فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ٤، پائیز ١٤٠١
صص: ٧٩٢-٧٧٢

تبیین و تحلیل معماری سازه در راستای بهینه سازی انرژی نهفته ساختمان در جغرافیای شهر تهران

آرین مظفری نژاد
دانشجوی دکتری معماری، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران
سید مجید مفیدی شمیرانی[1]
استادیار معماری، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران
ریما فیاض
دانشیار معماری، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران
تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۵

چکیده
طی تحقیقات گذشته مشخص شده که انرژی نهفتهٔ ساختمان در کشورهای در حال توسعه دو برابر کشورهای توسعه یافته است.لذا اهمیت بهینه سازی انرژی نهفته بیش از پیش هویدا می گردد.مسئلهٔ مهم این است که چگونه میتوان سازه یک ساختمان را با توجه به انرژی نهفته آن طراحی نمود؟ هدف این پژوهش ارائه راهکاری است تا بتوان در مراحل مختلف طراحی سازه، به کمترین سطوح انرژی نهفته در اسکلت ساختمان دست یافت.در این مقاله ابتدا به کلیات مبحث پرداخته شده و مبانی نظری بحث مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.سپس روش تحقیق شرح داده شده و نتایج و تفاسیر آن ها ارائه شده است.در این مقاله، برای محاسبه انرژی نهفته اسکلت ساختمان، تاثیر عوامل مختلف مانند: ابعاد مقطع اعضای سازه، مصالح مورد استفاده در بتن و نوع فولاد مصرفی مورد بررسی قرار گرفته است.بدین منظور یک ساختمان با پلان مشخص، در ابعاد مختلف اعضای خمشی، در ۸۱ مدل جداگانه بوسیلهٔ نرم افزار طراحی شده و براساس اطلاعات خروجی، سعی شده است تا با ارائهٔ راهکارهایی نسبتا ساده در طراحی سازه، کمترین مقدار انرژی نهفته اسکلت به دست آید.همچنین پس از شناخت و ارائهٔ راهکارها، مقادیر صرفه جویی انرژی متناظر هر راهکار محاسبه و میزان کاهش مصرف حامل های انرژی در کل کشور برآورد شده است.نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که در یک سازهٔ ساختمان می توان با انتخاب مناسب ابعاد اعضا و نسبت فوالد و بتن در مقطع، انرژی نهفته اسکلت ساختمان را کاهش داد.

کلیدواژگان: انرژی نهفته، طراحی سازه، بهینه سازی، صرفه جویی در مصرف انرژی

[1]. نویسنده مسئول: majid_mofididshemirani1@yahoo.com

مقدمه

طی دهه گذشته محیط زیست به نگرانی اصلی جوامع بشری تبدیل شده است. صنعت ساختمان یکی از بزرگترین مصرف کننده مصالح و برداشت کننده مواد از زمین و در عین حال بزرگترین تولید کننده زواید، نخاله و زباله هایی است که به محیط زیست وارد می شوند. بتن و فولاد به عنوان مادۀ ساختمانی قرن پر مصرفترین مصالح ساختمانی می باشد و از دیدگاه حفظ محیط زیست، جا دارد که تولید و مصرف آنها و مواد متشکله آنها و تعامل آنها با محیط زیست در طول عمر مفید ساختمان و بالاخره چگونگی تخریب بتن و فولاد و بازگشت مواد حاصل از تخریب آنها به طبیعت و محیط مورد بررسی قرار گیرند(گلزاده و همکاران،۱۳۹۴).

لذا برای بررسی عملکرد زیست محیطی بتن و فولاد باید مساله تولید و مصرف آنها، منابع مورد استفاده قرار گرفته، مواد افزودنی و مواد حاصل از تخریب این نوع سازه ها و اثرهای فیزیکی و شیمایی مثبت و منفی هر یک از آنها بر محیط زیست، از جمله مواد آلاینده ای که وارد جو زمین، خاک و آب می شوند، حفاظتی که برای تداوم زندگی انسان بر روی کره زمین فراهم می کنند و امکانات رفاهی که برای زیست، کار و بالندگی انسان ایجاد می نمایند، مورد مطالعه قرار گیرند(فروزان و همکاران، ۱۳۹۵) مصرف انرژی در سطح جهان به شکل روزافزونی در حال افزایش است. از بین رفتن منابع انرژی و آثار مخرب محیط زیست مانند گرم شدن زمین، تخریب لایه اوزون از چالش های جدی امروزه است که یکی از عوامل آن افزایش مصرف سوخت های فسیلی و در نتیجه آن تولید گاز دی اکسید کربن می‌باشد. حال در تولید گاز دی اکسید کربن بخش ساختمان در مقایسه با سایر بخش ها نقش قابل توجه‌تری دارد و با سهمی حدود ۴۰ درصد مصرف انرژی، بزرگترین مصرف کننده ی انرژی در کشورها به حساب می‌رود.

