ارزیابی تاثیر روش های رایج اجرای نمای ساختمان‌های مسکونی شهر تهران در مصرف انرژی

امین‌اله احدی*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷

چکیده

در این پژوهش که با تمرکز بر مناطق شرق، غرب و جنوب شهر تهران انجام شده، میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های رو به جهات مختلف جغرافیایی مقایسه شده و در رابطه با بخش صلب جداره، در میان مصالح و روش‌های ساخت متداول، جنس نما و جزئیات ساخت مناسب جداره‌های جداکننده خارجی در هر جهت جغرافیایی مشخص شده است. به این منظور از ابزار شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Energy plus با واسط گرافیکی Design builder جهت تحلیل حرارتی و مصرف انرژی ساختمان استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که واحدهای جنوبی کمترین مجموع بار سرمایشی و گرمایشی مصرفی را دارند و بعدازآن به ترتیب واحدهای شرقی (۱۶ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی)، غربی (۱۷ درصد بیشتر واحدهای جنوبی) و شمالی (۲۰ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) قرار دارند. نتایج شبیه‌سازی در نماهای مختلف نشان می‌دهد که به‌طورکلی، بار گرمایشی ساختمان در واحد شمالی ۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای دارای مصالح مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۲۰ تا ۲۵ درصد و در واحدهای شرقی ۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. در واحدهای رو به شمال باتوجه‌به نوع نما بار سرمایشی ساختمان ۰/۵ تا ۷/۵ درصد در نماهای با مصالح مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۶/۵ تا ۷ درصد و در واحدهای شرقی ۱۰/۵ تا ۱۱ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. علاوه بر این تأثیر استفاده از انواع مختلف مصالح رایج در نماهای شهر تهران شامل نماهای کامپوزیت فلزی، سرامیک با روش اتصال خشک، سرامیک با روش اتصال چسبیده، سیمانی، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال چسبیده، سنگی با روش اتصال خشک (سنگ گرانیت، مرمر، کوارتزیت و ماسه‌سنگ)، سنگی با روش اتصال چسبیده بر مصرف انرژی ساختمان بررسی شده و نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بهترین مصالح نما در میان مصالح متداول، آجر و بعدازآن پانل بتنی و بهترین نحوه اجرا، اجرای خشک این مصالح است.

کلمات کلیدی: ساختمان‌های مسکونی، جداره‌های خارجی ساختمان، کاهش مصرف انرژی، شهر تهران.

* استادیار، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران. a.ahadi@piau.ac.ir

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.22034/42.182.17]

مقدمه

یکی از مسائل پیش‌روی طراحان و معماران، مصرف انرژی ساختمان در دوره ساخت است. انرژی مصرف‌شده در فرایند ساخت یک بنا مقدار زیادی از منابع را دریافت می‌کند، بنابراین ازطریق ارزیابی انرژی زمان ساخت که انرژی نهفته نامیده می‌شود، می‌توان با انتخاب مناسب‌ترین مصالح و راهکارها در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد (زینلی و همکاران؛ ۱۴۰۰). بخش ساختمان به دلیل طراحی و ساخت نامناسب، مصالح و تجهیزات غیراستاندارد و مواد به‌کاررفته در ساختمان‌ها و انتخاب نامناسب پوشش ساختمان‌ها اعم از پنجره‌ها و سیستم عایق‌کاری، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی کشور است (وزارت نیرو، ۱۳۹۲: ۶۳). میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان در ایران ۲/۵۸ برابر متوسط جهانی است (وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۸). فعالیت‌های بهینه‌سازی در بخش ساختمان دربرگیرنده فعالیت‌های مرتبط با پوسته و معماری ساختمان، تأسیسات گرمایش و سرمایش، سیستم‌های روشنایی و سیستم‌های کنترل هوشمند تجهیزات انرژی‌بر خانگی است (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۷۹). آخرین آمار مصرف انرژی در ایران تا زمان نگارش این پژوهش (ترازنامه انرژی ایران در سال ۱۳۹۴) نشان می‌دهد که سهم مصرف انرژی در بخش ساختمان، ۳۴درصد از کل انرژی کشور (بخش صنعت ۲۳/۵، بخش حمل‌ونقل ۲۵/۶ و بخش کشاورزی ۳/۸۹ درصد) است (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۱۲۸). این رقم در سال ۱۳۶۹، ۳۰ درصد و در سال ۱۳۸۳، ۴۰ درصد بوده است (وزارت نیرو، ۱۳۸۵). ۴۹ درصد از انرژی برق و ۴۷ درصد از گاز طبیعی کشور در بخش ساختمان مصرف می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۹۶: ۱۲۸). بیشترین سهم در مصرف منابع انرژی در ساختمان به مصرف انرژی الکتریکی جهت روشنایی، سرمایش و تهویه اختصاص دارد. باتوجه‌به اینکه جریان حرارت از میان پوسته‌های خارجی ساختمان عامل اصلی تغییرات دمای هوای داخل است و به‌طور مستقیم بر بار گرمایشی و سرمایشی و آسایش حرارتی فضای داخلی مؤثر است (شریفی و قبادیان، ۱۳۹۶)؛ انتخاب مناسب مصالح ساختمانی متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه می‌تواند منجر به صرفه‌جویی مصرف انرژی در ساختمان گردد. یکی از عواملی که می‌تواند تأثیر بسزایی بر میزان دریافت انرژی خورشیدی توسط ساختمان داشته باشد، جنس مصالح به‌کاررفته در نمای خارجی ساختمان است (بهیار و همکاران، ۱۳۸۱). همچنین جزئیات ساخت جداره خارجی ساختمان (سقف و دیوار بیرونی) و اندازه بازشوها از دیگر عوامل مؤثر هستند. باتوجه‌به مباحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ویژگی‌های اقلیمی شهر تهران، این پژوهش به این پرسش پاسخ می‌دهد که در میان مصالح، جنس مصالح مناسب در نمای ساختمان‌های مسکونی در تهران چیست و جزئیات اجرایی جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی در مناطق شرق و غرب و جنوب تهران در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی چگونه است؟ همچنین تأثیر جهت‌گیری ساختمان بر میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های مسکونی موردمطالعه قرار گرفته است.

مروری بر پیشینه پژوهشی

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بررسی میزان اثرگذاری جنس نمای خارجی بر مصرف انرژی ساختمان انجام شده است. در پژوهشی در فنلاند در سال ۲۰۰۴، لیندبرگ[1] و همکاران، به مدت پنج سال با برداشت میدانی میزان دریافت انرژی خورشیدی در دیوارهای دارای نماهای آجری و چوبی را به‌صورت تجربی موردمطالعه قرار دادند (Lindberg et al., 2004). نتایج این تحقیق از تأثیر قابل‌توجه جنس نمای

