوک‌ها می‌توان به: ۱– کم‌وزن بودن، ۲– مقاومت حرارتی، ۳– مقاوم در برابر آتش، ۴– پایداری و مقاومت مکانیکی، ۵– مقاومت صوتی و ... اشاره نمود (شرکت_لیکا, ۲۰۲۲). لازم به ذکر است با توجه به انواع مختلف بلوک سیمانی، در این پژوهش از مشخصات ۲ نوع بلوک مرسوم سیمانی سه‌جداره و بلوک سیمانی فوم‌دار که در اجرای جداره‌های جانبی کاربرد بسیاری دارند استفاده شده است که در جدول ۱ مشخص شده‌اند.

از سنگ‌دانه‌های سبک برای تولید بلوک‌های سبک، پانل‌های دیواری و نیز تولید مصالح پیش‌ساخته بتنی استفاده می‌شود. سنگ‌دانه‌های سبک به دو نوع سنگ‌دانه‌های مصنوعی مانند لیکا و سنگ‌دانه‌های طبیعی مانند پوکه معدنی تقسیم می‌شوند. لیکا به معنی دانه رس سبک منبسط‌شده می‌باشد. این دانه‌ها از انبساط خاک رس در کوره‌های گردان با حرارتی حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به دست می‌آیند از لیکا به‌عنوان درشت‌دانه استفاده گردید که دارای وزن مخصوص کم حدود ۳۳۰ تا ۴۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (ناصری, افشین, & طوفانی میلانی, ۲۰۱۵).

در ارتباط با بلوک‌های سفالی نیز می‌توان بیان نمود که در سال‌های اخیر، صنعت ساختمان با افزایش تولید بلوک‌های سفالی سبک روبه‌رو بوده است آجرها و بلوک‌های با ۳۰ تا ۵۰ درصد سوراخ را بلوک‌های توخالی می‌نامند. چنین محصولاتی، بلوک‌های ساختمانی مورد مصرف در دیوارهای نازک و بلوک‌های توخالی سقفی را در برمی‌گیرد. این بلوک‌ها به‌منظور کاهش وزن مرده بنایی در دیوارهای خارجی و جداکننده‌ها مصرف می‌شوند. بلوک‌های سفالی منفرد هنگامی‌که توسط ملات به یکدیگر متصل می‌شوند مجموعاً به‌عنوان بلوک کاری یا به‌عبارت‌دیگر بنایی بلوکی نامیده می‌شوند عموماً بلوک‌های دیواری گچ کاری یا اندود می‌شوند البته در بعضی موارد بلوک‌ها دارای اندازه و شکل منظم و ظاهری مناسب هستند و برای دیوار سازی بدون اندود مورداستفاده قرار می‌گیرند ابعاد و شکل هندسی بلوک‌های تولیدی در ایران و دیگر کشورها از تنوع بالایی برخوردار است. حفره‌ها در اکثر موارد خالی باقی می‌مانند ولی در بعضی موارد در زمان تولید تمامی

یا بخشی از حفره‌ها با یک عایق حرارتی یا یک ماده با ضریب هدایت حرارت اندک پر می‌شود. در ساخت‌وسازهای متداول بندهای افقی بین بلوک‌ها می‌تواند با ملات معمولی باضخامت حدود ۱۰ میلی‌متر یا ملات‌های بـا چگـالی و یـا ضـخامت کمتر در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است نوع ملات مورداستفاده باید با بلوک همخوانی داشـته باشـد تـا دیـوار به‌صـورتی یکپارچه و همگن عمل کند. درصورتی‌که مشخصات بلوک و شرایط اجرا مطلوب باشد. ضخامت بند تـا حـدود ۶ میلی‌متـر نیز می‌تواند کاهش یابد در جهت افقی، فاصله بین بلوک‌ها می‌تواند به‌صورت سر یا موضعی با ملات پر شود یا خالی بماند (ثقفی & حاجی زاده, ۲۰۱۲). در جدول ۱ مشخصات بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ذکرشده است.

جدول ۱: مقایسه ضریب انتقال حرارت، چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه بلوک سفالی ساده، بلوک سیمانی ۳ جداره، بلوک سیمانی فوم دار و بلوک بتن هوادار(فاطمی et al., 2022)

بلوک‌های بررسی‌شده در پیشینه	ضریب انتقال حرارتی W/m.k	چگالی Kg/m^3	ظرفیت گرمایی ویژه $J/g.C^{\circ}$
بلوک سفالی ساده	۰,۸	۵۴۰	۰,۹۲
بلوک سیمانی ۳ جداره	۰,۱۱	۶۶۹	۱
بلوک سیمانی فوم دار	۰,۱۴	۸۰۰	۱,۱
بلوک بتن هوادار	۰,۲۳	۶۷۰	۱

روش تحقیق

این پژوهش به شیوه توصیفی-تحلیلی انجام‌شده است و جهت جمع‌آوری اطلاعات مربوط به پیشینه از روش کتابخانـه‌ای استفاده‌شده است. تلاش این پژوهش بررسی بلوک‌های مرسوم ساخت‌وساز در ابنیه مسکونی شهر رشت بوده و بـه دنبـال ارائه یک جایگزین برای آن‌ها بوده است. بلوک‌های بتن هوادار با مزیت‌های بسیاری ازجمله چگالی پایین، مقاومت حرارتی و عایق رطوبتی و سهولت در اجرا، به‌عنوان‌یکی از عناصر ساخت‌وساز صـنعتی به‌حسـاب مـی‌آینـد و مـی‌تواننـد در نقـش پرکننده و تیغه‌های جداکننده به‌عنوان جایگزین بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز شهر رشت پیشنهاد شوند.

به همین جهت در راستای بررسی این مسئله در ابتدا و به‌وسیله مطالعـات کتابخانـه‌ای، اطلاعـات مربـوط بـه روش‌هـای صنعتی ساخت‌وساز، بتن هوادار و انواع استفاده از آن‌ها در صنعت ساخت بررسی شد و به شمای کلی از موضوع دست‌یافته شد. در ادامه مباحثی همچون بلوک‌های مرسوم و مورداستفاده در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شناسایی و برخی ویژگی‌های کلی و ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها معرفی گردید.

جهت دستیابی به پاسخ پرسش اصلی این پژوهش که عبارت است از: بلوک‌های بتن‌هوادار از نظر کاهش میـزان مصـرف انرژی جایگزین مناسبی برای بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت می‌باشند؟ ۲ زیرمجموعه در نظـر گرفته شد. اول ویژگی‌های فیزیکی هر بلوک و دوم میزان مصرف انرژی یک بنای مسکونی در شهر رشت با هـر یـک از بلوک‌های ذکرشده.