در واقع انرژی نهفته بخش اصلی از انرژی کل تولیدی هر محصول بوده و مانند تمامی محصولات بخش ساختمان و ملحقات مهم آن نیز خارج از این تعاریف نیست (ممقانی قاضی جهانی و همکاران، ۱۳۹۵).یکی از دانشمندان بیان می‌دارد انرژی نهفته انرژی است که برای تولید مصالح مصرف می‌شود. گانزالز بر این باورند که مواد و مصالح با انرژی نهفته بیشتر نتیجه فرآیندی هستند که طی آن انتشار گاز دی اکسید کربن بیشتر بوده است. مصالح با انرژی نهفته کمتر،دی اکسید کربن کمتری تولید می کنند(محمد مرادی و همکاران(۱۳۹۱). همچنین رابطه مستقیمی بین کاهش انرژی نهفته در ساختمان و کاهش مصرف سوخت های فسیلی که منجر به تولید دی اکسید کربن می‌گردد وجود دارد و این باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد(محسن علی شایانفر و همکاران، ۱۳۹۵).

روش تحقیق در این پژوهش ساختمان های بتنی براساس آیین نامه(2005)ACI 318-05 و ساختمان های فولادی بر اساس آیین نامه AISC-LRFD (2005) طراحی شده اند. در طراحی قاب ها، معیارSCWB که معیار کنترل کننده طراحی ستون ها است، رعایت شده و ضریب رفتار و ضریب بزرگ نمایی تغییر شکل برای قاب ها براساسIBC 2006 برای قاب های خمشی، برابر با ۸ در نظر گرفته شده است. همچنین در معرفی غیرخطی هندسی اعضای قاب اثرات $p-\Delta$ مربوط به اعضای ستون و نیز اثرات $P-\Delta$ مربوط به رفتار کلی قاب اعمال گردیده است. در این تحقیق، ستون ها به صورت بتن مسلح و در چهار مدلسازی جداگانه با ارتفاع های ۲/۷۵، ۳، ۳/۲۵ و ۳/۵ در نظر گرفته شده اند. بتن پوشش، که در خارج آرماتورهای برشی (خاموتها) قرار دارد، به صورت محصور نشده در نظر گرفته می شود و پس از رسیدن به مقاومت خردشدگی سریعاً شروع به خرد شدن می نماید. بتن هسته در تمامی جهات توسط آرماتورهای طولی و برشی محصور شده خواهد بود و در حالت شکل پذیری بیشتر قرار خواهد گرفت. برای مصالح بتنی مورد استفاده در مدلها، از بتن با مقاومت فشاری ۲۸ روزه معادل ۲۸ مگاپاسگال استفاده شده است. فولاد مورد استفاده در آرماتورهای بتن مسلح دارای حد تنش تسلیم معادل ۴۰۰ مگاپاسکال و حد تنش نهایی ۵۶۰ مگاپاسکال می باشد. مقاومت تسلیم مصالح فولاد یا بایستی از طریق مقادیر اندازه گیری شده از یک

آزمایش کشش یا به عنوان مقاومت تسلیم مورد انتظارRyFy ، به دست آمده باشد. پارامتر، Ry توسط توصیه های لرزه ای (2005)ACI 318-05 به عنوان نسبت مقاومت تسلیم مورد انتظار به مقاومت تسلیم اسمی تعریف گردیده و برای فولاد تیپ رده50 برابر(Fy=345 MPa) در نظر گرفته شده است.در ساختمان فولادی برای مصالح فولادی تیرها با توجه به زیاد بودن دهانه تیرها و در جهت کاهش ارتفاع، از فولاد St- 37 به عنوان مصالح اصلی در تیرهای فولادی استفاده گردیده است.این فولاد دارای حد تنش تسلیم معادل ۲۴۰۰ مگاپاسکال و حد تنش نهایی ۳۶۰۰ مگاپاسکال می باشد.

مبانی نظری

سارینا اصل فلاح در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان (ارزیابی حیات ساختمان های سبزبر اساس سطح انرژی مصالح ساختمانی) سال ۱۳۹۷ در دانشگاه البرزبیان کرده است (طراحی سبز علمی است برای حل مشکلات که طی آن منابع طبیعی قبل، بعد وطی پروسه تولید وساخت به کمترین حد آسیسب می بیند.(اصل فلاح و همکاران، ۱۳۹۶).

فاطمه یوسفی در نز دکترای در سال ۱۳۹۷خود در دانشگاه با عنوان (کمینه سازی مصرف انرژی طول عمر ساختما نهای مسکونی متدوال ایران با توجه به پارامترهای طراحی و روش ساخت) عنوان می کند که انرژی مراحل مختلف چرخه حیات آن برآورد شدBolden J.et al 2019). دستاوردهای این مطالعه حاکی از آن است که سهم انرژی نهفته اولیه ساختمان معادل ۱۳٪ از کل انرژی طول عمر آن می باشد و در محدوده متداول ارقام جهانی قرار دارد (یوسفی و قلی پور، ۱۳۹۷) .

