

تأثیر پوشش محافظ کج باران بر میزان مصرف انرژی ساختمان در اقلیم معتدل و مرطوب

سارا زهری*، سعید عظمتی**

۱۳۹۸/۰۶/۲۶

۱۳۹۸/۱۲/۰۴

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

پژوهش حاضر راهکارهای جدید و سنتی محافظت از دیوار غربی ساختمان را در اقلیم معتدل و مرطوب ایران با هدف دستیابی به راهکار بهینه از نظر عملکرد حرارتی موردنرسی قرار می‌دهد. براین‌مبنای پس از مطالعه کتابخانه‌ای و استنادی به روش تحلیل محتوا، مؤلفه‌های شاخص جهت مقابله با کج باران در منطقه گیلان به دست آمد. سپس مصاحبه‌ای بازپاسخ با ۱۰ نفر از متخصصان معماری صورت گرفت و از روش نظریه زمینه‌ای با تکنیک کدگذاری باز به تحلیل مصاحبه‌ها پرداخته شد. در ادامه از کدگذاری محوری جهت تولید ابزار پژوهش (تولید جدول هدف محتوا و پرسشنامه) بهره گرفته شد. تحلیل نتایج پرسشنامه بهجهت به دست آوردن اولویت‌های شاخص در معماری از روش تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP) انجام شد و مشخص گردید مؤلفه‌ی «امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان» با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ بیشترین تأثیر را در راهکار مقابله با کج باران دارا می‌باشد. برای بررسی تأثیر پوشش محافظ باران در جداره سایبان، پوشش جداره غربی، یک ساختمان مسکونی در سه حالت شامل پوشش حلیبی جداره غربی، افزایش شبیب و سایبان، نصب سلول‌های فتوولتاویک بر روی بام به روش شبیه‌سازی بررسی و نتایج به دست آمده موردمقایسه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پوشش دیوار غربی با استفاده از حلب باعث افزایش بار گرمایش و سرمایش و افزایش بار کل ساختمان به میزان ۲/۹٪ می‌شود. افزایش شبیب بام با سایبان موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به میزان ۰/۴٪ و کاهش بار کل ساختمان به میزان ۰/۵۶٪ می‌شود. افزودن سلول فتوولتاویک بر روی بام میزان مصرف انرژی را به میزان ۰/۷ درصد کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: پوشش جداره غربی، محافظت در برابر باران، راهکارهای بومی، میزان مصرف انرژی، اقلیم معتدل و مرطوب.

* استادیار، گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

** استادیار، گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Azemati@iauet.ac.ir

مقدمه

صرف انرژی به طور عمده در چهار بخش صورت می‌گیرد: صنعتی، ساختمان (صنعتی / تجاری)، حمل و نقل و کشاورزی. در این میان بخش ساختمان پرمصرف‌ترین بخش است (Mishra et al,2012,128). با افزایش بهای انرژی در دنیا در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در اکثر نقاط جهان، مهندسین به فکر ساخت خانه‌هایی به مصرف انرژی کم افتادند. ولی هنوز ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی صفر در حیطه مطالعات و تحقیقات بود. متوسط مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران بیش از ۴۰٪ مصرف انرژی کل کشور می‌باشد که بیش از مصرف متوسط جهانی در بخش انرژی مسکونی و تقریباً دوباره کشورهای پیشرفته در زمینه‌ی انرژی همچون ایالات متحده و برخی کشورهای اروپایی می‌باشد. ارتقای راندمان انرژی ساختمان‌ها می‌تواند مصرف سالیانه بخش مسکونی را کاهش داده و هزینه‌ی انرژی خانواده‌ها را کاهش دهد. در مصرف بهینه انرژی، دو رویکرد کلی وجود دارد: تکنیک‌های فعال و تکنیک‌های غیرفعال. تکنیک‌های غیرفعال شامل رویکردهای ساده‌تر و معمولاً غیرمکانیکی می‌شود، درحالی که تکنیک‌های فعال به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تری نیاز دارد. در برخی رویکردهای غیرفعال نیاز به مشارکت فعال است (مثل بازوبسته کردن پنجره‌ها یا پوشش بدنه)، درحالی که برخی از رویکردهای کاملاً فعال (مثل صفحات فتوولتایک یا لامپ‌های خودکار کترولی) اصلاً نیازی به دخالت انسان ندارد (Alipouryani,2011,207).

پیشینه تحقیق در زمینه تأثیر تکنیک غیرفعال در سال ۲۰۱۴ تیم طراحی از مؤسسه فنی ماساچوست (MIT) یک تحلیل شبیه‌سازی CFD بر طراحی سه ساختمان با تعداد طبقات کم در پروژه توسعه مجتمع مسکونی در

شانگهای چین انجام دادند تا طرح تهویه متقابل که شامل کنترل دستاوردهای خورشیدی اولیه با استفاده از سیستم‌های سایه‌انداز برآمده (سایبان) ثابت و بازشو و همچنین ازین بردن رطوبت بیش از حد با تقویت جریان هوای متقابل برای خنک‌سازی را ارزیابی کنند و نتایج ارزیابی بالا بردن کیفیت هوای داخلی از طریق تهویه منجر شد (Philokyprou,M,2014,141).

طراحی آگاهانه ساختمان‌ها و سکونتگاه‌های بشر به ویژه مسکن، به لحاظ مسئله انرژی، قطعاً از میزان وابستگی به مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش و ساخت و ساز تا حدود قابل توجهی می‌کاهد، شاهد آن هم شیوه سکونت پیشینیان است که قادر بوده‌اند بدون به کارگیری ابزار مکانیکی پیشرفت‌هه و فنون پیچیده، در اقلیم‌های گوناگون، شرایط مناسب زندگی را برای خود فراهم می‌کند (Muhaisen,2015,109).

بنابراین وظیفه معماران ارائه راهکارهایی است که با شرایط اقلیمی سازگار بوده و در عین تأمین آسایش ساکین، مصرف انرژی را نیز تقلیل دهنده.

امروزه عدم توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه و تقليد از دیگر نقاط کشور در تفکیک اراضی، انتخاب فرم و مصالح بنا علاوه بر دگرگون کردن چهره ساختمان‌ها و شهر و دوری از هویت بومی منطقه موجب صلب آسایش از ساکنین شده است. استفاده از بلوک‌های سیمانی و اجرای سقف توسط ورق‌های فلزی و به کارگیری عایق‌های رطوبتی و ورق‌های فلزی به طور عیان در نما و همچنین زنگزدگی ناشی از کج باران سیمای شهری را از بین برده است. جداره‌های ساختمان، به عنوان مرز میان فضای داخل و خارج از ساختمان، نقش بهسزایی در تأمین شرایط آسایش حرارتی ساختمان ایفا می‌کند. ۳۵٪ از اتلاف حرارت در ساختمان از طریق دیوارها صورت می‌گیرد (طاهباز، ۱۳۹۲، ۴۷).

آن که ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از ۴۷۵ متر است، در صد بسیار کمی از سطح کل کشور را تشکیل می‌دهند. سواحل دریای خزر با آب‌وهوای معتدل و بارندگی فراوان، از جمله مناطق معتدل محسوب می‌شود. این منطقه که به صورت نواری بین رشته کوه‌های البرز و دریای خزر محصور شده، از جلگه‌های پستی تشکیل شده است که هرچه به طرف شرق پیشروی می‌کند، رطوبت و اعتدال هوای آن کاهش می‌یابد. از جمله ویژگی‌های این اقلیم رطوبت زیاد هوای و اعتدال درجه حرارت آن است. دمای هوای در روزهای تابستان معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شبها بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد و در زمستان معمولاً بالای صفر است. در این منطقه، بارندگی بسیار زیاد و در تابستان به صورت رگبار است. شهرهای رشت، بندر انزلی، بابلسر و گرگان و آمل در این منطقه قرار دارند (کسمایی، ۱۳۹۲، ۳۰).