در مرحله اول، همان‌طور که گفته شد با مرور پیشینه به روش کتابخانه‌ای، اطلاعات مربوط بـه مشخصـات فیزیکـی هـر بلوک استخراج گردید و به شیوه توصیفی، آمار و ارقام تحلیل گردیده است؛ و در مرحله دوم پس از مشخص شـدن پـلان

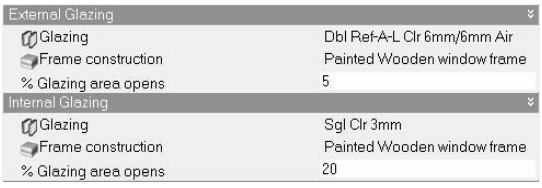
یک بنای مسکونی در شهر رشت، اقدام به مدل‌سازی آن بنا در ۴ سناریوی متفاوت گردید و نتایج و آمارهای مستخرج از نرم‌افزار تحلیل‌شده است.

در ارتباط با مرحله دوم که مدل‌سازی یک بنا صورت گرفته است ذکر نکاتی حائز اهمیت است. در این مرحله تمرکز این پژوهش صرفاً بر روی هسته مرکزی جداره‌های بنا بوده و سایر لایه‌های نازک‌کاری و لایه نهایی به‌عنوان متغیر مداخله-گر، ثابت در نظر گرفته‌شده است. لازم به ذکر است که در مرحله اول و هنگام مقایسه مشخصات فیزیکی این بلوک‌ها با یکدیگر این مسئله دیده‌شده و صرفاً تمرکز بر روی هسته مرکزی جداره‌ها بوده است و لایه‌های دیگر آن به‌عنوان متغیر مداخله‌گر ثابت در نظر گرفته‌شده است. در مرحله اول ضخامت دیوارها بر طبق استانداردهای موجود سازمان نظام مهندسی که در پژوهش‌های پیشین به آن اشاره شده است (فاطمی et al., 2022)، ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شده است.

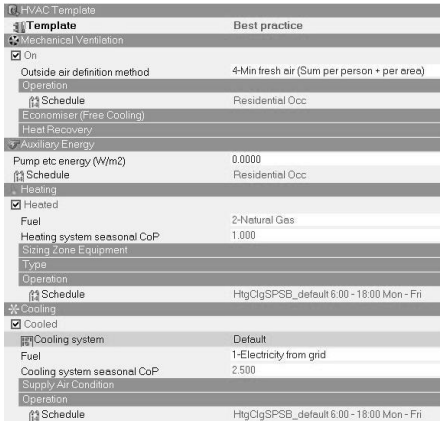
مدل‌سازی بنای موردنظر در شهر رشت در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر انجام‌شده است و لازم است که دراین‌باره توضیحاتی ارائه شود. نوع و جنس شیشه‌های بکار رفته در بنا (شکل ۱)، نوع سیستم گرمایش و سرمایش (شکل ۲) جنس کف و سقف، جنس درب‌ها و لایه‌های نهایی نازک‌کاری به‌عنوان متغیر مداخله‌گر ثابت در نظر گرفته‌شده است و درنهایت ۴ سناریوی مطرح‌شده با توجه به بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت و بلوک پیشنهادی این پژوهش تعریف‌شده که در جدول ۲ مشخصات این سناریوها نمایش داده‌شده است.

جدول ۲: سناریوها و مشخصات هر یک در مدل‌سازی بنای موردبررسی

سناریو	نوع بلوک مصرفی در دیواره	ضخامت Cm	ضریب انتقال حرارتی W/m.k	چگالی Kg/m^3	ظرفیت گرمایی ویژه $J/g.C^\circ$
۱	بلوک سفالی ساده	۱۵	۰,۸	۵۴۰	۰,۹۲
۲	بلوک سیمانی ۳ جداره	۱۵	۰,۱۱	۶۶۹	۱
۳	بلوک سیمانی فوم دار	۱۵	۰,۱۴	۸۰۰	۱,۱
۴	بلوک بتن هوادار	۱۵	۰,۲۳	۶۷۰	۱

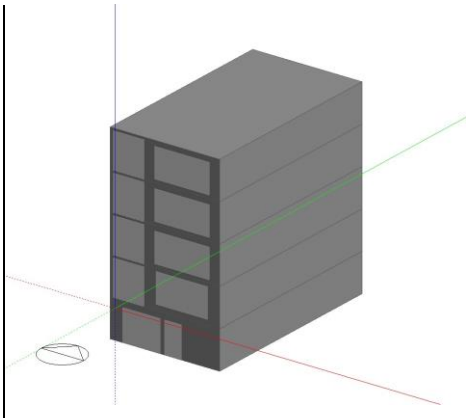


شکل ۱: مشخصات بازشوی در نظر گرفته‌شده برای تمام سناریوها

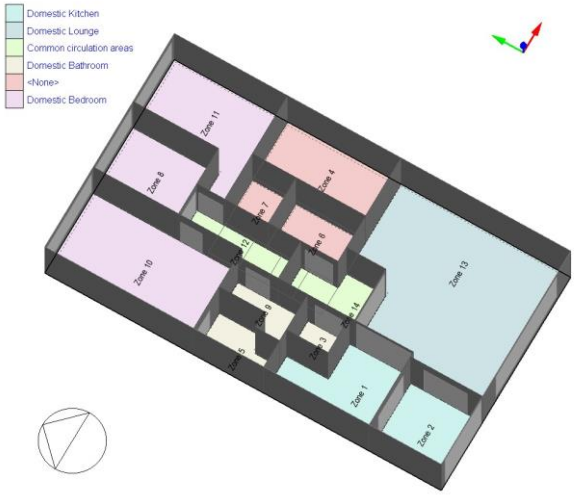


شکل ۲: مشخصات HVAC در نظر گرفته‌شده برای تمام سناریوها

بنای موردمطالعه که در شکل ۳ و شکل ۴ مشخص‌شده است طبق پلان‌های دریافتی از سازمان نظام‌مهندسی استان گیلان بوده (–نظام_مهندسی_استان_گیلان, ۱۴۰۰) و موقعیت آن ازنظر اقلیمی در نرم‌افزار، شهر رشت انتخاب‌شده است. جهت اطمینان از این مسئله فایل آب و هوایی شهر رشت با فرمتepw. وارد نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر شد و در آنالیز و شبیه‌سازی نهایی تأثیرگذار بود.



شکل ۳: شمای کلی بنای مدل‌سازی شده در نرم-افزار دیزاین‌بیلدر



شکل ۴: شمای کلی طبقات بنای مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر

بتن هوادار و انواع آن در روش‌های مدرن ساخت‌وساز

بتن هوادار با اختلاط مواد سیمانی، سیمان و یا خاکستر پودر شده، آهک، ماسه، آب و پودر اکسید آلومینیوم تولید می‌شود. فرآیند نهایی اتوکلاو به مدت تقریباً ۱۰ ساعت در دما و فشار بالا انجام می‌شود (Isu, Ishida, & Mitsuda, 1995; Mitsuda et al., 1992; Pospisil, Jambor, & Belko, 1992). این بتن از ۶۰٪ تا ۸۵٪ هوا (۷۰–۸۵٪ برای نوعی از آن با چگالی کم‌تر) تشکیل‌شده است. قسمت جامد آن، یک چسب کریستالی است که توسط کانی شناسان توبرموریت نامیده می‌شود. علاوه بر فاز اتصال توبرموریت، دانه‌های کوارتز و برخی کانی‌های دیگر در مقادیر

جزئی یافت می‌شوند. ترکیب شیمیایی توبرموریت شامل دی‌اکسید سیلیسیم، اکسید کلسیم و آب است. این توبرموریت است که باوجود نسبت بالای منافذ در این ماده ساختمانی، استحکام فشاری بالایی را برای بتن هوادار فراهم می‌کند؛ به همین دلیل است که چگالی کم علیرغم محتوای هوای بسیار بالا، برای ساخت خانه‌ها به‌اندازه کافی قوی است (Ahmed, 2017). در شکل ۵ تصویری از ساختار متخلخل بتن هوادار با تخلخل ۸۵٪ نشان داده‌شده است.