کریم پور در تز دکترای خوددر سال ۱۳۹۴ تاثیر مولفه های طراحی معماری بر میزان مصرف انرژی در ساختمانهای مسکونی با استفاده از مدلهای شبیه سازی(مورد مطالعه: شهر تهران) را بررسی می کند(کریم پور، ۱۳۹۴).

در تحقیق انجا م شده توسط محمدمرادی و حسینی، تلاش شده تا با بررسی و اندازه‌گیری انواع انرژی‌های مصرفی در طول فرآیند ساخت، روشی کاربردی برای اندازه‌گیری عددی انرژی نهان واحد سطح تدوین گردیده و با ارائه راهکارهایی عملی مقدار این عدد تا حد ممکن کاهش یابد.(محمد مرادی و همکاران ۲۰۱۲).انرژی نهفته یک ساختمان از جمله پارامترهای اصلی در ارزیابی عملکرد زیست محیطی ساختمان هاست وارتقاء راندمان انرژی در بخش مسکونی مناطق شهری به بخش مهمی در دستیابی به توسعه پایدار تبدیل شده است.باتوجه به اینکه دلیل اصلی این پدیده انتشارگازهای گلخانه ای می باشد، ساختمانها حدود نیمی از این انتشار را موجب می شوند، لذابناهاباید طراحی تا اجرا و بهره برداری در جهت درک مفاهیم پایداری بنا و پایداری در معماری کوشش شود.مفیدی وهمکاران درتحقیق (انرژی نهفته بررسی تاریخچه وریشه های انرژی نهفته وارزیابی مفصل چرخه حیات ساختمان) جهت ارائه تقسیم بندی کامل از انرژی های مصرفی دراین چرخه در قالب انرژی نهفته وعملیاتی وارائه راهکاری جهت ایجادیک پایگاه دادهای قوی و پروتکل انرژی نهفته پرداخته اند(مفیدی شمیرانی و همکاران، ۱۳۹۴).

دینگ درسال ۲۰۰۴ پایان نامه دکترای خود این تحقیق فاز پایان عمر ساختمان بر اساس سازه آن مورد تحلیل قرار گرفته است .همچنین نوع سازه اصلی و عمده مورد استفاده در ساختمان ها ؛ یعنی سازه های فولادی، چوبی و بتنی مورد بررسی واقع شده اند.مقدار قابل توجهی انرژی مصرف شده در کره زمین دلیل اصلی عدم دستیابی به توسعه پایدار است (Ding, 2004) .

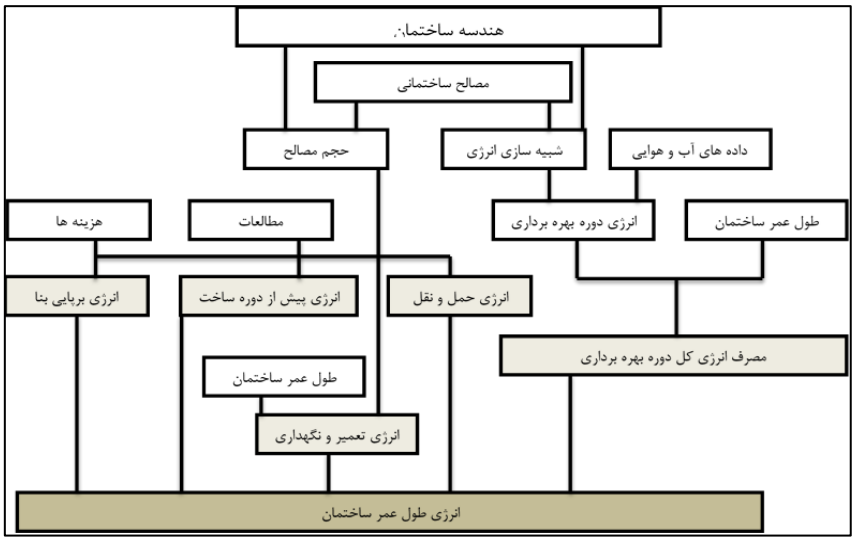
وقتی پایداری نیروی محرکه در ایجاد یک ساختمان است، مشخص کنندگان و معماران به دانش بیشتری نیاز دارند تا به آنها در تصمیم گیری در مورد انتخاب مصالح ساختمانی و نحوه استفاده از آنها کمک کنند.(جلیلی صدرآباد و همکاران، ۱۳۹۷) بخش ساختمان یکی از عوامل اصلی در مصرف مجدد مواد، انتشار گازهای گلخانه ای و تولید زباله

است.(امینی طوسی، ۱۳۹۵) ساختمانها از طیف گسترده ای از مصالح ساختمانی استفاده می کنند و ساخت هر ماده انرژی مصرف می کند و CO_2 را منتشر می کند.در حال حاضر مطالعات متعددی برای ارزیابی انرژی نهفته و انتشار CO_2 مربوط به مصالح ساختمانی انجام شده است (Topcu I.B et al 2018).