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

ساختمان بر میزان مصرف انرژی ساختمان (با وجود عایق‌بندی در دیوارها) حکایت داشت. بادسکو و استایکوویچی[۲] در سال ۲۰۰۶، آثار ذخیره انرژی خورشیدی در جدار خارجی ساختمان را بر کاهش مصرف انرژی در اقلیم سرد موردبررسی قرار دادند (Badescu & Staicovici, 2006). در همان سال، پراگر[۳] و همکاران به تحلیل تجربی میزان تأثیر ضریب انعکاس خورشیدی نماهای رنگ‌شده بر بار حرارتی ساختمان پرداختند (Prager et al., 2006). نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اگر نمای خارجی ساختمان با رنگ خاکستری پوشش داده شود، بار گرمایشی ساختمان نسبت به حالت نمای پوشش داده‌شده با رنگ سفید کاهش و بار سرمایشی آن افزایش می‌یابد. در سال ۲۰۱۲، لوباکارو[۴] و همکاران با استفاده از شبیه‌سازی عددی به تحلیل میزان آثار جنس نمای خارجی ساختمان بر میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان در اقلیم میلان ایتالیا پرداختند. در این پژوهش، نماهای بتنی، نماهای آلومینیمی، نماهای شیشه‌ای و نماهای دارای پوشش گیاهی را موردمطالعه قرار دادند (Lobaccaro et al., 2012). همچنین در سال ۲۰۱۳، سوسوروا[۵] و همکاران، تأثیر استفاده از پوشش‌های گیاهی بر روی جدار خارجی ساختمان را به‌صورت عددی و تجربی بررسی نمودند (Susorova et al., 2013). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پوشش‌های گیاهی موجب کاهش جذب انرژی خورشیدی و کاهش بار سرمایشی می‌شود، این در حالی است که این امر می‌تواند بار گرمایش ساختمان را افزایش دهد. در پژوهشی دیگر در ترکیه تأثیر استفاده از سه مصالح رایج در نمای ساختمان‌های این کشور (آجر، بتن هوادهی‌شده و بلوک‌های سیمانی) در مصرف انرژی ساختمان موردبررسی قرار گرفته است (Usta & Zengin, 2021). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بتن هوادهی‌شده ازنظر بازیافت، پایداری و انرژی مصرف‌شده برای تولید مصالح و نیز مصرف انرژی ساختمان کارایی بالاتری را دارد. در ایران، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، مطالعات وسیعی در زمینه ویژگی‌های حرارتی و سایر خصوصیات مصالح ساختمانی که در صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان مؤثر است، ارائه شده است. بااین‌وجود، چگونگی استفاده از این مصالح در قالب جزئیات ساختمانی بهینه، معرفی راهکارهایی در زمینه طراحی نماهای اداری و تجاری و استفاده بهینه از مصالح رایج برای نمای این کاربری‌ها، پژوهش در زمینه مصالح جدید، ارزیابی عملکرد حرارتی نماهای ساختمان‌های ساخته‌شده و نیز مقایسه میزان تأثیرات به‌کارگیری مصالح متداول برای نما در اقلیم‌های مختلف ایران (مانند اقلیم شهر تهران در این پژوهش)، کمتر موردتوجه قرار گرفته است که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود. شایان‌ذکر است که مناسب بودن مصالح به‌کاررفته در نما کاملاً به شرایط آب و هوایی منطقه وابستگی دارد. علاوه بر این طاهباز و جلیلیان (۱۳۸۴)، ویژگی‌های کلی جداره خارجی شامل ظرفیت حرارتی، ضریب انتقال حرارت، زمان تأخیر، رنگ و بافت مصالح نمای را برای پهنه‌های مختلف اقلیمی در ایران مشخص نموده‌اند. در این پژوهش‌ها علاوه بر ارائه اطلاعات کلی، به تأثیر جهت‌گیری ساختمان در موارد پیشنهادی توجه نشده است. جهت‌گیری دیوارهای ساختمان، روی میزان انرژی تابشی برخوردی به آن دیوارها کاملاً مؤثر است. می‌توان از جهت‌گیری ساختمان به‌عنوان یک عامل طراحی اقلیمی در جهت کاهش مصرف انرژی سالیانه بهره برد و تمهیداتی در جهت افزایش انرژی دریافتی (در مناطق سردسیر) و یا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

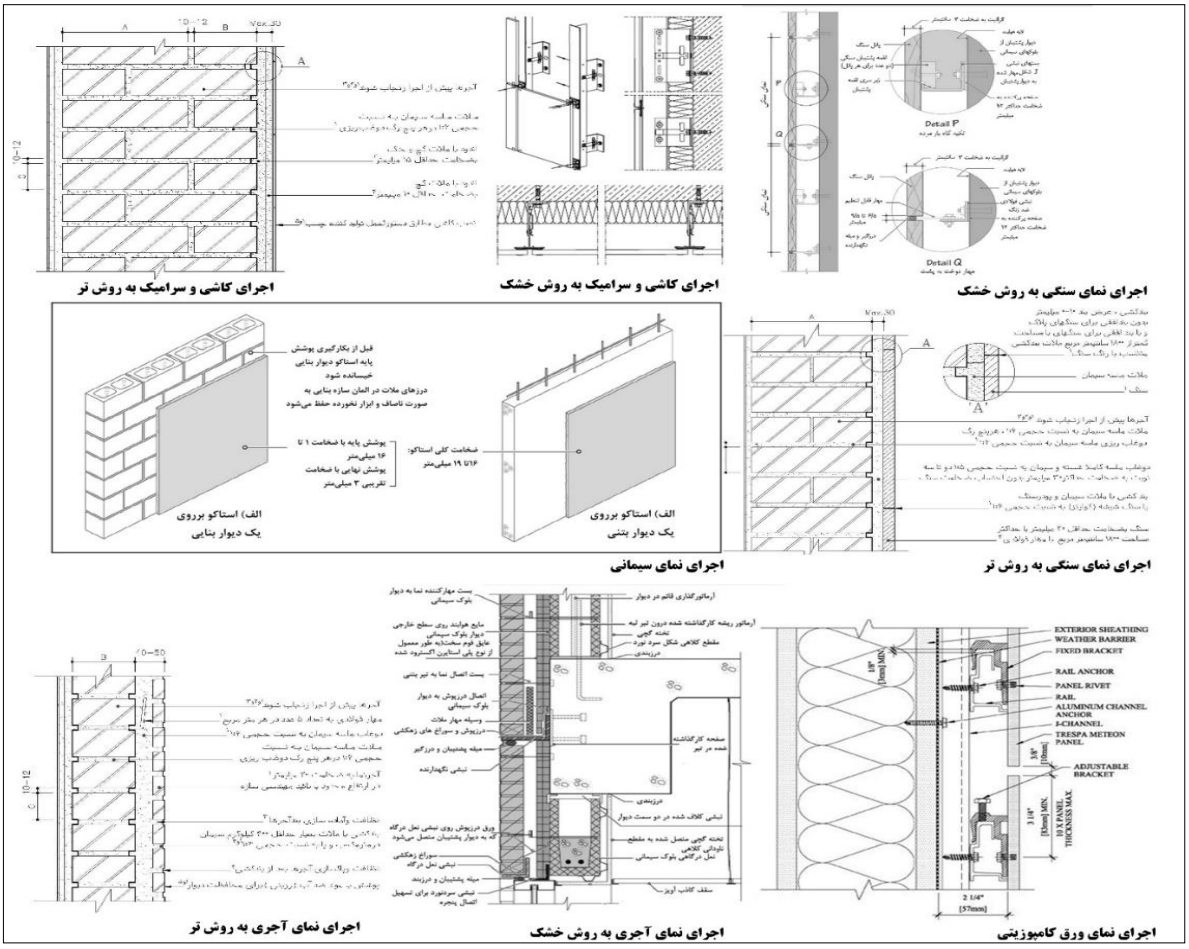
کـــاهش آن (در منـــاطق گرمســـیر) پیشـــنهاد نمـــود (سبزپوشـــانی و همکـــاران، ۱۳۸۵). در ایـــن رابطـــه در پژوهشی در استرالیا، تأثیر جهت‌گیری نمـای سـاختمان مسکونی بر مصرف انرژی سـالیانه مـورد ارزیـابی قـرار گرفته اسـت (Albatayneh et al., 2018). نتـایج ایـن پژوهش که ازطریق شـبیه‌سـازی رایانـه‌ای انجـام شـده است، نشان می‌دهد که در نمونه موردی موردبررسـی و در شرایط یکسان، میزان انرژی کلی مصـرفی سـاختمان در ساختمان رو به شـمال، شـرق، غـرب و جنـوب بـه ترتیـب برابـر بـا ۲۴، ۵۷، ۵۴ و ۷۸ ۲MJ/m بـوده کـه نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجـه جهـت‌گیـری سـاختمان بـر مصرف انرژی ساختمان است. در پژوهش دیگـری کـه در شهر لندن با شبیه‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افـزار Green Building Studio انجام شده است، تأثیر جهـت‌گیـری ساختمان با تغییر ۴۵ درجه در هر مرحله بر مصرف گاز و برق ساختمان‌های مسکونی در این منطقه بررسی شده است. نتایج این شبیه‌سازی نشان‌دهنده تفاوت حدود ۱۰ درصدی بین بهترین جهت‌گیری (۱۸۰ درجه از شـمال) با بدترین حالـت اسـت (Abanda & Byers, 2016). در پژوهش دیگری در شهر سلیمانیه عراق تأثیر تغییر ۵ درجه‌ای جهت‌گیـری یـک نمونـه سـاختمان بلندمرتبـه (درمجموع ۱۸ حالت بررسی شـده اسـت) بـر مصـرف انرژی سالیانه آن موردبررسی قرار گرفته است (Jamal Jalal & Bani, 2017). در ایـــن پـــژوهش جهت گیـری‌هـای ۷۰°–۱۶۰°, ۱۶۰°–۲۵۰° و ۲۵۰°–۳۴۰° به‌عنوان حالت بهینه معرفی شده است. در ایـران، کسمایی (۱۳۹۱)، جهـت‌گیـری بهینـه سـاختمان بـرای مناطق مختلف ایران را بیان نمـوده اسـت. بـااین‌وجـود پژوهشی در زمینه میزان تأثیر جهت‌گیری‌هـای مختلـف سـاختمان بـر بـار سـرمایش، گرمـایش و مجمـوع بـار سـرمایش و گرمـایش سـاختمان بـه‌خصـوص در ساختمان‌های مسکونی شهر تهران انجام نشده است.