شکل ۵: ساختار متخلخل بتن هوادار (Ahmed & Kamau, 2017)

روش‌های مدرن ساخت‌وساز یک اصطلاح کلی است که برای توصیف تعدادی از روش‌های ساخت‌وساز استفاده می‌شود. یکی از انواع دسته‌بندی روش‌های مدرن ساخت‌وساز که به طبقه‌بندی این شیوه ساخت ازنظر اجرای داخل و اجرای خارج از سایت می‌پردازد، شامل ۵ دسته می‌باشد که عبارت‌اند از: ۱- تولید خارج از سایت – روش حجمی، ۲- تولید خارج از سایت – روش صفحه‌ای، ۳-تولید خارج از سایت – روش‌های ترکیبی، ۴- تولید خارج از سایت – قطعات و پروفیل‌ها با درصدی پیش ساختگی و ۵- روش‌های مدرن ساخت‌وساز با اجرای در سایت. همان‌طور که در این دسته‌بندی مشخص است، ۴ طبقه اول تأکید بر تولید در خارج از سایت دارد و طبقه ۵ تأکید بر تولید داخل سایت دارد. در اصل طبقه ۵ روش‌های نوآورانه ساخت‌وساز در محل و استفاده از اجزای معمولی به روشی نوآورانه می‌باشد. انواع سیستم‌ها موجود در این طبقه عبارت‌اند از: ۱- سیستم تونلی (نیمه حجمی)، ۲- قالب عایق ماندگار و ۳- بتن هوادار (Lawson, Ogden, & Goodier, 2014).

محصولات بتن هوادار (بلوک‌ها یا پنل‌ها) می‌توانند به ۲ منظور در یک بنا بکار بروند؛ این نوع از بتن درصورتی‌که به‌صورت پنلی (صفحه‌ای) تولید شود می‌تواند در نقش عنصر سازه‌ای عمل کند و درصورتی‌که به شکل بلوک‌های جداکننده تولید شوند، می‌توانند صرفاً به‌عنوان عناصر جداکننده در یک بنا عمل کنند؛ همچنین این بتن در برابر آتش نیز مقاوم است و عایق حرارتی و رطوبتی مناسبی می‌باشد. وزن بتن هوادار تا ۲۰ درصد از بتن معمولی کمتر است و پانل‌های ساخته‌شده از بتن هوادار که مسلح شده‌اند می‌توانند به‌عنوان عنصر سازه‌ای برای ابنیه تا ۵ طبقه استفاده شود (Ahmed, 2017; Masonry).

حوزه موردمطالعه: شهر رشت – اقلیم معتدل و مرطوب

اقلیم معتدل و مرطوب یا سواحل جنوبی دریای خزر که به‌صورت نواری بین رشته‌کوه‌های البرز و دریای خزر محصور و از جلگه‌های پست تشکیل‌شده که با پیشروی به سمت شرق، رطوبت، بارندگی و اعتدال هوای آن کاهش می‌یابد. شهرهای رشت، لاهیجان، بابلسر و گرگان و ... در این منطقه قرار دارند. رطوبت زیاد هوا و اعتدال درجه حرارت از ویژگی‌های این اقلیم به شمار می‌رود (kasmai, 2013). قبادیان ویژگی‌های اقلیمی منطقه معتدل و مرطوب ایران را این‌گونه بیان می‌کند: بارندگی زیاد در تمام فصول سال، خصوصاً در فصول پاییز و زمستان، رطوبت نسبتاً زیاد در تمام فصول سال، اختلاف کم درجه حرارت بین شب و روز، پوشش وسیع نباتی (Zohari, Tahbaz, & Etessam, 2020; قبادبان, ۱۴۰۰).

نمونه موردبررسی: یک نمونه پلان مورد تأیید سازمان نظام‌مهندسی استان گیلان

در بخش آنالیز انرژی در این مقاله از یک نمونه پلان مورد تأیید سازمان نظام‌مهندسی استان گیلان استفاده‌شده است. این بنا دارای چهار طبقه مسکونی و یک همکف می‌باشد که در این طبقه صرفاً پارکینگ‌ها (۴ عدد)، انباری‌ها و موتورخانه‌ی این بنا قرارگرفته‌اند. در طبقات نیز همانند شکل ۶ فضاهایی مانند اتاق‌های خواب، سرویس‌های بهداشتی، آشپزخانه، بالکن، فضای نشیمن، ناهارخوری و پذیرایی قرار دارد. مساحت هر طبقه با احتساب باکس پله، آسانسور و لابی ورودی طبقه، ۱۸۷ مترمربع می‌باشد. این بنا از دو سمت شرق و غرب دارای همسایگی می‌باشد و از ۲ سمت شمال و جنوب نور موردنیاز را تأمین می‌کند و یک ساختمان با جهت‌گیری شمالی است.

پلان طبقه همکف | پلان طبقات

شکل ۶: پلان مجموعه مسکونی موردبررسی (–نظام_مهندسی_استان_گیلان, ۱۴۰۰)

بحث و یافته ها

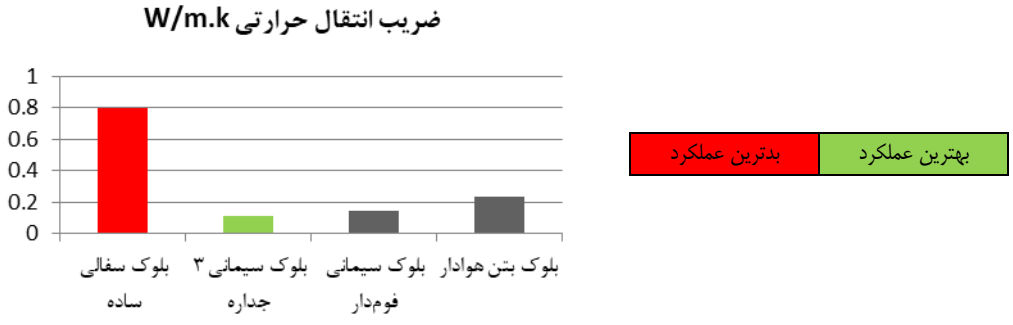
جهت رسیدن به پاسخ سوال اصلی پژوهش دو زمینه مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از: ۱– تحلیل مشخصات فیزیکی و ۲– تحلیل میزان مصرف انرژی در نمونه موردی موردبررسی. در ادامه هر یک از این دو بخش جداگانه توضیح داده‌شده است.