، که عمدتا بر اساس مطالعات موردی از کشورهای توسعه یافته است.در مورد کشورهای در حال توسعه از نظر ارزیابی انرژی نهفته و انتشار CO_2 این مصالح ساختاری شکاف قابل توجهی وجود دارد.(Abdul Rauf et al ,2016). ساختمان مقدار زیادی از منابع طبیعی را مصرف کرده و همچنین مسئولیت مصرف چشمگیر انرژی را بر عهده داشته است.(Bonich et al 2017).انتظار می رود این امر با توسعه اقتصادی بیشتر شود، جایی که افراد بیشتری به مسکن با کیفیت نیاز دارند.بنابراین، هر مصالح ساختمانی که استفاده از منابع طبیعی را به حداقل می رساند یا از ضایعات تا حدی استفاده می کند، می تواند آینده امیدوارکننده داشته باشد.(آذری و همکاران، ۲۰۱۸).انرژی در کلیه مراحل چرخه عمر ساختمان مورد نیاز است.انرژی متبحر و انتشار کربن یک ساختمان با تولید، حمل و نقل، دفع و بازیافت مواد و در طی ساخت و ساز و تخریب آنها همراه است. با استفاده از مقادیر مصالحی که یک طرح خاص را با کمترین هزینه برآورده می کنند، یک طراحی ساختاری بهینه از نظر هزینه به دست می آید.(Anuradha et al, 2019).طی دهه های گذشته بسیاری از سیستم های سازه ای سازه ای در تولید ساختمان های چند طبقه اجرا شده است.هر یک از این سیستم ها از مراحل اولیه استخراج مواد تا ساخت ساختمان، انرژی مصرف می کنند و تولید کربن می کنند.انتخاب سیستم های سازه ای با تولید انرژی کم و انتشار کربن، تأثیر ساختمان ها را بر محیط جهانی کاهش می دهد.(Banteli et al, 2018).پس انداز احتمالی تأثیرات زیست محیطی بین دسته های مختلف تأثیر متفاوت است.پس انداز به طور قابل توجهی تحت تأثیر ترکیب مواد ساختمان، به ویژه تعداد چرخه های استفاده از اجزا و همچنین عمر مفید ساختمان و اجزای آن، تحت تأثیر قرار می گیرد.جایگزینی سایر گزینه های مواد (به عنوان مثال شیشه و چوب) برای ساختار بتونی، افزایش بالقوه پس انداز در اثر ضربه را به نمایش می گذارد (Copiello et al, 2017).

بهینه سازی عملکرد سازه ای به عنوان ابزاری برای دستیابی به طرح های سازه پایدار شناخته شده است.به حداقل رساندن انرژی نهفته از مصالح ساختاری یکی از مؤلفه های اصلی در ارائه طرح های آتی پایدار است.(D'Agostino et al ,2020).دو عامل مهم که در عصر کنونی مورد توجه قرار گرفته است نگرانی های محیط زیست و آینده پایدار است.به دلیل مشارکت آنها در سهم عظیم منابع و مصرف انرژی و همچنین انتشار مضر گازهای گلخانه ای، بخش ساختمان به عنوان عامل مهمی در این زمینه پدید آمده است.(Dissanayake et al, 2017).در بین مصالح ساختمانی مختلف مورد بررسی، فلز و بتن بیشترین سهم را در انرژی نهفته و کربن نهفته نشان می دهند.(Dixit et al, 2017) بهینه سازی عملکرد ساختاری به عنوان ابزاری برای دستیابی به طرح های سازه پایدار شناخته شده است.به حداقل رساندن انرژی نهفته از مصالح ساختاری یکی از مؤلفه های اصلی در ارائه طرح های آتی پایدار است.(همان).دو عامل مهم که در عصر کنونی مورد توجه قرار گرفته است نگرانی های محیط زیست و آینده پایدار است.به دلیل مشارکت آنها در سهم عظیم منابع و مصرف انرژی و همچنین انتشار مضر گازهای گلخانه ای، بخش ساختمان به عنوان عامل مهمی در این زمینه پدید آمده است.(فروزان و همکاران، ۱۳۹۵)

استفاده از مصالح بهینه در ساخت و ساز با توجه به اقلیم طراحی تاثیر زیادی بر مصرف انرژی ساختمان دارد این نظریه تاکید می کند که چرخه حیات مصالح و مقداری انرژی نهفته در آنها و انتخاب نوع مصالح بر کارایی کل سیستم ساختمان تاثیر می گذارد اهمیت توجه به مصرف انرژی بر طبق این نظریه باید در تمامی مراحل شامل استخراج، تولید و تبدیل، تخریب و بازیافت مورد ارزیابی قرار گیرد(Tarabieh, Khaled et al 2019)