ادبیات موضوع

بهینه‌سازی به مجموعه تلاش‌هایی اطلاق می‌شود کـه به‌منظور کمینه یا بیشینه‌سازی یک تـابع هـدف صـورت می‌پذیرد. در مباحث انرژی، کمینه کـردن تـابع مصـرف انرژی مـوردنظر اسـت کـه در آن بایـد تـأمین آسـایش حرارتی، تأمین آسایش بصری، تأمین آسایش تنفسی در کنار کمینه کردن زمان بازگشت هزینه اولیه مدنظر باشـد (ذوالفقـاری، ۱۳۹۳: ۵۰). در ایـن پـژوهش بـه حـداقل رساندن مجموع بـار گرمایشـی و سرمایشـی سـاختمان ازطریق انتخـاب بهینـه مصـالح، روش سـاخت جـداره خارجی و جهت‌گیری ساختمان موردنظر است. در ایـن رابطه آنچه اهمیت دارد این اسـت کـه مصـالح چگونـه (هـالگر کـوخ، ۱۳۸۵) گرمـا را بـازمی‌تاباننـد، جـذب می‌کنند، گسیل می‌کنند، از جریان گرما می‌کاهند و گرما را آزاد یا ذخیره می‌کنند. بررسی نمونه‌هـای موجـود در شهر تهران (محدوده موردمطالعـه) نشـان مـی‌دهـد کـه دیوارهای پشـتیبان نمـا در دو حالـت دیوارهـای بنـایی (بلـوک‌هـای سـفالی و سـیمانی یـا آجـر) و دیوارهـای پیش‌ساخته، ساخته می‌شوند. همچنین نماها بـر اسـاس مصالح به‌کاررفته در آن‌ها به انواع نمـای سـنگی، نمـای آجری، نمای سیمانی و بتنـی، نمـای سـرامیک و نمـای کامپوزیت فلزی تقسیم می‌شوند که به دو روش خشک و تر اجرا می‌شود (سازمان برنامه‌وبودجه ایران، ۱۳۹۵). تصویر شماره ۱، جزئیات اجرایـی ایـن نماهـا را نشـان می‌دهد. این جزئیات (چگـونگی اتصـال نمـا بـه دیـوار پشتیبان یکسان) جهت ساخت مدل‌های شبیه‌سازی ایـن پژوهش مورداستفاده قرار گرفته است. منـاطق واقـع در اقالیم ۴ و ۵ و ۶ که شامل تهران نیز می‌شود (کسـمائی، ۱۳۷۲)، دارای معدل حداقل سردترین ماه بـین صـفر و ۵- درجه و معدل حداکثر دمای گرم‌ترین ماه بین ۳۴ تـا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

۳۸ هستند، معمولاً دارای ۳ تا ۵ ماه با معدل دمای حداکثر ۳۰ درجه است. همه ماه‌ها نوسان دمای روزانه بیشتر از ۱۰ درجه و گاه بالاتر از ۱۵ درجه را دارند. در این ایستگاه‌ها شب‌ها بین ۱ تا ۳ ماه حتماً و ۳ تا ۵ ماه احتمالاً میعان اتفاق می‌افتد. بروز پدیده شرجی در این اقالیم مشاهده نمی‌شود. در حدود ۱/۵ تا ۳/۵ ماه از سال یخبندان وجود دارد. باتوجه‌به این توضیحات مشکل این مناطق گرما و سرمای نسبی و یخبندان و میعان در پاره‌ای از ایام زمستان است. در چنین شرایطی جداره‌ها باید علاوه بر ظرفیت حرارتی زیاد (خازن)، از مصالح و با ضخامتی ساخته شود که سقف دارای ضریب انتقال انرژی ۱/۰۲ تا ۱/۲۲ c۲w/m و دیوارها ۰/۸۵ تا ۱/۵ c۲w/m باشد. استفاده از رنگ روشن برای بام ضروری است. رنگ تیره برای دیوارهای جنوبی، شرقی و غربی به شرط تأمین سایه در مواقع گرم، بلامانع است. بافت سطوح خارجی باید زبر و ناهموار باشد. از عایق رطوبتی باید در جداره‌های زیرزمین و پشت‌بام و از پوشش‌های مقاوم رطوبت در سطوح داخلی جداره‌ها بهره گرفت. قسمت پایین جداره‌های خارجی که در تماس با زمین قرار دارد، حداقل تا ارتفاع متعارف برف منطقه باید با مصالح نفوذناپذیر در مقابل رطوبت ساخته شود (طاهباز و جلیلیان، ۱۳۸۴).

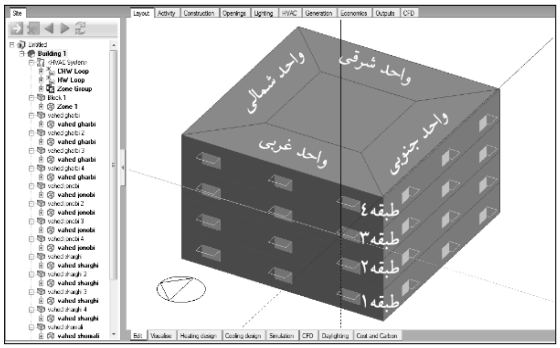


ت۱. جزئیات اجرایی نماهای متداول در شهر تهران؛ منبع: سازمان برنامه‌وبودجه ایران، ۱۳۹۵؛ سازمان برنامه‌وبودجه ایران، (۱۳۸۵)

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

روش تحقیق

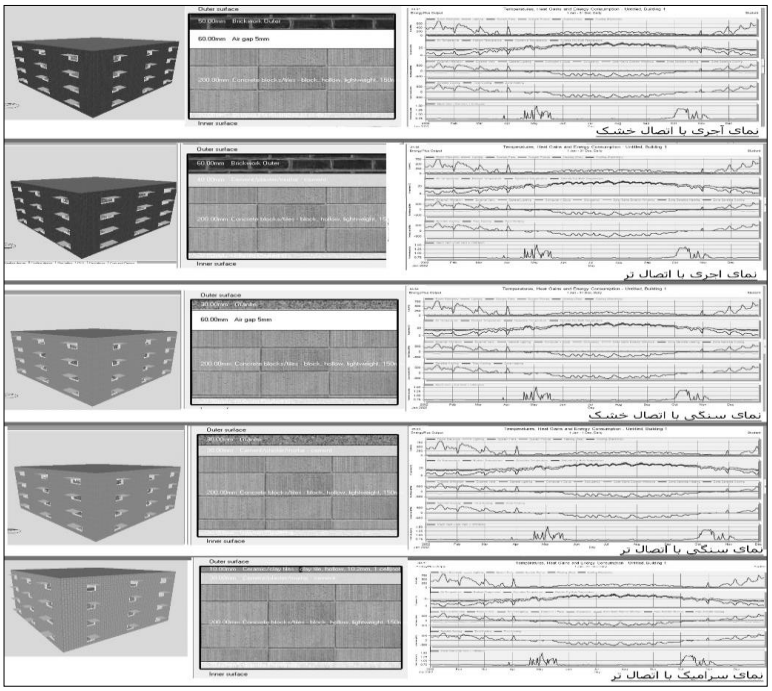
این پژوهش به لحاظ نوع تحقیق کاربردی است و در رابطه با داده‌های موردبررسی و خروجی پژوهش، کمّی است. متغیرهای مستقل پژوهش انواع نماهای ساختمانی و روش‌های اجرای آن‌ها است و متغیر وابسته بار گرمایش، سرمایش و مجموع بار گرمایشی و سرمایشی مدل‌های ساختمان‌های مسکونی موردمطالعه است. مدل ساخته‌شده شامل ۴ زون ۷۰ مترمربعی در جهات رو به شمال، جنوب، شرق و غرب و در چهار طبقه است. کاربری هر زون مسکونی با سیستم پکیج و سیستم سرمایش کولر در نظر گرفته شده است (تصویر شماره ۲).