ویژگی‌های معماری بومی مناطق معتدل و مرطوب
معماری بومی این مناطق که بیشتر کرانه‌های دریایی خزر و دامنه‌های شمالی کوه‌های البرز را شامل می‌شود، به طورکلی دارای ویژگی‌های زیر است همچنین در جدول شماره ۱ جمع‌بندی اصول رعایت شده در معماری بومی منطقه معتدل و مرطوب ذکر گردیده است (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

ویژگی‌های حرارتی دیوارهای ساختمان‌ها، نقش اساسی در تعیین رفتار حرارتی آن‌ها دارد. بنابراین، انتخاب اجزای مناسب دیوار دارای اهمیت قابل توجهی در خلق ساختمان‌هایی با بهره‌وری انرژی است، که انرژی کمتری را برای تأمین شرایط آسایش در فضاهای بسته مصرف می‌کند. آشکار است که این رویکرد طراحی ساختمان، در خلق محیط مصنوع پایدارتر با حداقل تأثیرات منفی بر محیط‌زیست نقش عمده‌ای دارد (design builder,uk,2018).

تأثیر نوع پوشش بدنۀ غربی بر میزان اتلاف انرژی از جداره، تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین مقایسه راهکارهای موجود و انتخاب راهکار بهینه از دیدگاه عملکرد حرارتی جداره ضروری به نظر می‌رسد. در این بخش راهکارهای استفاده شده در ساختمان‌های موجود، در دو بخش راهکارهای بومی و جدید بررسی می‌شوند و در مرحله بعد تأثیر هر یک از این روش‌ها بر میزان مصرف انرژی ساختمان بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شود. مقایسه راهکارها در دو بخش ویلایی و آپارتمانی انجام می‌شود.

اقلیم و سایت
ایران با قرارگرفتن بین ۲۵ و ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی در منطقه گرم قرار دارد و از نظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که مجموع سطوحی از

نوع اقلیم	نوع مصالح	نوع بام	جهت‌گیری	نحوه ارتباط ساختمان با زمین	سطح و تعداد پنجره	میزان استفاده از تهیه طبیعی	بافت مجموعه
معتدل و مرطوب	ظرفیت حرارتی کم	شیبدار	شرق تا غرب	روی پایه‌های چوبی یا کرسی چینی بنایی	زیاد	زیاد	پراکنده

ج ۱. جمع‌بندی اصول رعایت شده در معماری بومی منطقه معتدل و مرطوب (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

آب و امکان دسترسی به آن در هر نقطه، ساختمان‌ها به صورت غیرمت مرکز و پراکنده در مجموعه سازمان‌دهی شده است.

- به دلیل بارندگی زیاد در این مناطق، بامها شیب دار است و شیب بیشتر آن‌ها تندر است (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

در پهنه جغرافیایی گیلان که رطوبت هوا و بارش باران زیاد است مسکن نه تنها باید جوابگوی نیاز انسان به سرپناه باشد، بلکه باید آسایش اقلیمی را به طور نسبی به همراه داشته باشد، بدین لحاظ بنای مسکونی باید به گونه ای ساخته شود که حتی تا جایی که امکان دارد رطوبت بیش از حد تحمل انسان را در محیط زیست کاهش دهد، تا شرایط دما و رطوبت، در حد آسایش قرار گیرد. آسایش در تابستان ها، به علت رطوبت نسبی زیاد هوا در تمام اوقات شبانه روز است. بنابراین امکان حرکت راحت باد به منظور دفع رطوبت اطراف بدن و محیط انسان مطرح می گردد. این نیاز موجب شده تا بناهای مسکونی گیلان دارای لایه های شفاف مسقف و با بازشو های بسیار زیاد در جداره های خارجی باشند به گونه ای که گاه دور تا دور بنا را یک لایه فضای زیستی نیمه مخصوص و بدون جداره، یعنی ایوان های چهار طرفه، احاطه کرده است (دلشناد، ۱۳۹۷، ۶).

بررسی راهکارهای حفاظت از جداره غربی در برابر کج باران

در ایران ۹ پهنه اقلیمی قابل مشاهده است و چهار
معماری هر کدام از این اقلیم های گوناگون متفاوت بوده
و در پاسخ به شرایط مکانی است، لیکن اصول تمامی
آنها ثابت و برگرفته از عوامل چندگانه ای است که از
شاخص ترین آنها اقلیم است. چنانکه عنصر بام در
معماری سنتی در منطقه گرم و خشک کویری به صورت
محبد درآمده تا از تنیدی آفتاب سوزان بکاهد.

- در نواحی بسیار مرطوب کرانه‌های نزدیک به دریا برای حفاظت ساختمان از رطوبت بیش از حد زمین، خانه‌ها بر روی پایه‌های چوبی ساخته شده‌اند. ولی در دامنه‌ی کوه‌ها که رطوبت کمتر است. معمولاً خانه‌ها بر روی پایه‌هایی از سنگ و گل و در پاره‌ای موارد بر روی رطوبت کمتر است. معمولاً خانه‌ها گربه‌روها بنا شده‌اند.

- برای حفاظت اتاق‌ها از باران، ایوانک‌های عریض و سرپوشیده‌ای در اطراف اتاق‌ها ساخته‌اند. این فضاها در بسیاری از ماه‌های سال برای کار و استراحت و در پاره‌ای موارد برای نگهداری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- ساختمان‌ها با مصالحی با حداقل ظرفیت حرارتی بنا شده‌اند و در صورت استفاده از مصالح ساختمانی سنگین، ضخامت آن‌ها در حداقل میزان ممکن حفظ شده است. در این مناطق بهتر است از مصالح ساختمانی سبک استفاده شود.

- زمانی که نوسان دمای روزانه‌ی هوا کم است، ذخیره‌ی حرارت هیچ اهمیتی ندارد و علاوه‌بر این، صالح ساختمانی سنگین تا حدود زیادی تأثیر تهویه و کوران را که یکی از ضروریات در این منطقه است کاهش می‌دهند.

- در تمام ساختمان‌های این مناطق، بدون استثنا از کوران و تهويه‌ی طبیعی استفاده می‌شود. به‌طورکلی، پلان‌ها گستردۀ و باز و فرم کالبدی آن‌ها بیشتر شکل‌های هندسی، طویل و باریک است. به‌منظور حداقل استفاده از وزش باد در ایجاد تهويه‌ی طبیعی در داخل اتاق‌ها جهت قرارگیری ساختمان‌ها با توجه به جهت وزش نسیم‌های دریا تعیین شده است. در نقاطی که بادهای شدید و طولانی می‌وزد، قسمت‌های رو به باد ساختمان‌ها کاملاً بسته است. همچنین به‌دلیل فراوانی

برای جلوگیری از صدمه دیدن نما و نفوذ باران به داخل ساختمان رواج فراوان داشت، امتداد یافتن سقف ساختمان تا روی ایوان (فاؤن) بود. یکی دیگر از راهکارهایی که برای محافظت از جداره غربی در ساختمان‌های بومی مشاهده می‌شود، پوشاندن ایوان غربی به وسیله دیوارهای از جنس مصالح بومی مانند چوب یا مصالح جدیدی نظیر بلوك بتی یا آجر سفالی است. در این صورت فضای محصور به وجود آمده در طبقات همکف و اول اغلب به عنوان فضای پختوپز و انبار مورد استفاده قرار می‌گرفت (گرجی و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۲).