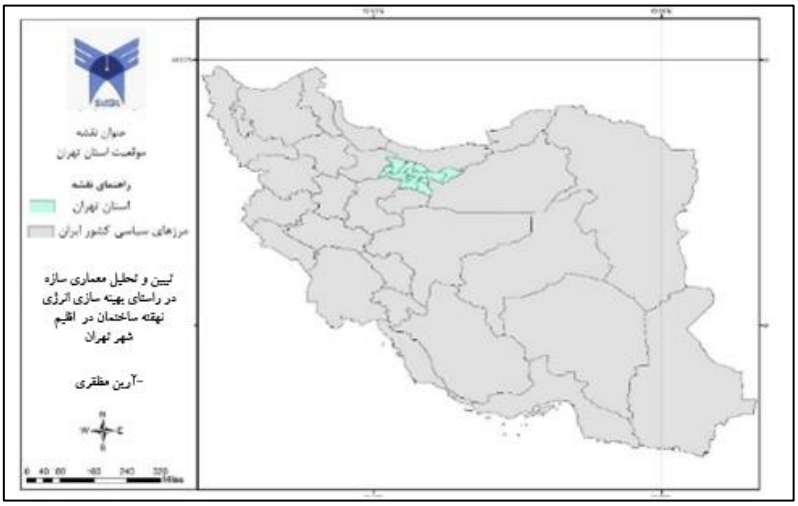


شکل ۱.روش محاسبه انرژی طول عمر ساختمان

منبع: یافته های پژوهش،۱۴۰۰

معرفی محدوده مورد مطالعه

تهران بـه لحاظ موقعیت جغرافیایی از جایگاه ویژه ای برخوردار است.استقرار در دامنه های جنوبی رشته کوه های البرز، منابع سرشار و غنی آب و شرایط آب و هوایی معتدلی را به ارمغان آورده است.دامنه ها و دره های کوهپایه ای البرز شرایط ویژه ای را برای گریز از گرما و خشکی بیابان های جنوبی در اختیار قرارداده است.دشت های جنوبی به جز مناطق شوره زار و کویری، بستر مناسبی برای استقرار کشاورزی و انواع فعالیت های این بخش به شمار می آید.از نظر موقعیت مکانی با توجه به شرایط و ساختگاه تهران برای استقرار جمعیت، نوعی مرکزیت مکانی برای دسترسی و مدیریت سرزمین را در اختیار دارد.نگاهی به جغرافیای سرزمین ایران و توزیع فضایی جمعیت و الگوی سکونت، این موقعیت ویژه و ممتاز را به خوبی نشان می دهد.مشکلات متعدد زیست محیطی موجود مانند آلودگی های مختلف در محدوده تهران بیش از آن که ناشی از شرایط نامناسب مکانی باشد، از فشار مفرط و عدم توجه به توان های محیطی این بخش از سرزمین بوده استتهران کانون اقتصادی ایران است و نخستین منطقه صنعتی این کشور محسوب می‌شود، اما فعالیت‌های اقتصادی بین‌المللی نقش چندانی در شمار شاغل‌های آن ندارد.بر اساس آمار سال ۱۳۹۵، سهم تهران در کل تولید ناخالص داخلی ایران ۲۱ درصد است و با اختصاص نیمی از بخش صنعت کشور به خود، نقش مهمی در اقتصاد ایران دارداز دید ناهمواری‌های طبیعی، تهران به دو ناحیهٔ دشتی و کوهپایه‌ایِ البرز تقسیم می‌شود و گستره کنونی آن از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته‌است.تهران دارای اقلیم نیمه خشک است.

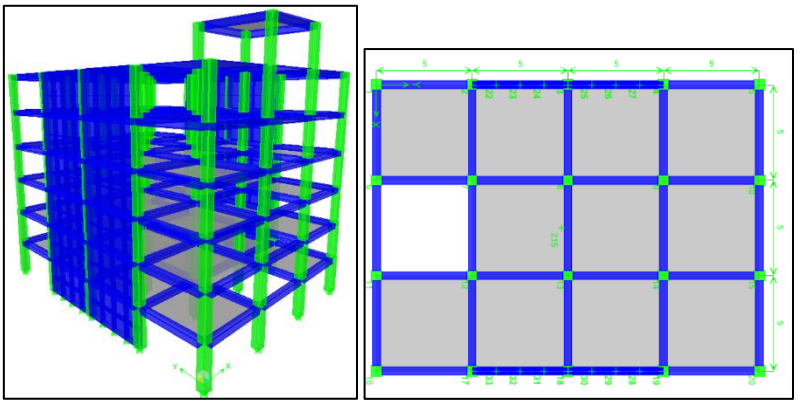


نقشه ۱.موقعیت استان تهران در کشور

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

تحلیل

ساختمان های مورد بررسی در این تحقیق همگی دارای پلان مشابهی به شکل ۲ هستند.که دهانه ها نیز دردو جهت دارای اندازه یکسان ۵ متر می باشد.بدین ترتیب ساختمان در یک جهت دارای طول ۲۰ متر و در جهت دیگر دارای طول ۱۵ متر می باشد.همچنین ساختمان بتنی مورد بررسی در جهت دارای طول بیشتر دارای دیوار برشی بتنی هستند.ساختمان های بتنی مورد بررسی همگی دارای ۶ طبقه می باشند.همچنین از ۴ ارتفاع مختلف برای ستون ها استفاده شده است تا تاثیر ارتفاع ستون را بر میزان کربن انتشار یافته و انرژی نهفته ساختمان در حین ساخت آن بررسی شود.توجه شود که مقاطع ستون ها و همچنین نوع و تعداد میلگرد به کار رفته در همه ساختمان ها یکسان است تا صرفاً اثر تغییر ارتفاع ستون بررسی گردد.