مشخصات فیزیکی

در این پژوهش جهت پاسخ به پرسش‌های مطرح‌شده پژوهش اطلاعاتی در ارتباط با بلوک‌های متداول در ساخت‌وساز ابنیه جمع‌آوری شد و مطابق جدول ۱ مقایسه‌ای ازنظر ضریب انتقال حرارت، چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه انجام شد. فاکتورهایی از قبیل حداقل ضخامت اسمی دیوارهای خارجی غیر باربر در ساختمان‌های مسکونی طبق ضوابط و مقررات تهیه و ترسیم نقشه‌های معماری در کاربری مسکونی و عدم تمایل سازندگان در به‌کارگیری مصالح بیش از ۲۰ سانتیمتر (به‌جز ICF) به علت کاهش مساحت آپارتمان در انتخاب ضخامت مصالح بلوکی با ابعاد متنوع در نظر گرفته‌شده است

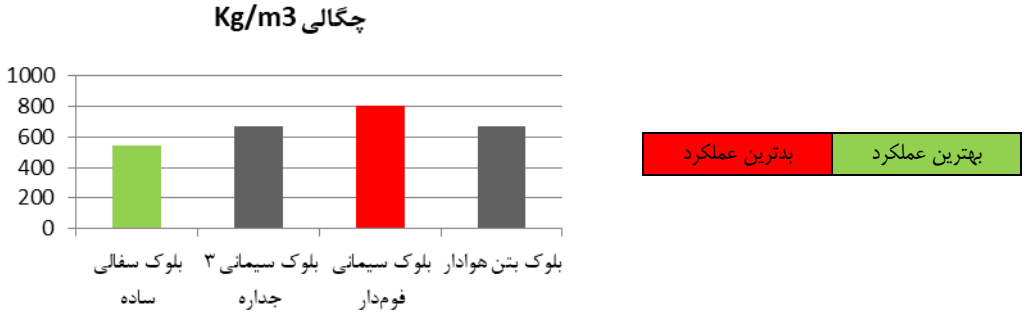
(ثقفی & حاجی زاده, ۲۰۱۲; دفتر.تدوین.مقررات.ملّی.ساختمان, ۱۳۹۹). ازاین‌رو ضخامت بلوک‌های موردنظر ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود تا به همراه لایه‌های دیگر نازک‌کاری نهایی به ۲۰ سانتی‌متر برسد.

بر اساس تعاریف مطرح‌شده و مقادیر بیان‌شده در جدول ۱، نتایج حاصله از مقایسه ضریب انتقال حرارت، چگالی و ظرفیت گرمایی ویژه بلوک‌های ذکرشده در ادبیات پژوهش که عبارت‌اند بلوک سفالی ساده، بلوک‌های سیمانی و بلوک‌های بتن هوادار، در نمودار ۱، نمودار ۲ و نمودار ۳ مشخص‌شده است.



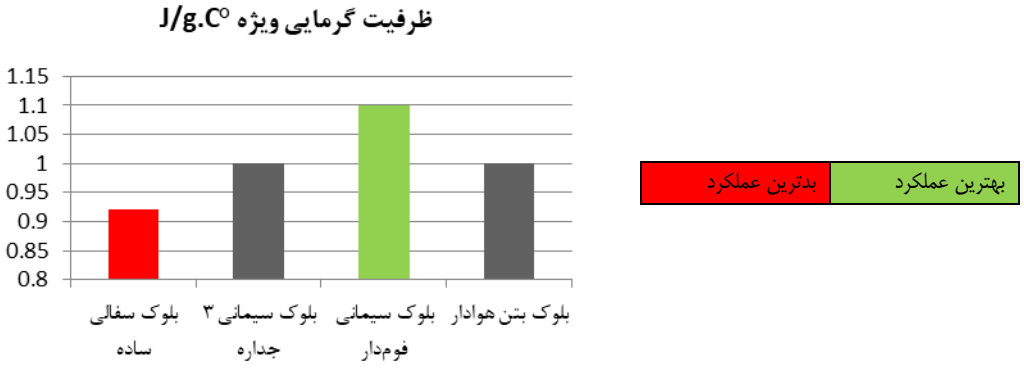
نمودار ۱: مقایسه بین ضریب انتقال حرارتی W/m.k

همان‌طور که در نمودار ۱ مشخص است در بحث ضریب انتقال حرارتی، بلوک سفالی عملکرد ضعیف‌تری (W/m.k ۰,۸) نشان داده و بلوک‌های سیمانی ۳ جداره بهترین عملکرد (W/m.k ۰,۱۱) را داشته است. بلوک بتن هوادار (W/m.k ۰,۲۳) در این مقایسه مزیتی از خود نشان نداده است.



نمودار ۲: مقایسه بین چگالی Kg/m3

در نمودار ۲ در بحث چگالی، بلوک سفالی بهترین مقدار ($۵۴۰kg/m^3$) را دارد که در بحث بار مرده بسیار حائز اهمیت می‌باشد؛ همچنین بلوک سیمانی فوم دار ($۸۰۰kg/m^3$) بسیار سنگین بوده و در این مقایسه سنگین‌ترین بلوک به شمار می‌رود. بلوک بتن هوادار ($۶۷۰kg/m^3$) بسیار نزدیک به بلوک‌های سیمانی ۳ جداره ($۶۶۹ kg/m^3$) بوده و می‌توان آن-ها را در یک سطح قرارداد.



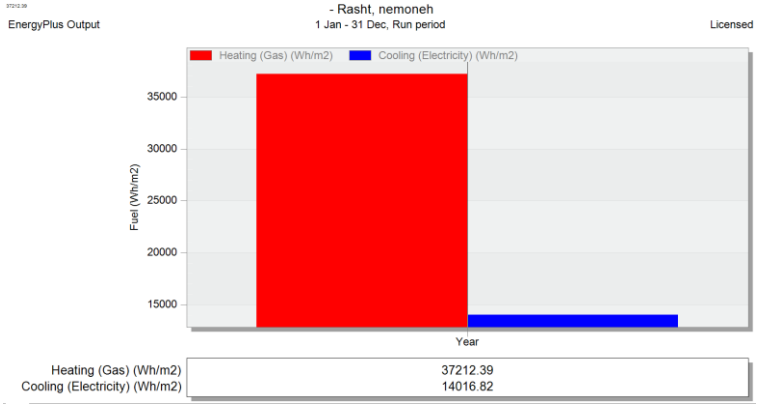
نمودار ۳: مقایسه بین ظرفیت گرمایی ویژه J/g.C°

ظرفیت گرمایی ویژه که در نمودار ۳ نشان داده‌شده است نیز بیان می‌کند که بلوک سفالی (۰,۹۲ J/g.C) ضعیف‌ترین عملکرد را داشته و مجدداً همانند چگالی، ۲ بلوک سیمانی ۳ جداره و بتن هوادار دارای ظرفیت گرمایی ویژه یکسانی هستند (۱ J/g.C) و بلوک سیمانی فوم دار به دلیل داشتن یک فوم که در نقش عایق عمل می‌کند، دارای بهترین عملکرد (۱,۱ J/g.C) در این مقایسه می‌باشد.