راهکارهای معماری جدید

امروزه برای جلوگیری از بروز آسیب‌های ناشی از کج باران در جداره ساختمان، از راه حل‌های دیگری نظیر عایق رطوبتی (قیر با روکش مواد بازتابنده) و روکش حلبی یا استیل در جبهه غربی استفاده می‌شود. این راهکارها در خانه‌های روستایی با مصالح جدید نیز دیده می‌شوند. در برخی از موارد جداره غربی فاقد بازشو بوده و به صورت سراسری با مصالح ذکر شده پوشانده می‌شود.

ارائه راهکارهای پیشنهادی

همان گونه که بیان شد، در حال حاضر در اغلب ساختمان‌های شهری و روستایی در منطقه معتدل و مرطوب از پوشش حلب در جداره غربی برای محافظت از ساختمان در مقابل کج باران استفاده می‌شود، اما از آنجاکه حلب ضریب هدایت گرمایی بالا دارد، به نظر می‌رسد که راهکار بومی عملکرد مناسب‌تری داشته و مصرف انرژی کل ساختمان را نسبت به حلب کاهش دهد. از سوی دیگر با امتداد یافتن سقف، مساحت ضلع غربی بام افزایش می‌یابد و با افزایش شیب سقف، بهره‌گیری از تابش خورشید در فصول سرد افزایش

همچنین استفاده از مصالح بوم آورد نظیر خشت باعث کاهش تبادل حرارتی شده و استفاده حجمی از آن به عنوان منبع حرارتی غیرفعال با جذب انرژی خورشید در طول روز، در شب گرما آزاد و خنکی شب را در روز به فضای بخشید. لیکن در اقلیم معتدل و مرطوب حاشیه دریای خزر که از نعمت باران بهره‌مند است، فرم سقف از حالت محدب یا تخت خارج و سقف‌های شیب دار با شیب نسبتاً زیاد مورد بهره‌برداری و همچنین مصالح بوم آورد منطقه نظیر شاخه‌های درختان و ساقه‌های شالی در پوشش بنها استفاده می‌شده‌اند. علاوه‌بر فرم عناصر بنا و مصالح به کاررفته در بنا، جهت‌گیری بنا در جهت‌گیری بنا در جهت اقلیمی موجب بهره‌مندی هر چه بیشتر از عوامل مفید مؤثر محیطی و دوری از عوامل مزاحم می‌شده است (یاران، ۱۳۹۲، ۷۳).

در استان گیلان به دلیل بارش فراوان باران و وزش باد در فصول سرد سال از جهت غرب، جداره غربی ساختمان اغلب پوشانده می‌شود، تا از برخورد شدید باران و آسیب‌های ناشی از آن به جداره غربی و ورود آب باران به داخل ساختمان جلوگیری شود (Khakpour et al, 2005, 63).

راهکارهای معماری بومی

معماری بومی در جهت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف کمتر انرژی‌های فسیلی برای تأمین آسایش ساکنان، عملکرد مطلوبی داشته است و استفاده از روش‌های ساخت محلی توسط افراد بومی، باعث انتباط آن‌ها با شرایط منطقه شده است. شناخت، حمایت و حفاظت از این آموزه‌ها در شهرهای امروزی که به سرعت در حال تغییر است، برای حفظ ارزش‌های مربوط به پایداری ضروری است (محمد، ۱۳۹۲، ۷۳).
یکی از راهکارهایی که در خانه‌های روستایی بومی

حوزه انرژی مصاحبہ صورت گرفت تا جنبه‌های تکمیلی اطلاعات به دست آیند. در مرحله دوم از روش نظریه زمینه‌ای با تکنیک کدگذاری باز به تحلیل مصاحبہ‌ها پرداخته شد تا تمامی جوانب موضوع بررسی و مؤلفه‌های تأثیرگذار در تحقیق به دست آمد. در مرحله بعد از کدگذاری محوری و ایجاد پیوستار جهت تولید ابزار پژوهش (تولید جدول هدف محتوا و پرسشنامه) بهره گرفته شد. در این مرحله متخصصان پیوستارها را کنترل کرده و پس از تأیید به ایجاد پرسشنامه محقق ساخته به جهت بررسی مؤلفه‌ها و تحلیل نتایج پرسشنامه منجر شد. هدف از ایجاد این پرسشنامه بررسی مفاهیم و مؤلفه‌های تأثیرگذار در کج باران بود.

آنالیز پرسشنامه از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد (جدول شماره ۲) تا ترتیب بررسی و اهمیت مؤلفه‌ها مشخص شود. برهمین اساس مؤلفه‌ی «امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان» با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ بیشترین تأثیر را در راهکار مقابله با کج باران دارا می‌باشد.

می‌باید. درنتیجه به نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از سلول‌های فتوولتائیک در جبهه غربی بام امکان بهره‌گیری از تابش خورشید به صورت مؤثر وجود دارد. در ادامه راهکارهای موجود و پیشنهادی از نظر تأثیر آن‌ها بر عملکرد حرارتی جداره و میزان مصرف انرژی ساختمان مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

روش‌شناسی تحقیق

در هنگام محاسبه کارایی انرژی ساختمان، تعیین دقیق هدایت حرارتی دیوارها اهمیت زیادی دارد. برای بررسی عملکرد حرارتی پوشش جبهه غربی ساختمان و مقایسه راهکارهای بومی و جدید، بررسی تأثیر پوشش‌های مختلف بر میزان مصرف انرژی ساختمان ضروری است. به منظور بررسی تأثیر نوع محافظ دیوار غربی بر میزان مصرف انرژی ساختمان، در ابتدا با روش تحلیل محتوا مؤلفه‌های مؤثر در معماری بومی منطقه گیلان استخراج گردید و به جهت تکمیل اطلاعات از روش تحقیق میدانی با تکنیک مصاحبہ باز پاسخ استفاده شد، به طوری که با ۱۰ نفر از متخصصان معماری در

ردیف	مؤلفه‌های تأثیرگذار در برابر کج باران	انتقال حرارتی (۰.۴)	شاخص ضریب (۰.۶)	شاخص کاهش (۰.۶)	میانگین نهایی (۰.۵)	Normalize
۱	امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان (الگوی معماری بومی)	۰.۱۲۷۵۴۱	۰.۰۴۹۲۱۱	۰.۰۶۶۵۵	۰.۱۷۶۷۵۲	
۲	پوشته دو جداره	۰.۰۵۱۵۴	۰.۰۳۱۵۶۲	۰.۰۴۳۸۸۷	۰.۰۸۷۱۲۱	
۳	استفاده از مصالح نوین و عالی رطوبتی	۰.۰۴۲۵۶۹	۰.۰۴۱۲۵۶	۰.۰۴۲۳۰۳	۰.۰۸۵۸۹۶	
۴	پوشاندن ایوان غربی به وسیله دیواره از جنس مصالح بومی	۰.۰۴۷۱۲۱	۰.۰۴۰۹۱۶	۰.۰۴۱۷۷۲	۰.۰۸۳۱۰۸	
۵	استفاده از روکش‌هایی از جنس حلی و استیل	۰.۰۶۴۸۰۹	۰.۰۲۴۱۵۱	۰.۰۱۰۰۰۱	۰.۰۷۳۸۲۵	
۶	استفاده از بام شبیه دار	۰.۰۰۸۲۱	۰.۰۳۴۵۹۶	۰.۰۳۱۶۰۸	۰.۰۴۲۸۰۶	

ج. شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تأثیرگذار در برابر کج باران به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مأخذ: نگارندگان.