شکل ۲.نمای سه بعدی ساختمان بتنی

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۲.مقاطع به کار رفته در ساختمان ها

شماره طبقه	مقطع تیر فولادی	مقطع ستون فولادی	مقطع ستون بتنی	مقطع تیر بتنی
طبقه ۶	IPE 160	HE 160	C45x45 8f25	B40x40
طبقه ۵	IPE 200	HE 200	C45x45 8f25	B40x40
طبقه ۴	IPE 220	HE 220	C45x45 8f25	B40x40
طبقه ۳	IPE 240	HE 240	C45x50 12f25	B40x50
طبقه ۲	IPE 270	HE 280	C50x50 10f25	B50x60
طبقه ۱	IPE 300	HE 300	C55x55 18f25	B50x60

منبع نویسندگان ۱۴۰۰

جدول ۳.مشخصات میلگردهای مورد استفاده در این بررسی

عضو	نوع میلگرد	سطح مقطع	وزنkg/m
ستون ها	میلگرد ۲۵	4. 91	3. 85
تیرها	میلگرد ۱۶	2. 01	1. 58
دیوار برشی	میلگرد ۱۴	1. 54	1. 21
خاموت ها	میلگرد ۸	0. 503	0. 395

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

مقایسه انرژی نهفته بام های مختلف

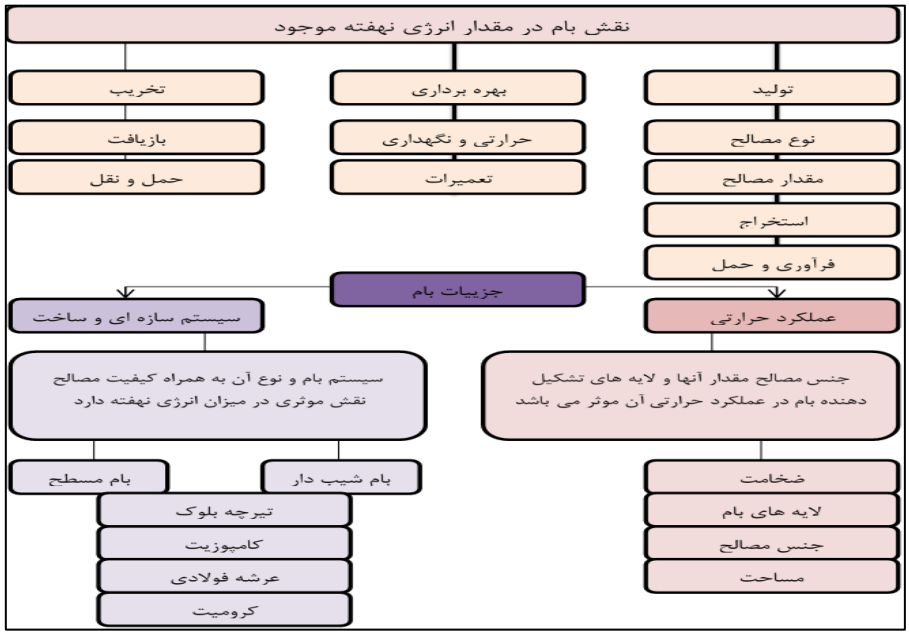
با مقایسه انرژی نهفته در بام ها در جدول زیر می توان نتیجه گرفت که بام کرومیت از سایر بام ها دارای انرژی نهفته کمتری می باشد. همچنین بام دال بتنی و تیرچه بلوک مناسب اقلیم گرم و مرطوب، بام کامپوزیت مناسب اقلیم معتدل، بام عرشه فولادی مناسب اقلیم سرد و بام کرومیت مناسب اقلیم گرم و خشک می باشد.

جدول ۴.مقایسه انرژی نهفته بام های مختلف

	نوع بام	E (mj/m2)
۱	بام عرشه فولادی	۲۰۷۳.۲۸
۲	بام کامپوزیت	۲۰۳۸.۰۶
۳	بام دال بتنی	۲۰۰۵.۴۴
۴	بام تیرچه بلوک	۲۴۲۹.۵۹
۵	**بام کرومیت**	۱۸۹۶.۴۷

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

شکل ۳.نقش بام در مقادیر انرژی نهفته



منبع نویسندگان ۱۴۰۰

ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۵ متر

در این بخش نتایج مربوط به محاسبه انرژی نهفته ساختمان های بتنی دارای ستون به ارتفاع ۳/۵ متر ارائه شده است.