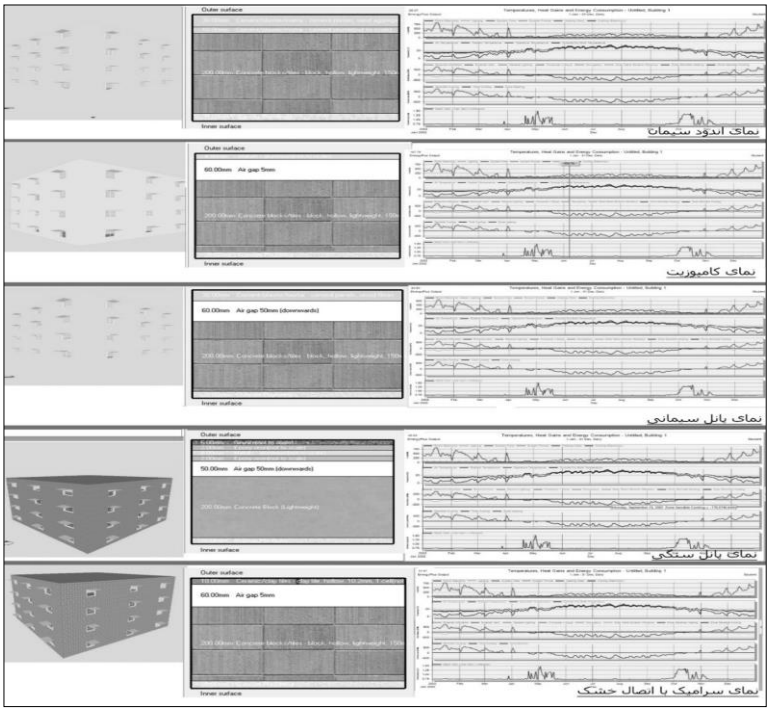
ت۲. مدل‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

شبیه‌سازی رایانه‌ای ابزار اصلی در این پژوهش است. به این منظور از نرم‌افزار دیزاین بیلدر جهت تحلیل‌های حرارتی استفاده شده است. ازآنجاکه تمامی این تحلیل ها بر پایه اطلاعات اقلیمی انجام می‌گردد، اطلاعات اقلیمی در قالب فایل اطلاعات آب و هوایی، از نرم‌افزار متونورم استخراج شده و در نرم‌افزار کلایمیت کنسولتنت تحلیل شده است. دیزاین بیلدر از موتور انرژی پلاس جهت تحلیل‌های حرارتی ساختمان استفاده می‌کند. پژوهش‌های میدانی متعددی دقت و کارایی بالای این نرم‌افزار را در شبیه‌سازی ساختمان نشان داده است (Eskin & Turkmen, 2008). دقت این نرم‌افزار در مقایسه با مقادیر به‌دست‌آمده از پژوهش های میدانی، حداکثر ۱۳± درصد تفاوت داشته است که مقدار قابل قبولی است (Neto & Fiorelli, 2008). مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس با استفاده از مقایسه نتایج مدل‌سازی با سری زیادی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی با کیفیت بالا توسط لابراتوری ملی اواک ریگ اعتبارسنجی شده است. اعتبارسنجی مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم افزار انرژی پلاس همچنین با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری‌شده توسط لابراتوری علوم ساختمانی در مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا انجام شده است (Lixing Gu, 2007). باتوجه‌به انواع پوشش‌های متداول به‌کاررفته در نما در محدوده موردمطالعه و جزئیات اجرایی این نماها، به‌منظور ارزیابی عملکرد حرارتی این نماها و انتخاب نمای بهینه، تأثیر استفاده از مصالح مختلف در نمای ساختمان در دمای تابشی سطوح و بار سالانه سرمایش، و مجموع بار حرارتی ساختمان، شبیه‌سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار دیزاین بیلدر ورژن ۵,۰۱، در طول یک سال با در نظر گرفتن فایل اطلاعات اقلیمی مناطق جنوب، شرق و غرب تهران که از سرور انرژی پلاس و ایستگاه‌های هواشناسی مرتبط دریافت شده است، در ۱۳ حالت به شرح زیر انجام شده است: نماهای کامپوزیت فلزی، سرامیک با روش اتصال خشک، سرامیک با روش اتصال چسبیده، سیمانی، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال خشک، آجری با روش اتصال چسبیده، سنگی با روش اتصال خشک (سنگ گرانیت، مرمر، کوارتزیت و ماسه‌سنگ)، سنگی با روش اتصال چسبیده. به این منظور، جنس دیوار پشتیبان در تمامی حالات بلوک سیمانی سبک در نظر گرفته شده است. تصاویر شماره ۳ و ۴، مدل‌سازی انجام‌شده و نتایج شبیه‌سازی را برای نماهای مختلف نشان می‌دهد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]



ت۴. جزئیات مدل‌سازی و نتایج مربوط به شبیه‌سازی عملکرد حرارتی نمای سیمانی، کامپوزیت، پانل سیمانی، پانل سنگی و سرامیکی با اتصال خشک



ت۳. جزئیات مدل‌سازی و نتایج مربوط به شبیه‌سازی رایانه‌ای عملکرد حرارتی نمای آجری با اتصال خشک و تر، نمای سنگی با اتصال خشک و تر و نمای سرامیک با اتصال تر

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

یافته‌ها

باتوجه‌به نتایج حاصل از شبیه‌سازی رایانه‌ای، عملکرد حرارتی ۱۳ نوع نمای موردبررسی باتوجه‌به بار سرمایشی، بار گرمایشی و مجموع بار مصرف انرژی سالانه ارائه شده و نماها و نحوه اجرای بهینه نما باتوجه‌به ایجاد کمترین بار گرمایشی و سرمایشی در ساختمان، اولویت‌بندی شده است (تصاویر شماره ۵ و ۶). مقادیر نشان داده‌شده در تصویر برحسب گیگا ژول است (۱ GJ = ۲۷۷,۷۷۷۷۷۷۷۷۷۸ kWh).



اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای جنوبی با توجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار گرمایشی سالانه واحد های جنوبی (GJ)
۱.نمای آجری با روش اتصال خشک	۲۹.۰۲
۲.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۳۰.۷۹
۳.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۳۱.۴۹
٤.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۳۱.٦٥
٥.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۱.۷۰
٦.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	۳۱.۹٥
۷.نمای کامپوزیت فلزی	۳۲.۰٦
۸.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۳۲.۱٥
۹. نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	۳۲.۲۱
۱۰.نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۲.٦٦
۱۱.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۳٥.٥٤
۱۲.نمای سیمانی	۳٥.۷۲
۱۳.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۳٥.۹۲

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای جنوبی با توجه به کاهش مجموع بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار سالیانه گرمایشی و سرمایشی واحد های جنوبی (GJ)
۱.نمای آجری با روش اتصال خشک	٦٦.۱۰
۲.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	٦٦.٥٤
۳.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	٦۸.۰۲
٤.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	٦۸.۱۷
٥.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	٦۸.۳۸
٦.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	٦۸.٤٤
۷.نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	٦۸.٥۱
۸.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	٦۸.۷٥
۹. نمای کامپوزیت فلزی	٦۹.٥۳
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	٦۹.۸۲
۱۱.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۷٤.۸۲
۱۲.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۷٥.۳۱
۱۳.نمای سیمانی	۷٥.٥۸

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای شمالی با توجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار گرمایشی سالانه واحد های شمالی (GJ)
۱. نمای آجری با روش اتصال خشک	٤۱.۸٤
۲. پانل های بتنی با روش اتصال خشک	٤۲.٦۲
۳. نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	٤۳.۹۲
٤. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	٤٤.۱٤
٥. نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	٤٤.۱۷
٦. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	٤٤.۳٦
۷. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	٤٤.۳۹
۸. نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	٤٤.٤۲
۹. نمای کامپوزیت فلزی	٤٤.۷٥
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	٤٥.٦۲
۱۱. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	٤۹.۹۱
۱۲. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	٥۰.۰٤
۱۳. نمای سیمانی	٥۰.۱۳

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای شمالی با توجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار سالیانه گرمایشی و سرمایشی واحد های شمالی (GJ)
۱.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۷۹.٥۲
۲.نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۹.٦۲
۳.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۸۱.۲۰
٤.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	۸۱.۳۳
٥.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۸۱.٥٦
٦.نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۸۱.٥٦
۷.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	۸۱.٦۳
۸.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۸۲.۰٥
۹. نمای کامپوزیت فلزی	۸۲.٥٤
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸٤.۱۷
۱۱.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۸۷.٥٤
۱۲.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۹.٥۳
۱۳.نمای سیمانی	۸۹.۸۲