روش شبیه‌سازی بررسی و نتایج به دست آمده موردمقایسه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پوشش دیوار غربی با استفاده از حلب باعث افزایش بار گرمایش و سرمایش و افزایش بار کل

برای بررسی تأثیر پوشش محافظت باران در جداره غربی بر میزان مصرف انرژی، یک ساختمان مسکونی در سه حالت شامل پوشش حلی جداره غربی، افزایش شبیه و سایبان، نصب سلول‌های فتوولتائیک بر روی بام به

بیشتر موارد پوشش دیوارها در جبهه‌های شمالی، شرقی و جنوبی سنگ و در جبهه غربی اغلب حلب یا آردواز است. بنابراین نمازایی با سنگ مبنای مقایسه قرار گرفت، تا تأثیر هر یک از روش‌ها بر افزایش یا کاهش مصرف انرژی ساختمان با حالت پایه مقایسه می‌شود. معیار انتخاب این خانه همخوانی فرم بنا با معماری متداول در استان گیلان است. ساختمان ویلایی نمونه دارای دو طبقه با ارتفاع ۲/۸۰ متر با مساحت ۴۵ متر مربع در هر طبقه با بام شیروانی دارای شیب شرقی - غربی با زاویه ۳۰ درجه موردنرسی قرار گرفت. راهکارهای مورد مطالعه پوشش حلبی جداره غربی، افزایش شیب و سایبان، نصب سلول‌های فتوولتائیک بر روی بام را دربرمی‌گیرد. با شبیه‌سازی نمونه موردنظر در نرم‌افزار دیزاین بیلدر تأثیر این راهکارها بر میزان مصرف انرژی ساختمان مورد مقایسه قرار گرفته است. در ساخت بنای این منطقه، فضای زیر بام شیب دار توسط یک سقف مسطح پوشیده می‌شود. در بنای این پوشش از جنس چوب است، ولی در نحوه اجرای جدید، این بام مسطح بر روی کلاف بتنی و با تیرریزی بتنی اجرا می‌شود. فضای زیر سقف شیب دار اغلب خالی و غیر مسکونی است. بنابراین مشخصات مدل فرضی پیشنهادی نیز با این مشخصات تعیین و سپس تغییرات روی آن اعمال می‌شود. شکل سقف در نمونه‌های موردنستجو مطابق با تصویر شماره ۵ در نظر گرفته شد.

براساس جدول شماره ۳ نتیجه تحلیل سلسه‌مراتبی بیشترین وزن شاخص بر امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان (الگوی معماری بومی) با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ می‌باشد. همچنین وزن مؤلفه‌های دیگر به ترتیب اولویت پوسته دوجداره ۰.۰۸۷۱۲۱، استفاده از مصالح نوین و عایق رطوبتی ۰.۰۸۵۸۹۶، پوشاندن ایوان غربی

ساختمان به میزان ۲/۹٪ می‌شود. افزایش شیب بام با سایبان موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به ۰/۵۶٪ و کاهش بار کل ساختمان به میزان ۰/۸٪ می‌شود. افزودن سلول فتوولتائیک بر روی بام میزان مصرف انرژی را به میزان ۰/۷ درصد کاهش می‌دهد. در مرحله بعدی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است، زیرا این نرم‌افزار توانایی شبیه‌سازی انواع مصالح مورداستفاده در ساختار عناصر ساختمان را دارد. در این نرم‌افزار با تکیه بر موتور آنالیز انرژی پلاس از روش عددی برای حل معادلات انرژی بهره‌گیری شده است. برای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، از چندین پارامتر اقلیمی (دمای هوای میزان تابش خورشیدی، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا و غیره) استفاده می‌شود. این پارامترها باید تمام روزها و همچنین تمامی ساعت‌های سال را دربرداشته باشند (Vanderryn et al, 1996, 88).

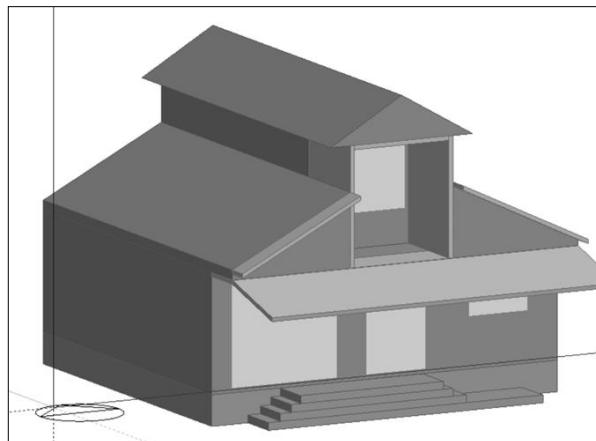
در شبیه‌سازی از فایل اقلیمی شهر رشت که با استفاده از نرم‌افزار و فایل EPW که مربوط به بازه زمانی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ می‌باشد استفاده شده است. ورودی‌های نرم‌افزار براساس استانداردهای رایج برای یک واحد مسکونی در منطقه شبیه‌سازی شده است. سوخت مصرفی برای تأمین بار گرمایش و سرمایش به ترتیب گاز و الکتریسیته در نظر گرفته شده است.

شبیه‌سازی و مقایسه راهکارها در نمونه ویلایی برای مطالعه تأثیر نوع محافظه جداره غربی بر عملکرد حرارتی ساختمان و تعیین راهکار بهینه از نظر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های ویلایی، یک خانه در اطراف شهر رشت انتخاب شد. ساختمان‌های ویلایی در منطقه موردمطالعه در حال حاضر اغلب با اسکلت بتنی و سقف شیب دار آردواز یا حلب اجرا می‌شوند. در

به وسیله دیواره از جنس مصالح بومی 0.083108 استفاده از روکش‌هایی از جنس حلبی و استیل 0.073825 ، استفاده از بام شیبدار 0.042806 می‌باشد.

درصد خطأ	اختلاف	نتایج کلی نرم‌افزار	نتایج کلی	ماه
۲.۵۹	۱۹.۴۷	۹۸۹.۷۲۷	۱۰۰.۸۲۵۶	Jan
۱۰.۶۱	۱۵۵.۴۴	۱۰۵۴.۸۲۳	۱۲۱۰.۲۶۵	Feb
۳۹.۰۷	۱۲۶.۴۴	۹۲۳.۷۷	۸۰۷.۳۲۶	Mar
۶.۹۰	۳.۰۹	۴۲.۴۱۹	۴۵.۳۲۷	April
۳.۴۸	۳۰.۳۹	۲۵.۸۷۴	۵۶.۲۶۵	May
۲.۶۲	۲۸.۳۴	۲۹۶.۸۸۹	۳۲۵.۲۳۱	Jun
۴.۲۵	۷.۹۱	۴۰.۸۳۵۵	۴۱۵.۲۶۵	Jul
۲.۳۸	۳۹.۷۵	۵۰۳.۰۷۴	۵۴۲.۳۲۶	Aug
۴.۸۸	۲۶.۱۲	۱۰۰.۳۷۲	۱۲۶.۲۵۶	Sep
۲.۶۳	۳۹.۵۸	۵.۷۳۲	۴۵.۱۵۶	Oct
۷.۵۶	۵۹.۲۵	۴۳۸.۰۱۹	۴۹۷.۲۶۵	Now
۱.۶۱	۱۳.۹۲	۹۹۴.۲۷۶	۱۰۰۷.۱۹۴	Dec
۱.۰۰	۲۹۳.۲۰	۵۷۹۳.۳۳	۶۰۸۶.۱۳	
۵%	error percent			