جدول ۵- انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از میلگردها در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۵ متر

کل میلگرد مصرفی در ستون ساختمان بتنی	18318. 3
کل میلگرد مصرفی در تیرهای ساختمان بتنی	15276
خاموت های تیر و ستون	7482. 09
کل میلگرد مصرفی در دیوار برشی ساختمان بتنی	19296
کل میلگرد مصرفی در سقف ساختمان بتنی شامل تیرچه ها و کف	28440
کل میلگرد مصرفی خالص در ساختمان بتنی	88812. 39
کل میلگرد مصرفی با احتساب همپوشانی در ساختمان بتنی	97693. 629
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO2 _Eq kg)	1. 621
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton)	18. 88
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO2 _Eq kg) در ساختمان بتنی	158361. 3726
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton) در ساختمان بتنی	1844455. 716

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۵ نشان دهنده میزان انرژی نهفته و همچنین میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح میلگرد در ساختمان بتنی می باشد.همانطور که دیده می شود مقدار انتشار کربن عددی کمتر از انرژی نهفته است حدود یک دهم و همچنین هر دو پارامتر برای ساختمان بتنی با ستون هایی به ارتفاع ۳/۵ متر عدد قابل توجهی به دست آمده است. به طور کلی حجم بتن مصرفی در سازه بتنی را می‌توان چیزی حدود ۰. ۴ مترمکعب به ازای هر مترمربع زیربنا در نظر گرفت.مثلا برای یک ساختمان با ۱۰۰۰ مترمربع زیربنا چیزی حدود ۴۰۰ مترمکعب بتن مصرف می‌شود.حجم بتن مصرفی در سقف تیرچه بلوک با احتساب ۵ سانت بتن رویه و بتن تیرها تقریبا حدود ۰. ۱۸ مترمکعب در هر مترمربع زیربنا است.یعنی برای یک سقف با مساحت ۱۰۰ مترمربع حدودا ۱۸ مترمکعب بتن در سقف تیرچه بلوک استفاده می شود.

جدول ۶.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۵ متر

کل بتن مصرفی خالص در ساختمان بتنی	1284861
کل بتن مصرفی با احتساب تلفات در ساختمان بتنی	1349104. 05
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq kg)	207. 673
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton)	2. 23
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq kg) در ساختمان بتنی	280172485. 4
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton) در ساختمان بتنی	3008502. 032

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۶ نشان دهنده انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۵ متر می باشد.همانطور که مشاهده می شود میزان انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq kg) در ساختمان بتنی نسبت به انرژی نهفته آن عدد بسیار بالاتری است.به طور کلی میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید بتن بسیار بالاتر از انرژی نهفته آن می باشد و بالعکس در مصالح فولادی (در این تحقیق میلگرد) میزان انرژی نهفته بسیار بالاتر از میزان انتشار دی اکسید کربن می باشد.

ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۲۵ متر

در این بخش نتایج مربوط به محاسبه انرژی نهفته ساختمان های بتنی دارای ستون به ارتفاع ۳/۲۵ متر ارائه شده است.

جدول ۷.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از میلگردها در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۲۵ متر

کل میلگرد مصرفی در ستون ساختمان بتنی	۱۸۳۱۸.۳
کل میلگرد مصرفی در تیرهای ساختمان بتنی	۱۵۲۷۶
خاموت های تیر و ستون	۷۴۸۲.۰۹
کل میلگرد مصرفی در دیوار برشی ساختمان بتنی	۱۹۲۹۶
کل میلگرد مصرفی در سقف ساختمان بتنی شامل تیرچه ها و کف	۲۸۴۴۰
کل میلگرد مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۸۸۸۱۲.۳۹
کل میلگرد مصرفی با احتساب همپوشانی در ساختمان بتنی	۹۷۶۹۳.۶۲۹
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg)	۱.۶۲۱
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton)	۱۸.۸۸
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۱۵۸۳۶۱.۳۷۲۶
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۱۸۴۴۴۵۵.۷۱۶

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۷ نشان دهنده میزان انرژی نهفته و همچنین میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح میلگرد در ساختمان بتنی می باشد.همانطور که دیده می شود مقدار انتشار کربن عددی کمتر از انرژی نهفته است کمتر از یک دهم و همچنین اگرچه هر دو پارامتر برای ساختمان بتنی با ستون هایی به ارتفاع ۳/۲۵ متر عدد قابل توجهی به دست آمده است اما از مقادیر به دست آمده برای ساختمان با ستون ها ۳/۵ متر کمتر می باشد.