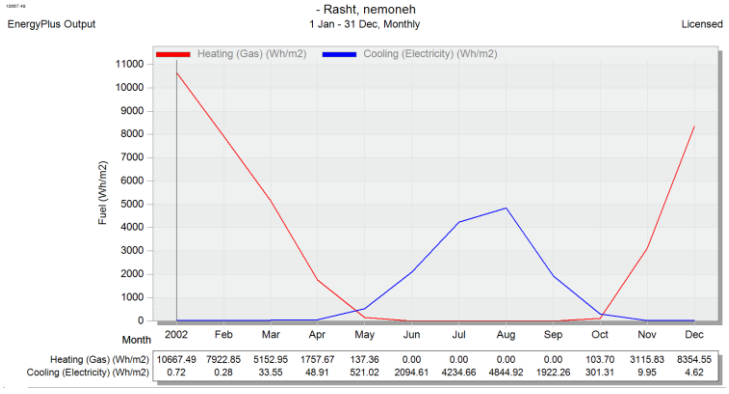
مشخصات فیزیکی بلوک‌های موردنظر این پژوهش در بالا بررسی شد و در ادامه به بررسی میزان مصرف انرژی این بلوک‌ها می‌پردازیم.

میزان مصرف انرژی

چهار سناریوی مشخص‌شده در این پژوهش که در جدول ۲ مشخص‌شده است، در شبیه‌سازی انرژی توسط نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر تعریف و نتایج مطرح‌شده حاصل گردید. در سناریوی اول که استفاده از بلوک سفالی ساده می‌باشد، نتایج زیر پیرامون مصرف انرژی سالانه و ماهانه این بنا در حالتی که تمامی تیغه‌های داخلی و جانبی از جنس بلوک‌های سفالی باشد، از نرم‌افزار استخراج گردید.



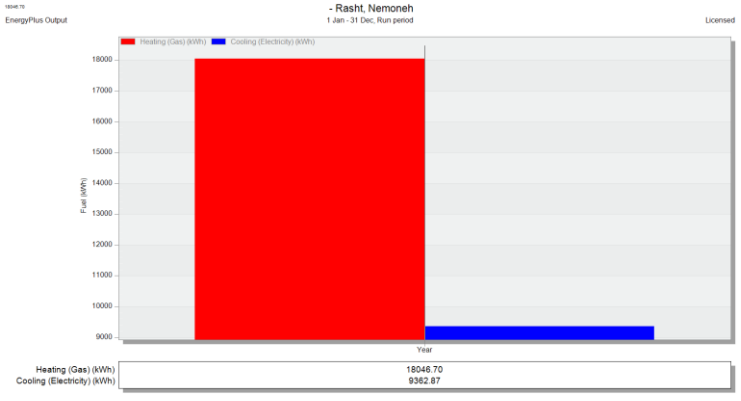
شکل ۷: میزان مصرف انرژی سناریوی اول در طول سال



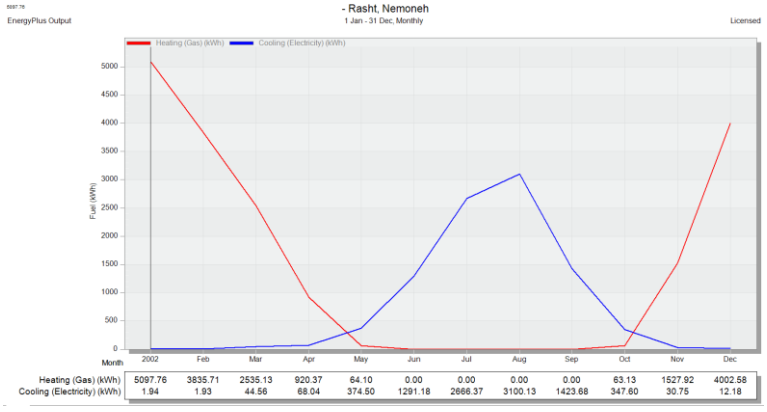
شکل ۸: میزان مصرف انرژی سناریوی اول بصورت ماهانه

همان‌طور که در شکل ۷ مشخص است، میزان مصرف انرژی الکتریکی در طول یک سال این بنا معادل Wh/m^2 ۱۴۰۱۶٫۸۲ می‌باشد و میزان مصرف گاز نیز معادل Wh/m^2 ۳۷۲۱۲٫۳۹ است. از این مقدار مطابق شکل ۸ بیشترین مصرف گاز مربوط به زمستان و جهت گرمایش و بیشترین مصرف برق نیز مربوط به تابستان و سرمایش می‌باشد. این توزیع مصرف به دلیل نوع سیستم گرمایش و سرمایش تعریف‌شده برای این بنا است.

در سناریوی دوم که استفاده از بلوک سیمانی ۳ جداره می‌باشد، مصرف سالانه گاز معادل Wh/m^2 ۱۸۰۴۶٫۷۰ و مصرف برق نیز معادل Wh/m^2 ۹۳۶۲٫۸۷ می‌باشد (شکل ۹).



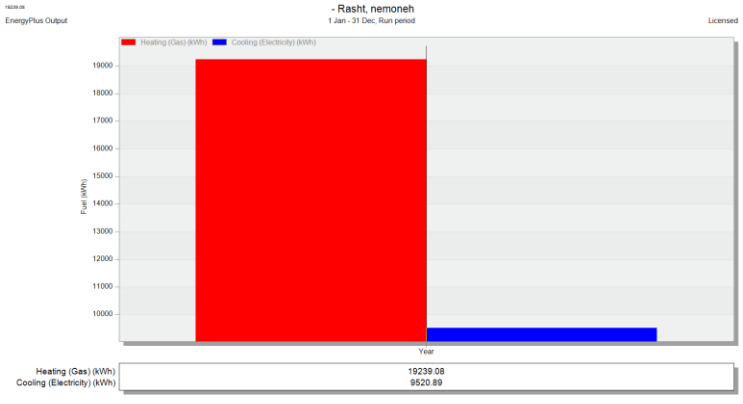
شکل ۹: میزان مصرف انرژی سناریوی دوم در طول سال



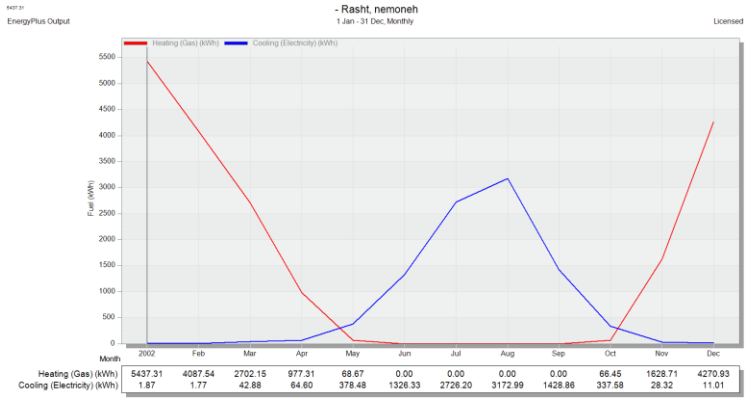
شکل ۱۰: میزان مصرف انرژی سناریوی اول بصورت ماهانه

همانند سناریوی اول، در این سناریو مطابق با شکل ۱۰، بیشترین مصرف گاز مربوط به ماه‌های سرد زمستانی است و بیشترین مصرف انرژی الکتریکی نیز مربوط به فصل گرم و تابستان است.