ت۵. اولویت‌بندی نوع و نحوه اجرای بهینه نمای رو به جنوب و شمال باتوجه‌به ایجاد کمترین بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.22034/42.182.17]



اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای شرقی با توجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار گرمایشی سالانه واحد های شرقی (GJ)
۱.نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۶.۲۱
۲.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۳۷.۷۸
۳.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۸.۶۴
٤.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۳۸.۸۰
٥.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	۳۸.۸۹
٦.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۳۹.۱۰
۷.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	۳۹.۱٤
۸.نمای کامپوزیت‌فلزی	۳۹.۳٤
۹ .نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۹.۵۲
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۳۹.۵۵
۱۱.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	٤۳.۹٤
۱۲.نمای سیمانی	٤٤.۱٦
۱۳.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	٤٤.۲۳

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای شرقی با توجه به کاهش مجموع بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار سالیانه گرمایشی و سرمایشی واحد های شرقی (GJ)
۱.نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷.٦۷
۲.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۷۹.۰۰
۳.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	۷۹.۱۳
٤.نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۷۹.۳۳
٥.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۷۹.۳٦
٦.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	۷۹.٤٤
۷.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۷۹.۸٤
۸.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۷۹.۸۷
۹ .نمای کامپوزیت‌فلزی	۸۰.۷۵
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۲.۵۷
۱۱.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۸۷.٤۲
۱۲.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۷.۹۸
۱۳.نمای سیمانی	۸۸

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای شرقی با توجه به کاهش بار سرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار سرمایشی واحد های شرقی (GJ)
۱.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۳۹.٦۷
۲.نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۳۹.۸۱
۳.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	٤۰.۲٤
٤.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	٤۰.۲٥
٥.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	٤۰.۳۰
٦.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	٤۰.۳٦
۷.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	٤۱.۰٤
۸.نمای کامپوزیت‌فلزی	٤۱.٤۱
۹ .نمای آجری با روش اتصال خشک	٤۱.٤٦
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	٤۳.۰۲
۱۱.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	٤۳.۲۰
۱۲.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	٤٤.۰٤
۱۳.نمای سیمانی	٤٤.۱۱

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای غربی با توجه به کاهش بار گرمایشی ساختمان

نوع‌نما	مجموع بار گرمایشی سالانه واحد های غربی (GJ)
۱.نمای آجری با روش اتصال خشک	۳۷.۵۲
۲.پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۳۸.٦۰
۳.نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۳۹.۹۳
٤.نمای سرامیک با روش اتصال خشک	٤۰.۰۷
٥.نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	٤۰.۱۸
٦.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	٤۰.٤۲
۷.نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	٤۰.٤۷
۸.نمای کامپوزیت‌فلزی	٤۰.٦۸
۹ .نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	٤۰.۷۸
۱۰.نمای آجری با روش اتصال چسبیده	٤۱.۲۱
۱۱.نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	٤٥.۷۸
۱۲.نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	٤٦
۱۳.نمای سیمانی	٤٦.۰۲

اولویت های انتخاب مصالح نما در نماهای غربی با توجه به کاهش مجموع بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

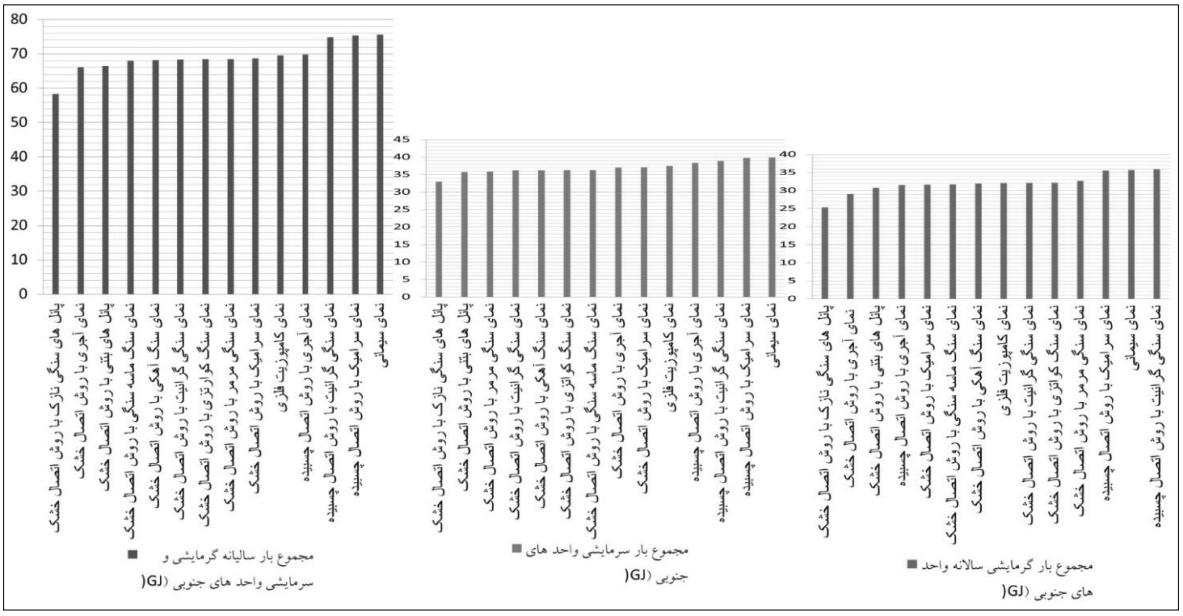
نوع‌نما	مجموع بار سالیانه گرمایشی و سرمایشی واحد های غربی (GJ)
۱. پانل های بتنی با روش اتصال خشک	۷٦.۷۷
۲. نمای آجری با روش اتصال خشک	۷۷.۲۲
۳. نمای سنگ ماسه سنگی با روش اتصال خشک	۷۸.۷٤
٤. نمای سنگ آهکی با روش اتصال خشک	۷۸.۹۰
٥. نمای سنگی مرمر با روش اتصال خشک	۷۹.۱٤
٦. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال خشک	۷۹.۱۷
۷. نمای سنگ کوارتزی با روش اتصال خشک	۷۹.۲٥
۸. نمای سرامیک با روش اتصال خشک	۷۹.٦٥
۹. نمای کامپوزیت‌فلزی	۸۰.٦۳
۱۰. نمای آجری با روش اتصال چسبیده	۸۲.۲٤
۱۱. نمای سنگی گرانیت با روش اتصال چسبیده	۸۷.۵٤
۱۲. نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده	۸۸.۱٤
۱۳. نمای سیمانی	۸۸.٤۹

ت۶. اولویت‌بندی نوع و نحوه اجرای بهینه نمای رو به شرق و غرب باتوجه‌به ایجاد کمترین بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان

در واحدهای رو به جنوب، به ترتیب، کمترین بار گرمایشی مربوط به نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای آجری با روش اتصال چسبیده است و نماهای سنگی با روش اتصال چسبیده بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نماهای سیمانی و نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نحوه اتصال و اجرای نما تأثیر قابل‌توجهی در بار گرمایشی ساختمان دارد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در نماهای با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۲ درصد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

در بار گرمایشی و ۳/۵ تا ۷/۵ درصد در بار سرمایشی ساختمان‌های رو به جنوب صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. کمترین بار کلی انرژی مربوط به نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی عملکرد بهتری از نماهای سنگی، سرامیکی و آجری با روش اتصال چسبیده دارد، ولی عملکرد همین نماها با روش اتصال خشک بهتر از نماهای کامپوزیت فلزی است. تصویر شماره ۷، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به جنوب با انواع مختلف نماسازی را نشان می‌دهد.