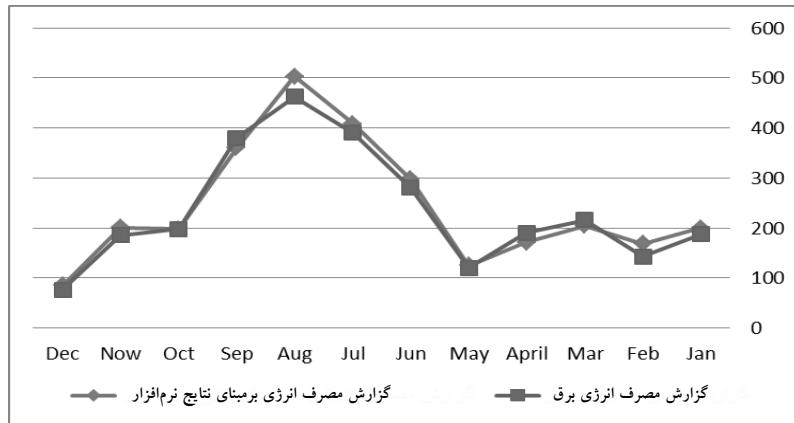
ج ۳. تفاوت بین نتایج شبیه‌سازی و کل مصرف انرژی گزارش شده، مأخذ: نگارندگان.



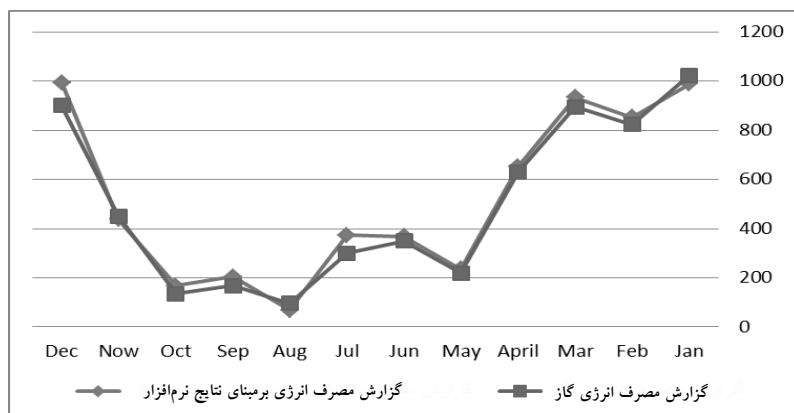
ت ۱. شماتیک ساختمان حالت پایه، مأخذ: نگارندگان.

میانگین اختلاف 1.25 درصدی را می‌توان مشاهده کرد. براساس جدول 4 ، به طور متوسط 5 درصد خطأ در محاسبات نرم‌افزار شبیه‌سازی وجود دارد که در محدوده قابل قبول است.

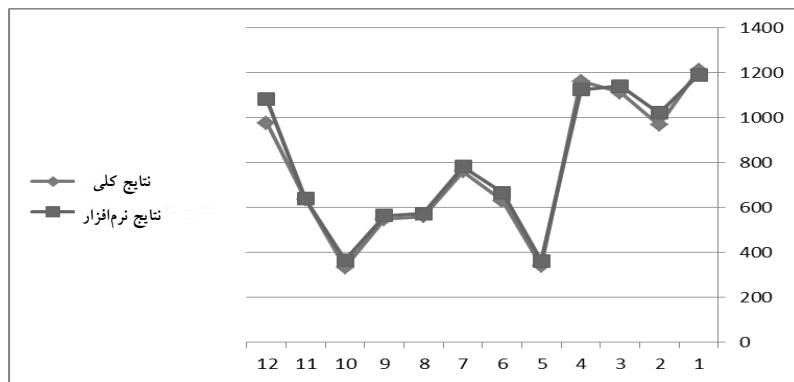
با مقایسه نتایج شبیه‌سازی و قبضه‌های برق و گاز (نمودار 1 ، 2 و 3)، میانگین محاسبه 5 درصد خطأ در محاسبات وجود دارد. با مقایسه اعداد گزارش شده در صورت حساب و محاسبه میزان مصرف برق و گاز،



ن ۱. آزمایش اعتبارسنجی مصرف برق، مأخذ: نگارندگان.



ن ۲. آزمایش اعتبارسنجی مصرف گاز، مأخذ: نگارندگان.



ن ۳. مقایسه بین نتایج نرم افزار و قبض دوره ای، مأخذ: نگارندگان.

فرضیات مدل

در شبیه‌سازی این ساختمان تعداد افراد، تعداد تجهیزات و سیستم روشنایی و همچنین برنامه زمانی عملکرد آن‌ها مطابق با کاربری‌های استاندارد ساختمان وارد نرم‌افزار شده است. صالح درنظر گرفته شده برای دیوار خارجی و سقف مطابق تصاویر زیر می‌باشد. ضریب انتقال حرارت با در نظر رفتن دولایه‌ی هوای ساکن در دو طرف جدار برای دیوار سنگی (جدول شماره ۴) $0.639 \frac{W}{M^2K}$ ، برای دیوار حلبي (جدول شماره ۵) $1/771 \frac{W}{M^2K}$ ، برای دیوار ایزوگام (جدول شماره ۶) $1/746 \frac{W}{M^2K}$ ، برای سقف شیبدار (جدول شماره ۷) $1/703 \frac{W}{M^2K}$ ، برای سقف صاف زیر سقف شیبدار (جدول شماره ۸) $0.154 \frac{W}{M^2K}$ می‌باشد.

Outermost layer	
Material	Isogam
Thickness (m)	.0100
Bridged?	
Layer2	
Material	Cement
Thickness (m)	.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness (m)	.0200
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	.0300

ج ۶. مشخصات جدار دیوار ایزوگام.

Outermost layer	
Material	Clay Tile (roofing)
Thickness (m)	.0250
Bridged?	
Layer2	
Material	Air gap
Thickness (m)	.0200
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Woods
Thickness (m)	.0700

ج ۷. مشخصات سقف شیبدار.

Outermost layer	
Material	Moisture Insulation
Thickness (m)	.0200
Bridged?	
Layer2	
Material	Thermal Insulation
Thickness (m)	.1000
Bridged?	
Layer3	
Material	Con
Thickness (m)	.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	.0300

ج ۸. مشخصات سقف صاف زیر سقف شیبدار.

می‌توان با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، براساس رطوبت و دمای داخل و همچنین رطوبت و دمای هوای خارج در بدترین شرایط، احتمال رخ داد پدیده میان بررسی شده و برای هر دیتیل در ادامه قرار گرفته است. در هر دیتیل تغییرات دما و فشار براساس صالح قرار گرفته است. مطابق نتایج فقط در دیتیل سقف شیبدار

Outermost layer	
Material	teravertin
Thickness (not used in thermal calcs) (m)	.0300
Layer2	
Material	Cement
Thickness (m)	.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness (m)	.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	.0300

ج ۴. مشخصات جدار دیوار سنگ.

Outermost layer	
Material	Halab
Thickness (m)	.1000
Bridged?	
Layer2	
Material	Cement
Thickness(m)	.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness(m)	.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness(m)	.0300

ج ۵. مشخصات جدار دیوار حلبي.