در سناریوی سوم، بلوک‌های سیمانی ۳ جداره به همراه یک‌لایه عایق در نظر گرفته شد و همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص‌شده است، میزان مصرف انرژی سالانه در بخش گرمایش و مصرف گاز معادل ۱۹۲۳۹,۰۸ Wh/m^2 و میزان مصرف انرژی الکتریکی جهت سرمایش ۹۵۲۰,۸۹ Wh/m^2 ثبت‌شده است؛ و همانند دو سناریوی قبلی در این سناریو نیز نحوه مصرف انرژی بصورت ماهانه نتایج یکسانی را نشان می‌دهد (شکل ۱۲).

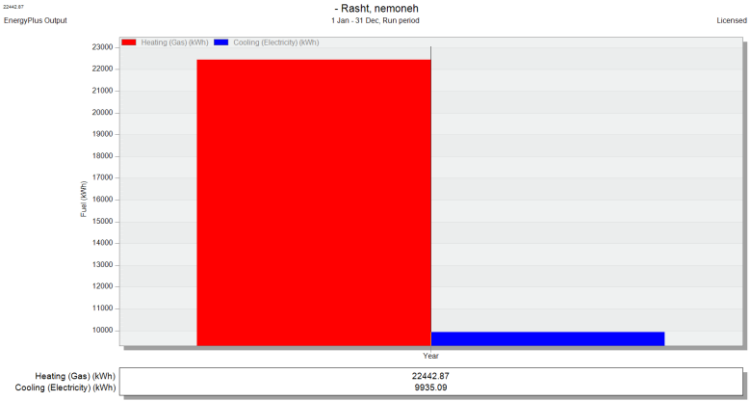


شکل ۱۱: میزان مصرف انرژی سناریوی سوم در طول سال

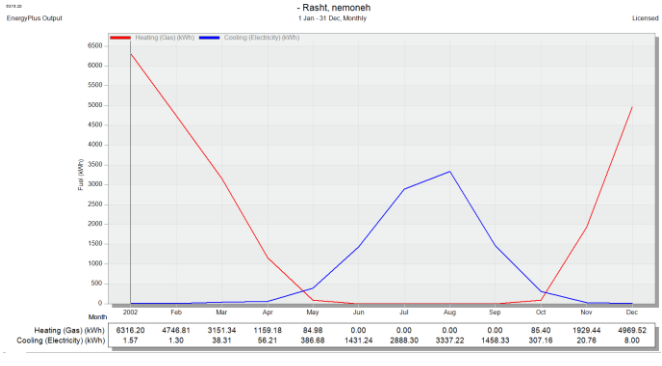


شکل ۱۲: میزان مصرف انرژی سناریوی سوم بصورت ماهانه

سناریوی چهارم که بلوک‌های بتن هوادار را به‌عنوان هسته اصلی جداره‌ها در نظر گرفته همانند شکل ۱۳ در طول سال $۲۲۴۴۲٫۸۷\ Wh/m^2$ مصرف گاز داشته و $۹۹۳۵٫۰۹\ Wh/m^2$ نیز مصرف انرژی الکتریکی را ثبت کرده است.



شکل ۱۳: میزان مصرف انرژی سناریوی چهارم در طول سال



شکل ۱۴: میزان مصرف انرژی سناریوی چهارم بصورت ماهانه

به‌طورکلی توزیع میزان مصرف دو انرژی گاز و الکتریکی با توجه به سیستم مشخص‌شده در شکل ۲ که در روش تحقیق بیان‌شده است می‌باشد و نمودارهای تفکیک ماهانه این چهار سناریو، این مسئله را مشخص می‌کنند.

در جدول ۳: خلاصه نتایج به‌دست‌آمده در سناریوهای تعریف‌شده خلاصه نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش این ۴ سناریو آورده شده است. بر اساس این جدول، بلوک سیمانی ۳ جداره دارای بهترین عملکرد در بین ۴ آزمون انجام‌شده می‌باشد و با ۱۸۰۴۶٫۷۰ بهترین عملکرد را بجای گذاشته است. در همین رابطه نیز بلوک سفالی با ثبت Wh/m^2مصرف سالانه ۳۷۲۱۲٫۳۹ ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است؛ همچنین میزان مصرف انرژی بلوک سیمانی سه جداره Wh/m^2مصرف به نسبت سایر بلوک‌های مورد آزمایش در

جدول ٤ آورده شده است.

در ارتباط با میزان مصرف انرژی الکتریکی نیز بلوک سیمانی ۳ جداره بهترین عملکرد (۹۳۶۲٫۸۷ Wh/m^2) و بلوک سفالی ساده ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است (۱۴۰۱۶٫۸۲ Wh/m^2).

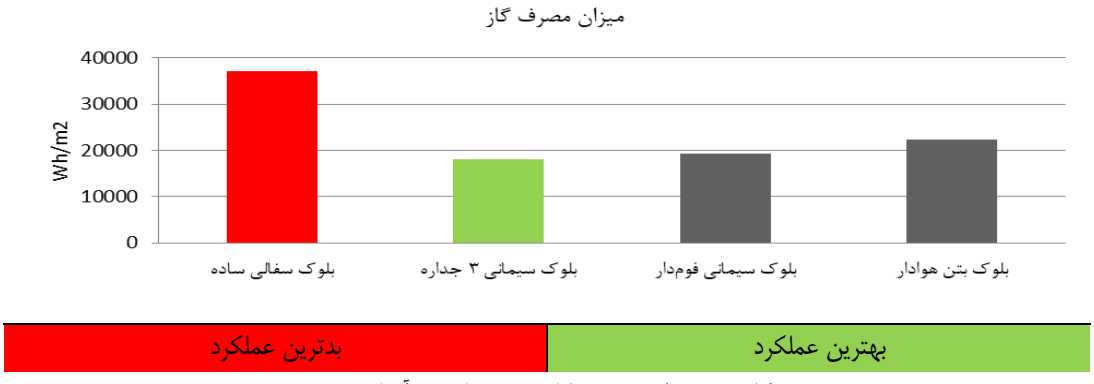
جدول ۳: خلاصه نتایج به‌دست‌آمده در سناریوهای تعریف‌شده

سناریو	نوع بلوک مصرفی در دیواره	Wh/m^2میزان مصرف گاز	Wh/m^2میزان مصرف برق
۱	بلوک سفالی ساده	۳۷۲۱۲٫۳۹	۱۴۰۱۶٫۸۲
۲	بلوک سیمانی ۳ جداره	۱۸۰۴۶٫۷۰	۹۳۶۲٫۸۷
۳	بلوک سیمانی فوم دار	۱۹۲۳۹٫۰۸	۹۵۲۰٫۸۹
۴	بلوک بتن هوادار	۲۲۴۴۲٫۸۷	۹۹۳۵٫۰۹