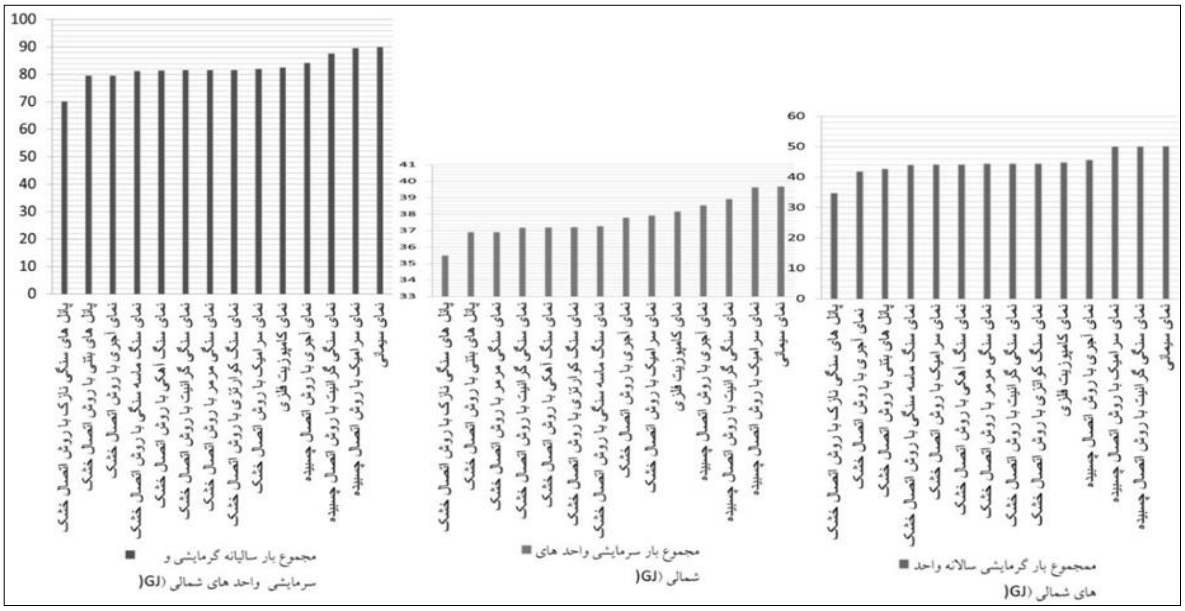


ت۷. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به جنوب با انواع مختلف نماسازی

در واحدهای رو به شمال، نماهای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ ماسه‌سنگی با روش اتصال خشک به ترتیب کمترین بار گرمایشی و نمای سیمانی، نماهای سنگی با روش اتصال چسبیده، نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده، نمای آجری با روش اتصال چسبیده و نمای کامپوزیت فلزی به ترتیب بیشترین بار گرمایشی را داشته‌اند. در نماهای با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک ۱۲ تا ۱۳ درصد در نمای شمال نسبت به اجرای نما به‌صورت چسبیده و با ملات، در بار گرمایشی و ۳/۵ تا ۴/۵ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. در واحدهای رو به شمال کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. کمترین بار کلی انرژی مربوط

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

بـه واحـدهای بـا نمـای آجـری بـا روش اتصـال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهـای سنگی با روش اتصال خشـک اسـت. نماهـای سـیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعـدازآن نماهـای سـرامیکی، سـنگی و آجـری بـا روش اتصـال چسـبیده عملکـرد حرارتی نامناسبی دارند. نمای کامپوزیت فلزی عملکـرد بهتری از نماهای سـنگی، سـرامیکی و آجـری بـا روش اتصال چسبیده دارد ولی عملکرد همین نماهـا بـا روش اتصال خشک بهتر از نماهای کامپوزیـت فلـزی اسـت. تصـویر شـماره ۸، مقایسـه انـرژی مصـرفی در ساختمان‌های رو به شمال با انواع مختلـف نماسـازی را نشان می‌دهد.



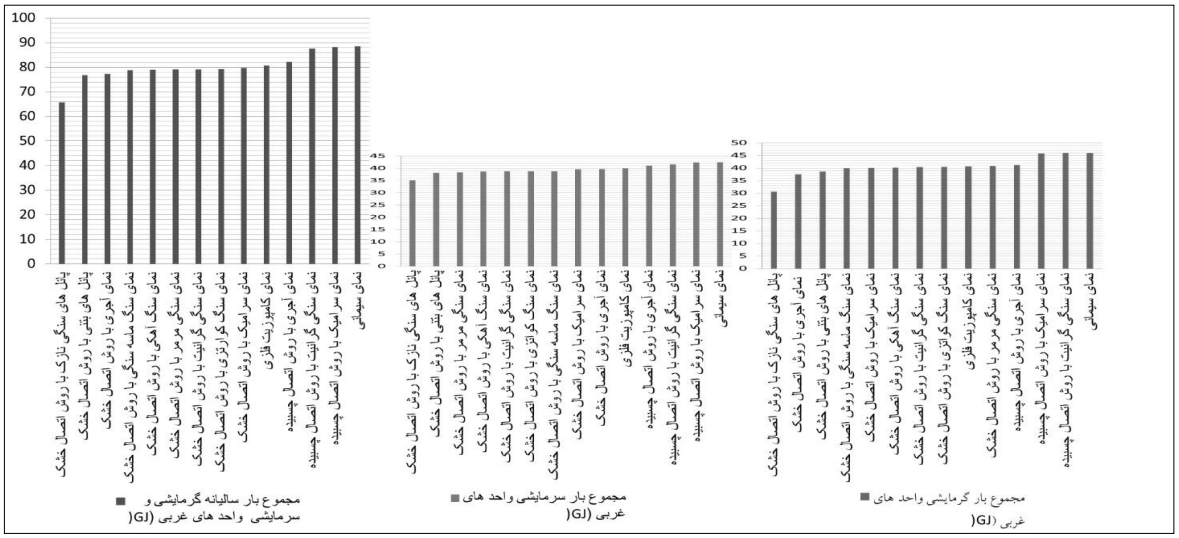
ت۸. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شمال با انواع مختلف نماسازی

بهترین جـنس نمـا بـه‌منظـور کـاهش بـار گرمایشـی ساختمان در واحدها و جداره‌های رو به غرب، نماهـای آجری با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنـی بـا روش اتصال خشک است. در این رابطـه نامناسـب‌تـرین نمـا، نمای سیمانی است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهـد کـه در نماهای با مصالح یکسان، اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۴ درصد در نماهای غربـی نسـبت بـه اجـرای نمـا به‌صورت چسبیده و با مـلات، در بـار گرمایشـی و ۳/۵ تا۷ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. بهترین جنس نما به‌منظور کاهش بار سرمایشـی ساختمان در واحدها و جداره‌های رو بـه غـرب، نمـای پانل بتنی و نماهای سنگی با رنگ روشن (ماننـد سـنگ مرمری) با روش اتصـال خشـک اسـت. در ایـن رابطـه نامناسب‌ترین نما، نمای سیمانی است. بهترین جنس نما به‌منظور کاهش بار کلی انرژی سـاختمان در واحـدها و جداره‌های رو به غرب، پانل‌های بتنـی بـا روش اتصـال خشک، نمای آجری با روش اتصال خشـک و نماهـای سنگی با روش اتصـال خشـک هسـتند. در ایـن رابطـه نامناسب‌ترین نمـا، نمـای سـیمانی و نماهـای سـنگی و سیمانی با روش اتصال با ملات است. تصویر شماره ۹، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به غـرب بـا انواع مختلف نماسازی را نشان می‌دهد.

در واحدهای رو به شرق نمای آجری با روش اتصـال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصـال خشـک و نمـای