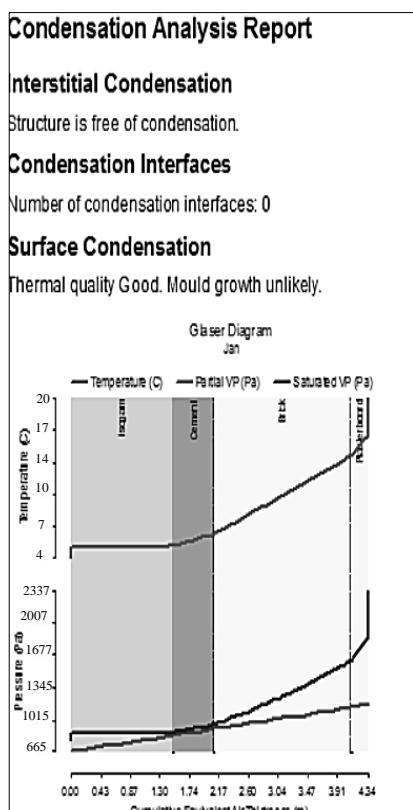
ساختمان در مقابل کج باران موجب افزایش ضربه هدایت حرارتی دیوار غربی می‌شود. بالا بودن رسانایی حرارتی فلز حلب موجب افزایش انتقال حرارتی به خارج از ساختمان در فصل زمستان همچنین افزایش بار گرمایش ساختمان می‌شود. همچنین به علت جذب بیشتر گرمایش خورشیدی در تابستان موجب انتقال حرارت به داخل ساختمان و بالارفتن دمای فضای داخلی می‌شود. استفاده از حلب به عنوان پوشش جداره غربی موجب افزایش مصرف انرژی مربوط به بار سرمایش به اندازه ۶/۲ درصد و افزایش بار گرمایش به اندازه ۲/۲ درصد نسبت به حالت مبنا شد.

احتمال وجود میان و رشد جلبک فراوان بوده و در مابقی دیتیل‌ها این امکان نامحتمل می‌باشد.

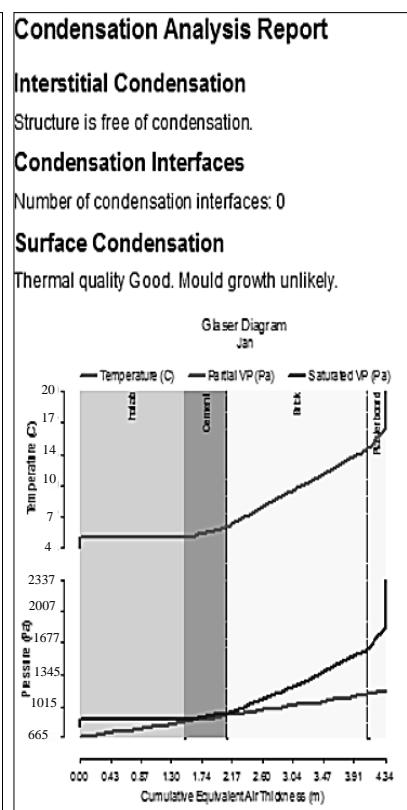
مطابق نتایج درصد تأثیر هر پوشش جداره غربی و همچنین تأثیر سایر عوامل در جدول قرار گرفته است.

پوشش حلب

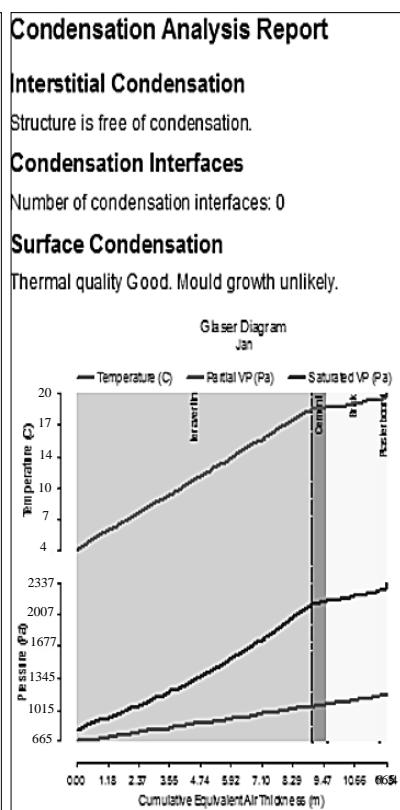
در ساختمان‌های این منطقه اغلب از سنگ به عنوان پوشش نما استفاده می‌شود. اما در جداره غربی برای محافظت در برابر کج باران به جای سنگ از حلب استفاده می‌شود. طبق اطلاعات نرم‌افزار دیزاین بیلدر در مورد مشخصات حرارتی دیوار (تصاویر شماره ۲ الی ۶) استفاده از روکش حلبی به منظور محافظت از



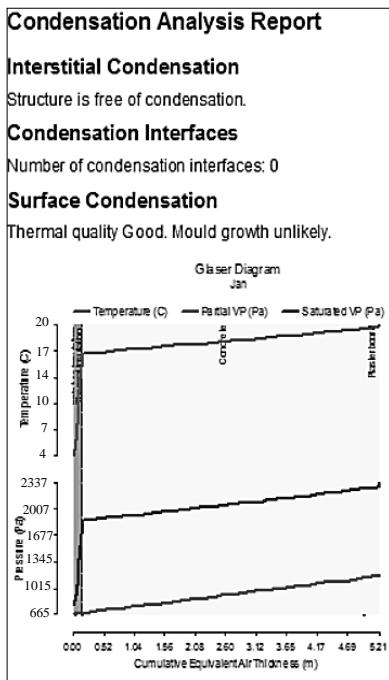
ت ۴. دیوار ایزوگام.



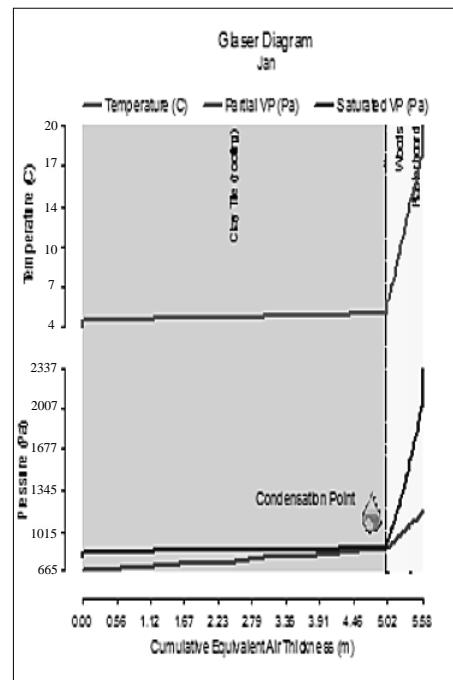
ت ۳. دیوار حلب.



ت ۲. دیوار سنگی.



ت ۶. سقف صاف ریز سقف شیبدار.

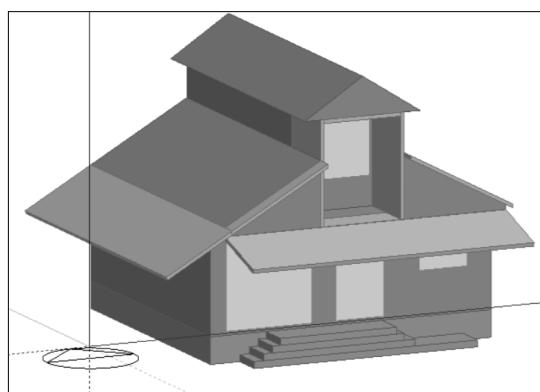


ت ۵. سقف شیبدار.

نیروی شناوری و حرکت هوای گرم به سمت بالا مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان 0.24 kWh/m^2 درصد افزایش می‌یابد. به علت مایل بودن تابش خورشید با افزایش شیب بام در فصل سرد سال، میزان دریافت انرژی تابش خورشیدی افزایش می‌یابد. درنتیجه فضای زیر شیروانی نسبتاً گرم‌تر می‌شود و بار سرمایش ساختمان به میزان $4/8\%$ کاهش می‌یابد (تصویر شماره ۷).