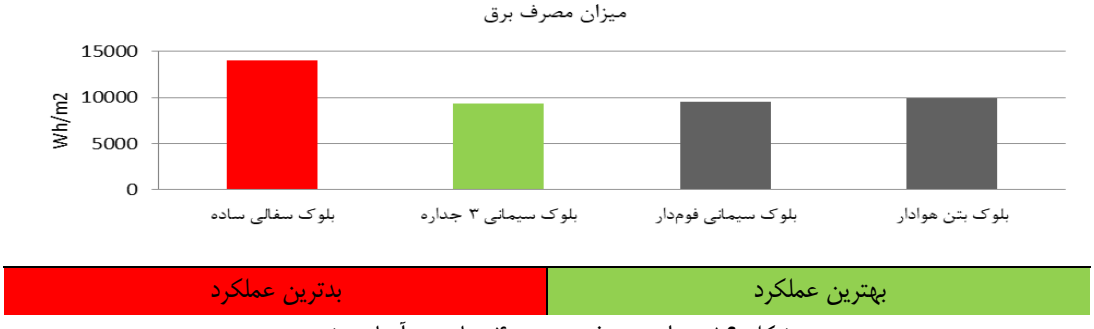
جدول ۴: ارزیابی نسبت مصرف انرژی در بلوک سیمانی سه جداره به نسبت سایر بلوک‌های مورد آزمایش

ردیف	نسبت مورد ارزیابی	میزان مصرف گاز	میزان مصرف برق
۱	بلوک سیمانی سه جداره به نسبت بلوک سفالی ساده	٪۱۰۶٫۲۰	٪۴۹٫۷۱
۲	بلوک سیمانی سه جداره به نسبت بلوک سیمانی فوم دار	٪۶٫۶۱	٪۱٫۶۹
۳	بلوک سیمانی سه جداره به نسبت بلوک بتن هوادار	٪۲۴٫۳۶	٪۶٫۱۱

نتایج مستخرج از این آزمون‌ها به‌صورت مقایسه‌ای در شکل ۱۵ و شکل ۱۶ نشان داده‌شده است و گویای برتری سناریوی ۲ به نسبت سایر سناریوها می‌باشد. همچنین این آزمون‌ها مشخص نمود که بلوک سفالی ساده دارای عملکرد ضـعیفی در میان انواع بلوک‌های مورد آزمون می‌باشد.



شکل ۱۵: میزان مصرف گاز در ۴ سناریوی آزمایش‌شده



شکل ۱۶: میزان مصرف برق در ۴ سناریوی آزمایش‌شده

نتیجه گیری

در این پژوهش تلاش شد تا بلوک‌های بتن هوادار به‌عنوان یکی از اجزای سیستم ساخت‌وساز صنعتی به‌عنوان جایگزینی برای بلوک‌های مرسوم در ساخت‌وساز ابنیه مسکونی شهر رشت موردبررسی قرار بگیرد. این پیشنهاد به جهت دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر چگالی پایین، عایق بودن در برابر رطوبت، سهولت در اجرا و ... می‌باشد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش که به روش مروری و توصیفی و تحلیلی خروجی‌های نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر به‌دست‌آمده است، بلوک‌های بتن هوادار علی‌رغم ویژگی‌ها و پتانسیل‌های بالایی که در زمینه‌های مختلف دارا می‌باشند، نمی‌توانند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای ابنیه مسکونی در شهر رشت پیشنهاد شوند. از منظر مشخصات فیزیکی پس از جمع‌آوری مشخصات هر یک از بلوک‌های سفالی، سیمانی، سیمانی فوم‌دار و بتن هوادار، مشخص گردید که بلوک‌های سیمانی ساده ۳ جداره در بحث ضریب انتقال حرارتی عملکرد به‌مراتب بهتری را نسبت به بلوک‌های بتن هوادار از خود نشان می‌دهد؛ همچنین در بحث چگالی، بلوک‌های سفالی در میان بلوک‌های موردبررسی سبک‌ترین بلوک شناسایی شد و در مورد ظرفیت گرمایی ویژه نیز بلوک سیمانی ۳ جداره فوم‌دار توانست بهترین عملکرد را ثبت کند. این موارد نشان می‌دهد که بلوک بتن هوادار در هیچ‌یک از زمینه‌های مطرح‌شده در این پژوهش در بخش مشخصات فیزیکی، جایگاه ممتازی ندارد.

در بخش میزان مصرف انرژی که به‌عنوان جزء دوم جهت رسیدن به پاسخ سؤال اصلی پژوهش می‌باشد نیز بلوک سیمانی ۳ جداره ساده بهترین عملکرد را در میان بلوک‌های موردبررسی از خود برجای گذاشت. این عملکرد در هر دو زمینه مصرف برق و گاز بوده و بلوک بتن هوادار در این زمینه نیز عملکرد ممتازی را از خود برجای نگذاشته است. گرچه این

نکته حائز اهمیت است که میزان مصرف انرژی در بلوک‌های سفالی بشدت بالا بوده و استفاده از بلوک بتن هوادار بجای بلوک‌های سفالی توصیه می‌گردد اما در مقایسه با بلوک‌های سیمانی ساده و فوم‌دار عملکرد ضعیف‌تری را داشته است. نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه سناریوهای آزمایش شده بلوک‌های سیمانی ساده و سیمانی فوم‌دار درصورتی‌که مطابق با استانداردهای موجود تولید و مطابق با استانداردهای سازمان‌های مربوطه مورداستفاده قرار بگیرند، می‌توانند تا حدود ۱۰۶٪ در مصرف گاز و تا حدود ۵۰٪ در مصرف برق به نسبت بلوک‌های سفالی ساده در کاهش مصرف انرژی موثر باشند و به دلیل دردسترس بودن این نوع از بلوک‌ها (بلوک‌های سیمانی)، می‌توان بیان داشت که این نوع از بلوک‌ها یک گزینه ایده‌آل در ساخت و ساز ابینه در شهر رشت می‌باشند.

در ارتباط با پژوهش‌های آینده می‌توان بیان داشت که تحقیق در ارتباط با افزودنی‌های صنعتی در فرایند ساخت بلوک‌های سیمانی ادامه دارد و بررسی این نوع بلوک‌ها و تأثیر این تغییرات در زمینه‌های مختلف می‌تواند در انتخاب دقیق‌تر مصالح کمک شایانی داشته باشد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Autoclaved Aerated Concrete