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

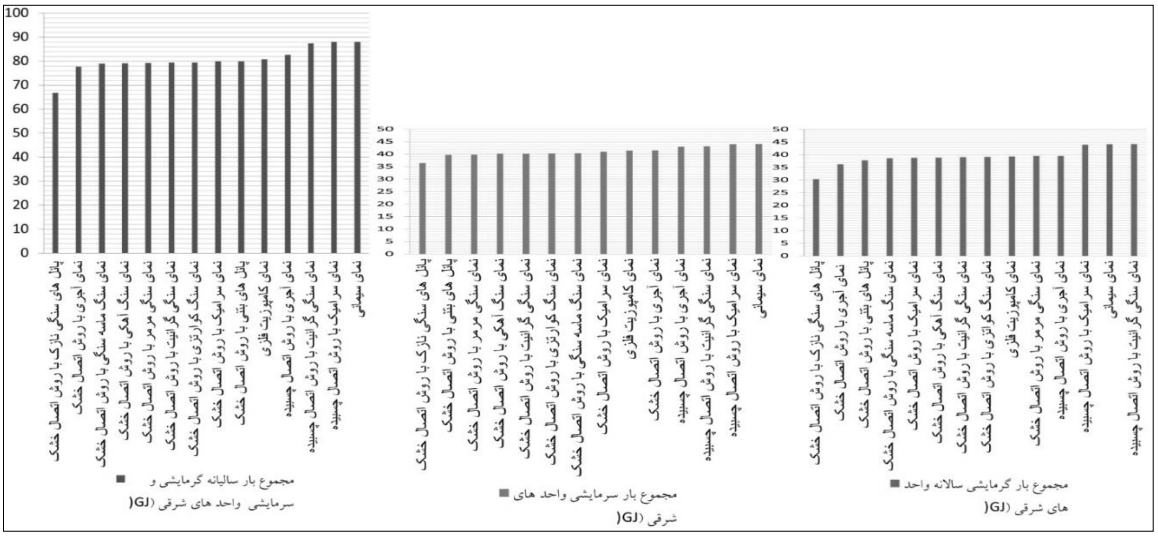
سنگ ماسه‌سنگی با روش اتصال خشک به ترتیب کمترین بار گرمایشی و نماهای سنگی با روش اتصال چسبیده، نمای سیمانی، نمای سرامیک با روش اتصال چسبیده، نمای آجری با روش اتصال چسبیده و نمای کامپوزیت فلزی به ترتیب بیشترین بار گرمایشی را دارند. اجرای نما با اتصال خشک تا ۱۴ درصد در نماهای شرقی نسبت به اجرای نما به‌صورت چسبیده و با ملات، در بار گرمایشی و ۴ تا ۷ درصد در بار سرمایشی ساختمان صرفه‌جویی ایجاد می‌کند. در واحدهای رو به شرق، به ترتیب، کمترین بار سرمایشی مربوط به پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نمای سنگ با رنگ روشن با روش اتصال چسبیده است و نماهای سیمانی بدترین عملکرد را دارد و بعدازآن نماهای سرامیکی، سنگی و آجری با روش اتصال چسبیده عملکرد حرارتی نامناسبی دارند. در واحدهای رو به شرق ترتیب نماها در کاهش بار کلی انرژی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، نماهای سنگی با روش اتصال خشک، نمای سرامیک با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک است. میزان مصرف انرژی نماهای سنگی، سرامیکی و بتنی با روش اتصال خشک در واحدهای رو به شرق به هم نزدیک است. در این واحدها نماهای سیمانی، سرامیک و سنگ با روش اتصال چسبیده به ترتیب بدترین عملکرد را دارند. تصویر شماره ۱۰، مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شرق با انواع مختلف نماسازی را نشان می‌دهد.



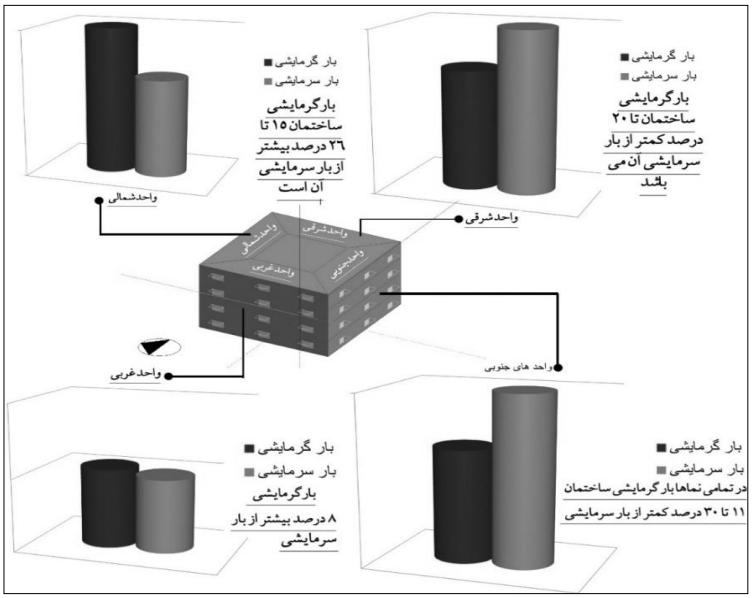
ت ۹. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به غرب با انواع مختلف نماسازی

باتوجه‌به نتایج ارائه‌شده در تصاویر شماره ۴ و ۵، در واحدهای رو به غرب، به‌طورکلی بار گرمایشی ساختمان تا ۸ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. بااین‌وجود در واحدهای با نمای آجری با روش اتصال خشک بار سرمایشی بیشتر از بار گرمایشی بوده است. در واحدهای رو به جنوب، در تمامی نماها بار گرمایشی ساختمان ۱۱ تا ۳۰ درصد کمتر از بار سرمایشی آن است. در واحدهای رو به شمال، به‌طورکلی بار گرمایشی ساختمان ۱۵ تا ۲۶ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. در واحدهای رو به شرق، به‌طورکلی بار گرمایشی ساختمان تا ۲۰ درصد کمتر از بار سرمایشی آن است. تنها در نماهای سیمانی، بار سرمایشی اندکی کمتر از گرمایشی است (تصویر شماره ۱۱).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]



ت ۱۰. مقایسه انرژی مصرفی در ساختمان‌های رو به شرق با انواع مختلف نماسازی

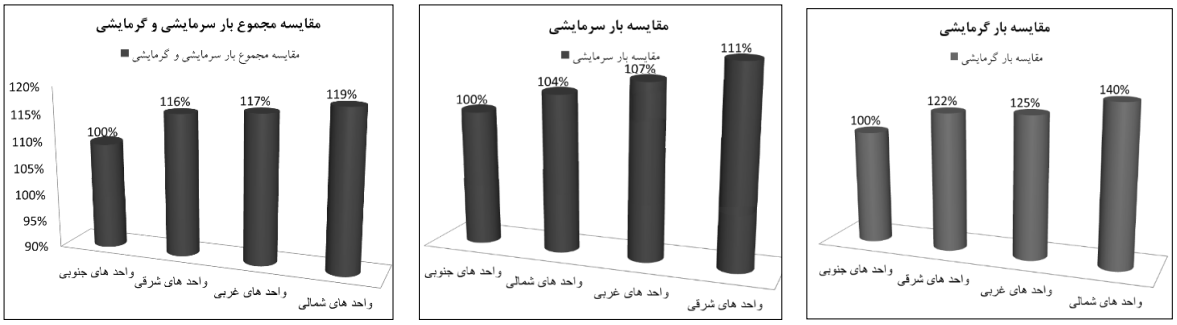


ت ۱۱. مقایسه نسبت بار گرمایشی به سرمایشی در نماهای مختلف

نتایج شبیه‌سازی در نماهای مختلف نشان می‌دهد که به‌طورکلی، بار گرمایشی ساختمان در واحد شمالی ۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۲۰ تا ۲۵ درصد و در واحدهای شرقی ۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. بنابراین بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار گرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرق، غرب و شمالی است. بار سرمایشی ساختمان در واحد جنوبی کمتر از سایر جهات است. در واحدهای رو به شمال باتوجه‌به نوع نما بار سرمایشی ساختمان ۰/۵ تا ۷/۵ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

در واحدهای غربی ۶/۵ تا ۷ درصد و در واحدهای شرقی ۱۰/۵ تا ۱۱ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. بنابراین بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار سرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شمال، غرب و شرقی است. در واحدهای رو به شمال باتوجه‌به نوع نما، مجموع بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان ۱۸ تا ۲۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی است. این درصد در واحدهای غربی ۱۵ تا ۱۷ درصد و در واحدهای شرقی حدود ۱۶ درصد بیشتر از واحد جنوبی است. بنابراین بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرقی، غربی و شمالی است (تصویر شماره ۱۲). در این رابطه در نظر گرفتن ضریب انتقال انرژی متفاوت و متناسب در نماهای رو به جهت‌های مختلف ضروری است.