امتداد و افزایش شیب بام

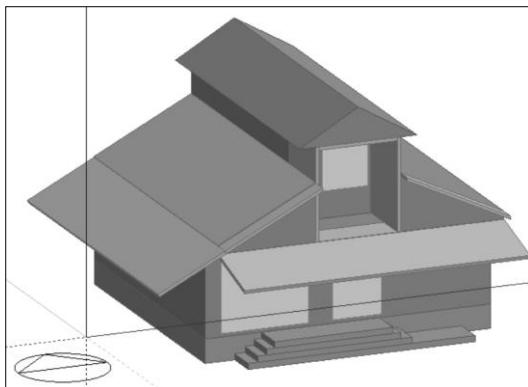
در فصل گرما با تابش خورشید، جداره حلبی بام گرم شده و به علت عدم وجود عایق حرارتی روی سقف هوای گرم به فضای زیر شیروانی منتقل می‌شود. افزایش شیب بام، موجب افزایش ارتفاع فضای زیر شیروانی شده و به علت عدم وجود عایق حرارتی روی سقف گرما به فضای زیر شیروانی منتقل می‌شود. با تشديد



ت ۷. شماتیک ساختمان با امتداد سقف، مأخذ: نگارندگان.

سلول‌های فتوولتائیک شیشه است) موجب کاهش دمای زیر سقف شیبدار و درنتیجه افزایش ۰/۳ درصدی بار گرمایش و کاهش ۵/۸ درصدی بار سرمایش می‌شود. براساس نتایج شبیه‌سازی میزان مصرف الکتریسیته در ساختمان نمونه ۵۷۱۸۸/۱۸ و تولید الکتریسیته توسط سلول‌های فتوولتائیک ۸۴۱۲۵/۴ کیلو وات ساعت بر متر مربع است (تصویر شماره ۸).

افزایش شیب و استفاده از سلول‌های خورشیدی طبق محاسبات نرم‌افزار، با استفاده از پوشش سلول خورشیدی بر روی جهت غربی بام به مساحت ۳۲ متر مربع (کل سطح رو به غرب بام)، بیشترین کاهش در مصرف انرژی ساختمان در اثر پوشاندن بام ساختمان با سلول‌های خورشیدی اتفاق می‌افتد، زیرا این سلول‌ها علاوه بر تولید الکتریسیته، به عنوان افزایش بازتاب سطح بام (روکش



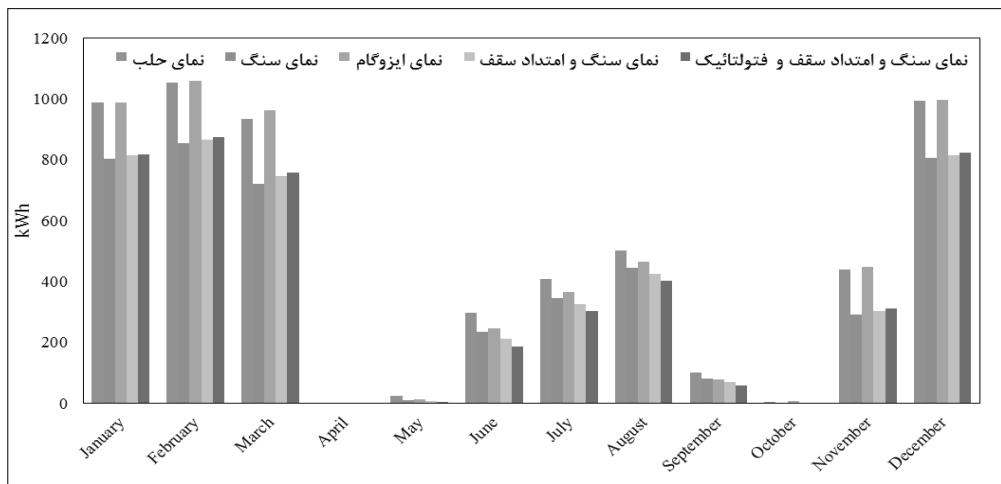
ت ۸. شماتیک ساختمان با امتداد سقف و پنل فتوولتائیک، مأخذ: نگارندگان.

در حالتی که از پنل فتوولتائیک نیز استفاده گردیده، مساحت ۳۰.۸ متر مربع سقف با پنل فتوولتائیک با راندمان ۲۰ درصد پوشانده شده است. این نیروگاه حدود ۵ کیلووات ظرفیت داشته است. روند تولید برق از این تعداد پنل مطابق شکل زیر (نمودار شماره ۶) می‌باشد.

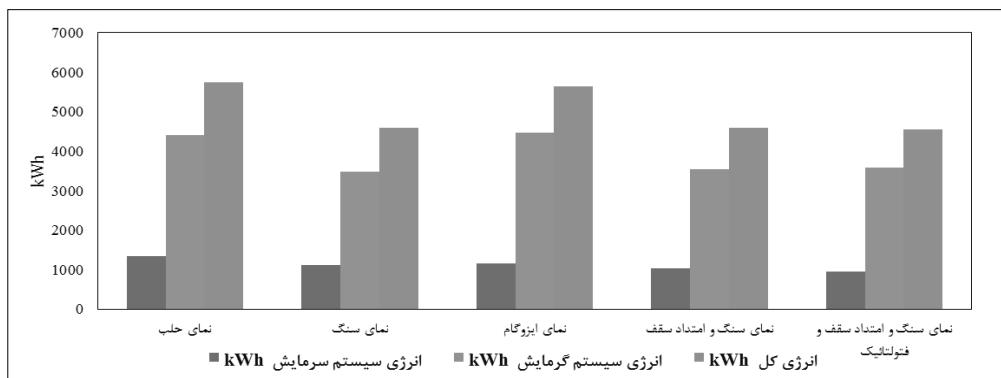
در جدول شماره ۹ خلاصه نتایج آنالیز آورده شده است، همچنین در نمودار ۴ مجموع انرژی‌های مصرفی سیستم سرمایش و گرمایش و نمودار ۵ مقایسه کامل بین مجموع انرژی مصرفی در حالت‌های مختلف قرار گرفته است.

حال	نمای حلب	نمای سنگ	نمای ابروگام	نمای سنگ و امتداد سقف	نمای سنگ و امتداد سقف و فتوولتائیک
حال	نمای حلب	نمای سنگ	نمای ابروگام	نمای سنگ و امتداد سقف	نمای سنگ و امتداد سقف و فتوولتائیک
انرژی کل	درصد صرف‌جویی گرمایش	درصد صرف‌جویی سرمایش	درصد صرف‌جویی سرمایش	kWh	انرژی کل kWh
-	-	-	-	۵۷۵۰	۴۴۱۶
%۲۰.۱	%۲۱.۳	%۱۶.۲	%۱۶.۲	۴۵۹۴	۳۴۷۶
%۲۰	%۱۸-	%۱۲.۶	%۱۲.۶	۵۶۳۳	۴۴۷۷
%۲۰.۳	%۱۹.۷	%۲۲.۳	%۲۲.۳	۴۵۸۴	۳۵۴۸
%۲۱۰	%۱۸.۸	%۲۸.۳	%۲۸.۳	۴۵۴۳	۳۵۸۷