[2] Design Builder

مأخذ

- –نظام_مهندسی_استان_گیلان, س. (1400) .(Cartographer). پلان مجموعه ۵ طبقه مسکونی
- پاچیده, قاسم, & قلهکی. (۲۰۱۹). مطالعه آزمایشگاهی تأثیر افزودن پوزولان‌های مختلف در بهبود مشخصات مکانیکی و جذب آب بلوک سبک هوادار اتوکلاوشده. مهندسی عمران مدرس, ۱۹(۳), ۴۵-۵۶.
- ثقفی, م., & حاجی زاده, م. (۲۰۱۲). بررسی و مقایسه عملکرد حرارتی دیوار خارجی با بلوک های سفالی رایج در ایران. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی, ۱۷(۱), ۴۹-۵۴. doi:10.22059/jfaup.2012.29696
- دفتر.تدوین.مقررات.ملّی.ساختمان. (۱۳۹۹). مقررات ملّی ساختمان ایران- مبحث نوزدهم- صرفهجویی در مصرف انرژی. تهران: وزارت راه و شهرسازی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- رضائی, & تقدیری. (۲۰۱۹). بررسی راهکارها و استراتژی‌های همساز با اقلیم معتدل و مرطوب در معماری معاصر و بومی. معماری شناسی, ۷(۲), ۶۵-۷۱.
- شرکت_لیکا. (۲۰۲۲). بلوک لیکا. https://leca.ir/%D8%A8%D9%84%D9%88%DA%A9
- فاطمی, س. ا., قبادیان, و., & منصوری, ب. (۲۰۲۲). فاکتورهای مبتنی بر مصالح بهینه در اقلیم معتدل و مرطوب در طراحی جداره های مسکن پایدار با رویکرد کاهش مصرف انرژی. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای), ۱۲(۴), ۷۹۳-۸۰۵. doi:10.22034/jgeoq.2022.335833.3631
- قبادیان, و. (۱۴۰۰). تحلیل اقلیمی ساختمان های پایدار سنتی ایران. تهران: دانشگاه تهران.
- مرتضی, س., & منصور قلعه, ن. (۱۳۹۲). مزیت های اجرای صنعتی ساختمان به روش قالب تونلی از نگاه مدیریت ساخت. Paper presented at the هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران. https://civilica.com/doc/216450/
- مریم, ل., محمدهادی, ع. ا., & حسن, ا. (۲۰۲۰). انتخاب مصالح نوین مناسب جهت اجرای دیوار غیربابر در ساختمان ها به روش تحلیل سلسله مراتبی.
- ناصری, ح., افشین, ح., & طوفانی میلانی, آ. (۲۰۱۵). بررسی مشخصات مکانیکی پانل های پیش ساخته تولید شده با بتن سبک دانه الیافی. تحقیقات بتن, ۷(۲), ۷-۱۵.

- Ahmed, A. (2017). Sustainable construction using autoclaved aerated concrete (aircrete) blocks. *Research and Development in Material Science, 1*(4 .(
- Ahmed, A., & Kamau, J. (20 .(۱۷Advantages and Implications of Low Density Aircrete Products for the Construction Industry. *International Journal of Science, Environment and Technology* .
- Bao, T., Chen, T., Wille, M.-L., Chen, D., Bian, J., Qing, C., . . . Frost, R. L. (2016). Advanced wastewater treatment with autoclaved aerated concrete particles in biological aerated filters. *Journal of Water Process Engineering, 9*, 188-194 .
- Fudge, C., Fouad, F., & Klingner, R. (2019). Autoclaved aerated concrete. In *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete* (pp. 345-363): Elsevier.
- Isu, N., Ishida, H., & Mitsuda, T. (1995). Influence of quartz particle size on the chemical and mechanical properties of autoclaved aerated concrete (I) tobermorite formation. *Cement and concrete research, 25*(2), 243-248 .
- Jelčić Rukavina, M., Skejić, D., Kralj, A., Ščapec, T., & Milovanović, B. (2022). Development of Lightweight Steel Framed Construction Systems for Nearly-Zero Energy Buildings. *Buildings, 12*(7), 929 .
- kasmai, m. (2013). *Climate & Architectural*. Tehran: Khak publication.
- Lawson, m., Ogden, R., & Goodier, C. (2014). *Design in Modular Construction*. London: CRC Press.
- Lewis, M. (1985). The diagnosis of prefabricated buildings. *The Australian Journal of Historical Archaeology*, 56-69 .
- Masonry, M. Code of Best Practice for the Use of Aircrete Products. Retrieved from https://www.aircrete.co.uk/
- Mitsuda, T., Kiribayashi, T., Sasaki, K., & Ishida, H. (1992). Influence of hydrothermal processing on the properties of autoclaved aerated concrete. *Proceedings Advances in Autoclaved Aerated Concrete*, 11-18 .
- Mohammadi, M., Ahmadi, J., & Mohammadi, S. (2019). The effect of graphene nano particle on the mechanical and durability properties of Portland cement concrete. *Concrete Research, 12*(1 .۱۱۸-۱۰۹ ,(
- Pospisil, F., Jambor, J., & Belko, J. (1992). Unit weight reduction of fly ash aerated concrete. *Advances in Autoclaved Aerated Concrete. AA Balkema*, 43-52 .
- Rangraz, S. M., Barmayehvar, B., & Safehian, M. (2022). An Investigation into the Economical, Environmental and Durability of Structural Fiber Lightweight Concrete. *Journal of Civil and Environmental Engineering, 52*(108), 49-59 .
- van Boggelen, W. (2014). History of Autoclaved Aerated Concrete The short story of a long lasting building material. *Aircrete Europe, April* .
- Zohari, S., Tahbaz, M., & Etessam, I. (2020). Effect of Vernacular Materials and Traditional Construction Methods on Energy Consumption Reduction of Rural Houses in Plain Regions of Gilan. *Journal of Environmental Science and Technology, 22*(1), 89-100. doi:10.22034/jest.2020.19338.2820

Designing and Planning in Architecture and Urbanism
Volume:2, Issue:3

Replacing Autoclaved Aerated Concrete blocks with conventional blocks in the construction of residential buildings in Rasht

Abstract:

Amir Mohammad Babazadeh[1]

Farzaneh Asadi Malekjahan[2](corresponding author)

Modern construction industrial systems have a long history in different places, especially in Europe, and due to its advantages, it can be used in the construction industry and be effective in controlling energy consumption. Autoclaved aerated concrete (AAC) has been industrially produced as one of the building materials since the beginning of the 20th century. The production of these blocks in a state where they are only separating and non-load-bearing elements does not require any exclusive knowledge, and as a result, AAC blocks became an available product in many markets. The lightweight porous structure and the speed of making most of the AAC blocks are among the advantages of this type of blocks, which, due to their structure, are a very effective moisture barrier as well as a significant thermal insulation against the conditions of the building's surrounding environment. Gilan province and the city of Rasht have a moderate and humid climate, and humidity control in this climate is one of the design requirements. In addition to this ease of implementation, the low density and generally suitable physical characteristics of AAC blocks can be investigated and compared with other conventional blocks in the construction of residential buildings in Rasht city; Therefore, in this research, which was done in a descriptive-analytical way, it is tried to answer the main question: can AAC blocks be introduced as an alternative to conventional materials in the construction of residential buildings in Rasht? The results show that in the comparison of the tested scenarios between simple clay blocks, simple cement blocks, foamed cement blocks and AAC blocks, by the software, simple cement blocks and insulated cement, if they are in accordance with the existing standards. Produced and used in accordance with the standards of relevant organizations, they can be effective in reducing energy consumption by up to 106% in gas consumption and up to 50% in electricity per year compared to conventional simple clay blocks in construction.

Keywords: Annual energy consumption, Autoclaved aerated concrete, cement blocks, clay blocks, Rasht, residential building

[1] Ph.D. student, Department of Architecture, Islamic Azad University Rasht branch, Rasht, Iran
[2] Assistant professor, Department of Architecture, Islamic Azad University Rasht branch, Rasht, Iran (email: farzaneh_872@yahoo.com)