ت۱۲. مقایسه جداگانه بار گرمایشی، سرمایشی و مجموع بار سرمایشی و گرمایشی در نماهای مختلف

نتیجه

نتایج این پژوهش که به‌منظور انتخاب جنس و نحوه اجرای مصالح مناسب در نمای ساختمان‌های مسکونی در تهران، در میان مصالح متداول و نیز ارزیابی تأثیر جهت‌گیری ساختمان بر میزان بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان‌های مسکونی انجام شده است، نشان می‌دهد که بار گرمایشی ساختمان‌های مسکونی در تهران نسبت به بار سرمایشی در واحدهای غربی و شمالی و بار سرمایشی ساختمان نسبت به بار گرمایشی در واحدهای جنوبی و شرقی بیشتر است. این موضوع می‌تواند در انتخاب جهت‌گیری ساختمان‌ها باتوجه‌به نوع کاربری آن (برای مثال کاربری‌هایی که بیشتر در روز فعال هستند و در بیشتر زمان‌ها انرژی گرمایشی کمتری نسبت به کاربری‌هایی که شبانه‌روز فعال هستند، نیاز دارند) تأثیرگذار باشد. در این رابطه بار گرمایشی در واحدهای رو به غرب، ۸ درصد و در واحدهای رو به شمال ۱۵ تا ۲۶ درصد بیشتر از بار سرمایشی آن است. در واحدهای رو به جنوب، بار گرمایشی ساختمان ۱۱ تا ۳۰ درصد و در واحدهای رو به شرق، بار گرمایشی ساختمان تا ۲۰ درصد کمتر از بار سرمایشی آن است. مقایسه بار گرمایشی در واحدهای جنوبی، شمالی، شرقی و غربی نشان می‌دهد که بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار گرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرق (۱۹ تا ۲۲ درصد بیشتر از واحد جنوبی)، غرب (۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) و شمالی (۳۰ تا ۴۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی) است. بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش بار سرمایشی ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شمال (۰/۵ تا ۷/۵ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی)، غرب (۶/۵ تا ۷ درصد بیشتر از واحد جنوبی) و شرقی (۱۰/۵ تا ۱۱

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.22034/42.182.17]

درصد بیشتر از واحد جنوبی) است. به‌طورکلی (مجموع بار سرمایش و گرمایش) بهترین جهت‌گیری ساختمان در شهر تهران جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان به ترتیب واحدهای رو به جنوب، شرقی (حدود ۱۶ درصد بیشتر از واحد جنوبی)، غربی (۱۵ تا ۱۷ درصد بیشتر از واحدهای جنوبی) و شمالی (۱۸ تا ۲۰ درصد در نماهای مختلف بیشتر از واحد جنوبی) است. اولویت‌های انتخاب مصالح نما و نحوه اجرا در نماهای جنوبی باتوجه‌به کاهش مجموع بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. در واحدهای رو به شمال، این ترتیب شامل نمای آجری با روش اتصال خشک، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک و نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. بهترین جنس نما به‌منظور کاهش بار کلی انرژی ساختمان در واحدها و جداره‌های رو به غرب، پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک، نمای آجری با روش اتصال خشک نماهای سنگی با روش اتصال خشک است. در واحدهای رو به شرق ترتیب نماها در کاهش بار کلی انرژی ساختمان، نمای آجری با روش اتصال خشک، نماهای سنگی با روش اتصال خشک، نمای سرامیک با روش اتصال خشک و پانل‌های بتنی با روش اتصال خشک است.

پی‌نوشت

1. Lindberg
2. Badescu & Staicovici
3. Prager
4. Lobaccaro
5. Susorova

فهرست منابع

- بهیار، محمد باقر؛ پرونده خوزانی، اکرم؛ باقری، اعظم. (۱۳۸۱). بررسی نقش عوامل جوی در انتخاب نوع مصالح ساختمان جهت استفاده بهینه از انرژی، *دومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان*، تهران.
- ذوالفقاری، سید علیرضا. (۱۳۹۳). واکاوی الزامات و قیود بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان. *دو فصلنامه علمی- تخصصی انرژی‌های تجدید پذیر و نو*. شماره اول.
- سازمان برنامه‌وبودجه ایران. (۱۳۸۵). *مقررات و معیارهای طراحی و اجرایی جزئیات تیپ ساختمانی*، نشریه شماره ۱۶۷. تهران: معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله.
- سازمان برنامه‌وبودجه ایران. (۱۳۹۵). *دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها ضابطه شماره ۷۱۴*. تهران: سازمان مجری ساختمان‌های دولتی و عمومی معاونت برنامه‌ریزی و مهندسی.
- سبزپوشانی، مجید؛ خراسانی زاده، حسین؛ شیخ‌زاده، قنبرعلی. (۱۳۸۵). بررسی تأثیر جهت‌گیری، جنس و رنگ جداره بیرونی ساختمان بر حرارت اکتسابی از خورشید، *پنجمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان*، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، http://www.civilica.com/Paper-CECB05-CECB05_016.html
- شریفی، مهدی؛ قبادیان، وحید. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی پوسته‌های ساختمان‌ها بر زمان تأخیر و ضریب کاهش انتقال حرارت (نمونه موردی: ساختمان‌های بلندمرتبه شهر همدان). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، دوره نوزدهم، ویژه‌نامه شماره ۴.
- طاهباز، منصوره؛ جلیلیان، شهربانو. (۱۳۸۴). نقش جداره‌های ساختمان در تأمین آسایش حرارتی ساکنین و کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، *چهارمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان*، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، http://www.civilica.com/Paper-CECB04-CECB04_43.html.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۷۲). *پهنه‌بندی اقلیمی ایران: مسکن و محیط‌های مسکونی*. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ ۱.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۱). *اقلیم و معماری*. تهران: شرکت سرمایه‌گذاری خانه‌سازی ایران.
- هالگر کوخ، نیلسن. (۱۳۸۵). *تهویه طبیعی*. ترجمه محمد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.22034/42.182.17]

احمدی‌نژاد، اصفهان: نشر خاک.
– وزارت مسکن و شهرسازی. (۱۳۸۸). *مقررات ملّی ساختمان ایران مبحث نوزدهم «صرفه‌جویی در مصرف انرژی»*. تهران: دفتر امور مقررات ملّی ساختمان.
– وزارت نیرو. (۱۳۸۵). *ترازنامه انرژی ایران سال ۱۳۸۳*. معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.
– وزارت نیرو. (۱۳۹۲). *ترازنامه انرژی ایران سال ۱۳۹۱*. معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.
– وزارت نیرو. (۱۳۹۶). *ترازنامه انرژی ایران سال ۱۳۹۴*. معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.
– زینلی، آذر؛ نیک قدم، نیلوفر؛ مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۴۰۰). راهکارهای معماری جهت کاهش انرژی نهفته در اجرای ساختمان مسکونی در بندرعباس. *مسکن و محیط روستا*. ۴۰ (۱۷۶) :۱۱۴–۱۰۳.

- Abanda, F.H., Byers, L. (2016). An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). Energy, 97, 517e.527
- Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., Moghtaderi, B. (2018). The Significance of the Orientation on the Overall buildings Thermal Performance-Case Study in Australia. Energy Procedia, Vol 152, 377-372
- Badescu, V. and Staicovici, M.D. (2006). "Renewable energy for passive house heating: Model of active solar heating sysyem", Energy and Buildings, Vol. 38, PP. .141-129
- Eskin, N.; Turkmen, H. (2008), "Analysis of Annual Heating and C0ooling Energy Requirements for Office Buildings in Different Climates in Turkey", Journal of Energy and Building, vol.40, pp .773-763
- Jamal Jalal, Sh., Bani, R. (2017). Orientation modeling of high-rise buildings for optimizing exposure/transfer of insolation, case study of Sulaimani, Iraq. Energy for Sustainable Development, 41, 157–.164
- Lindberg, R., Binamu, A. and Teikari, M. (2004). "Five-year data of measured weather, energy consumption, and time-dependent temperature varioations whithin different exterior wall structures", Energy and Buildings, Vol. 36, PP. .501-495
- Lixing, G. (2007). Airflow Network Modeling in EnergyPlus, Conference Proceedings 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition on September 6-3, in Beijing, China.
- Lobaccaro, G., Fiorito, F., Masera, G. and Poli, T. 2012. "District geometry simulation: a study for the optimization of solar facaded in urban canopy layers", Energy Procedia, Vol. 30, PP. .1172-1163
- Neto. Av; Fiorelli. F, (2008), "Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption", Journal of Energy and Building, vol..40
- Prager, C., Kohl, M., Heck, M. and Herkel, S. (2006). "The influence of the IR reflection of painted facades on the energy balance of a building", Energy and Buildings, Vol. 38, PP. .1379-1369
- Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P. and Stephens, B. (2013). "A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance", Building and Environment, Vol. 67, PP. .13-1
- Usta, P., & Zengin, B. (2021). The Energy Impact of Building Materials in Residential Buildings in Turkey. Materials (Basel, Switzerland), 14(11), 2793. https://doi.org/10.3390/ma14112793

DOI: 10.22034/42.182.17

[Downloaded from jhre.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.22034/42.182.17]