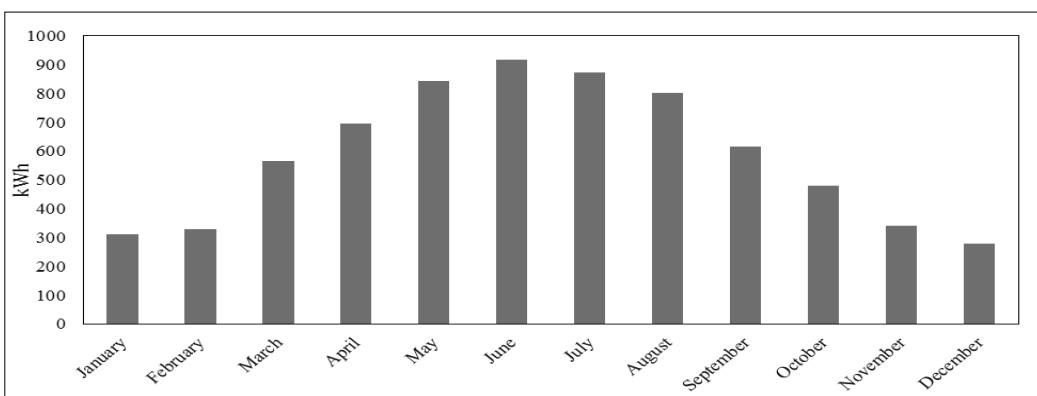
ج ۹. خلاصه نتایج، مأخذ: نگارندگان.



ن ۴. مجموع انرژی مصرفی سیستم سرمایش و گرمایش، مأخذ: نگارندگان.



ن ۵. مجموع انرژی مصرفی، مأخذ: نگارندگان.



ن ۶. برق تولیدی، مأخذ: نگارندگان.

نتیجه

با توجه به نتایج شبیه‌سازی، همان‌گونه که در جدول شماره ۵ مشخص است، به طور کلی مشاهده می‌شود که بار گرمایش ساختمان بسیار بیشتر از میزان انرژی مورد نیاز جهت سرمایش است. این امر با توجه به اقلیم منطقه نیز قابل توجیه است، زیرا در استان گیلان در ماه‌های گرم سال به جز تیر و مرداد سرمایش از طریق تهویه طبیعی انجام می‌شود و به جز این دو ماه نیازی به استفاده از تجهیزات مکانیکی جهت سرمایش نیست در حالی که در فصول سرد سال در تمام پاییز و زمستان نیاز به استفاده از تجهیزات مکانیکی جهت گرمایش وجود دارد. بنابراین تمرکز اصلی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های این منطقه باید بر کاهش بار گرمایش ساختمان باشد.

مقایسه مجموع بار سرمایش و گرمایش در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که پوشش حلب در جداره غربی سبب افزایش بار سرمایش به میزان ۷/۶٪ و افزایش بار گرمایش به میزان ۲/۲٪ می‌شود. زیرا در فصول گرم سال تابش خورشید بر سطح حلب و جذب گرما توسط آن و هدایت گرمایی توسط حلب به داخل ساختمان موجب افزایش دمای داخل شده و بار سرمایش افزایش می‌یابد. از سوی دیگر ضریب انتقال حرارت بالای حلب در فصول سرد سبب اتلاف گرمای ساختمان و افزایش بار گرمایش می‌شود. استفاده از حلب باعث افزایش بار کل ساختمان به میزان ۲/۹٪ می‌شود. این نوع روکش علی‌رغم جلوگیری از صدمات ناشی از بارش باران، به دلیل افزایش اتلاف حرارت و انرژی مصرفی کلی ساختمان از دیدگاه انرژی مناسب نیست. افزایش شیب بام با سایبان به عنوان حائل باران موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به میزان ۴/۸٪ و کاهش بار کل

ساختمان به میزان ۵/۶٪ می‌شود. اضافه کردن سایبان علاوه‌بر مقابله با باران موجب کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود. کمترین میزان انتقال حرارت مربوط به عایق حرارتی به همراه عایق رطوبتی است، که نسبت به نماسازی با سنگ نیز انتقال حرارتی کمتری دارد. در صورت استفاده از عایق رطوبتی، به کارگیری عایق حرارتی نیز برای جلوگیری از اتلاف حرارت در این جداره ضروری است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند، که در صورت وجود عایق حرارتی و عایق رطوبتی مصرف انرژی ساختمان افزایش نمی‌یابد با افزایش شیب و بهره‌گیری از سلول‌های فتوولتایک بر روی بام علاوه‌بر تأمین بار الکتریسته مربوط به بار سرمایش و روشنایی، انرژی الکتریکی قابل توجهی ذخیره می‌شود. و بار کل ساختمان به میزان ۷/۰٪ کاهش می‌یابد.

فهرست منابع

- طاهباز؛ منصورية. دانش اقلیمی طراحی معماری، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.
- کسمایی، مرتضی، اقلیم و معماری، تهران، انتشارات خانه‌سازی ایران، ۱۳۹۲.
- Alipouryani, T., Nouri, M. (2011). Formation of Modernity and Post-Modernity. Journal of Political Studies, 3(11), 207-232.
- رهسپار منفرد؛ رضا و همکاران. تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی در بنای مسکونی اقلیم معتدل و مربوط مبتنی بر معماری بومی، نشریه معماری و شهرسازی ایران، پذیرش شده، ۱۳۹۸.
- دلشاه؛ مهسا و همکاران. تطبیق ویژگی‌های معماری ایرانی در معماری بومی گیلان (نمونه موردي خانه صوفی املش و خانه آیت‌الله بروجردی)، معماری شناسی، سال اول شماره ۵ بهمن ۱.
- دربندی؛ مریم و همکاران. بهبود عملکرد عناصر معماری زمینه‌گرا در معماری گیلان و بازارآفرینی آن در ساختارهای امروزی با استفاده از تکنولوژی نانو، نشریه علمی - پژوهشی

انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۱۰، پاییز و زمستان، ۵-۱۸، ۱۳۹۴.

- مشیری؛ شهریار. طراحی پایدار بر مبنای اقلیم گرم و مرطوب، هویت شهر، پاییز و زمستان ۱۳۸۸، دوره ۳، شماره ۵؛ از صفحه ۳۹ تا صفحه ۴۶.

- Khakpour, M. (2005). Vernacular Habitation in Rural Societies of Gilan. HONAR-HA-YE-ZIBA, 22, 63-72.

- یاران؛ علی و همکاران. تطبیق شاخصه‌های مسکن بومی گیلان با معماری مدرن غرب، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۵، پاییز و زمستان ۱۳۹۲.

- محمد؛ شقایق. مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار، مطالعه موردی: ساختمنهای مسکونی شهر تهران، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۱۸، شماره ۱، ۶۹-۷۸، ۱۳۹۲.

- گرجی مهیانی؛ یوسف، دانشور؛ کیمیا. (۱۳۸۹) تأثیر اقلیم بر شکل‌گیری عناصر معماری سنتی گیلان. تهران: نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر دوره ۳ شماره ۴.

- Mishra, Subhash, Usmani, J A, Varshney Sanjeev, Energy saving analysis in building walls through Thermal Insulation System, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622, Vol. 2, Issue 5, pp.128-135, 2012.

- Philokyprou, M. et al, Examination and assessment of the environmental characteristics of vernacular rural settlements in varying topographies in Cyprus, World sustainable Building Barcelona Conference, 2014.

- Muhaisen, Ahmed, Effect of wall thermal properties on the energy consumption of buildings in the Gaza strip, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara – Turkie, pp. 1019, 2015.

- Van Der Ryn, Sim & Cowan, Stuart, Ecological design, Island Press, pp. 88-89 , 1996.

- <http://www.designbuilder.co.uk>

<https://doi.org/10.22034/38.168.3>