جدول ۸.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۲۵ متر

کل بتن مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۱۲۴۰۰۶۸
کل بتن مصرفی با احتساب تلفات در ساختمان بتنی	۱۳۰۲۰۷۱.۴
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg)	۲۰۷.۶۷۳
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton)	۲.۲۳
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۲۷۰۴۰۵۰۷۳.۹
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۲۹۰۳۶۱۹.۲۲۲

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۸ نشان دهنده انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳/۲۵ متر می باشد.همانطور که مشاهده می شود میزان انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq kg) در ساختمان بتنی نسبت به انرژی نهفته آن عدد بسیار بالاتری است.به طور کلی میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید بتن بسیار بالاتر از انرژی نهفته آن می باشد و بالعکس در مصالح فولادی (در این تحقیق میلگرد) میزان انرژی نهفته بسیار بالاتر از میزان انتشار دی اکسید کربن می باشد.

ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر

در این بخش نتایج مربوط به محاسبه انرژی نهفته ساختمان های بتنی دارای ستون به ارتفاع ۳ متر ارائه شده است.در ساختمان های بتنی محاسبات متفاوت می باشد.چنانچه سازه بتنی با قاب خمشی و دیوار برشی باشد بدون در نظر گرفتن وزن آرماتور سقف میزان آهن آلات مصرفی به ازای هر متر مربع سازه در حدود ۶۰-۳۴ کیلوگرم می باشد.

جدول ۹.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از میلگردها در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳متر

کل میلگرد مصرفی در ستون ساختمان بتنی	۱۶۹۰۹.۲
کل میلگرد مصرفی در تیرهای ساختمان بتنی	۱۵۲۷۶
خاموت های تیر و ستون	۷۳۱۰.۶۶
کل میلگرد مصرفی در دیوار برشی ساختمان بتنی	۱۹۲۹۶
کل میلگرد مصرفی در سقف ساختمان بتنی شامل تیرچه ها و کف	۲۸۴۴۰
کل میلگرد مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۸۷۲۳۱.۸۶
کل میلگرد مصرفی با احتساب همپوشانی در ساختمان بتنی	۹۵۹۵۵.۰۴۶
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg)	۱.۶۲۱
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton)	۱۸.۸۸
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۱۵۵۵۴۳.۱۲۹۶
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۱۸۱۱۶۳۱.۲۶۸

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۹ نشان دهنده میزان انرژی نهفته و همچنین میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح میلگرد در ساختمان بتنی با ستون هایی به طول ۳ متر می باشد.همانطور که دیده می شود مقدار انتشار کربن عددی کمتر از انرژی نهفته است کمتر از یک دهم و همچنین اگرچه هر دو پارامتر برای ساختمان بتنی با ستون هایی به ارتفاع ۳ متر عدد قابل توجهی به دست آمده است اما از مقادیر به دست آمده برای ساختمان با ستون ها ۳/۵ متر و ۳/۲۵ کمتر می باشد.

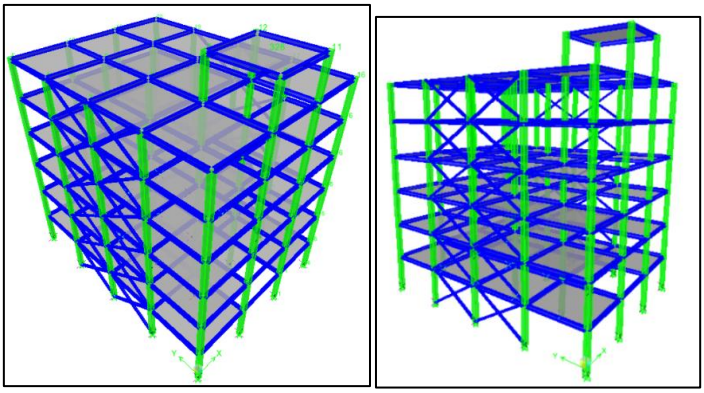
جدول ۱۰.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر

کل بتن مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۱۱۹۵۲۷۶
کل بتن مصرفی با احتساب تلفات در ساختمان بتنی	۱۲۵۵۰۳۹.۸
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg)	۲۰۷.۶۷۳
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton)	۲.۲۳
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۲۶۰۶۳۷۸۸۰.۴
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۲۷۹۸۷۳۸.۷۵۴

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۱۰ نشان دهنده انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر می باشد.همانطور که مشاهده می شود میزان انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq kg)

در ساختمان بتنی نسبت به انرژی نهفته آن عدد بسیار بالاتری است.به طور کلی میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید بتن بسیار بالاتر از انرژی نهفته آن می باشد و بالعکس در مصالح فولادی (در این تحقیق میلگرد) میزان انرژی نهفته بسیار بالاتر از میزان انتشار دی اکسید کربن می باشد.در این بخش انرژی نهفته ساختمان فولادی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر با ساختمان بتنی دارای ستون های با طول مشابه مقایسه شده است.همانطور که در جدول ۱۲ مشاهده می شود مقدار فولاد به کار رفته در تیرها و ستون های ساختمان فولادی دارای ستون به ارتفاع ۳ متر ارائه شده است.در جدول ۱۳ نیز انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از فولاد در ساختمان فولادی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر نشان داده شده است.در شکل ۳ ساختمان فولادی نشان داده شده است.



شکل ۴.نمایش ساختمان فولادی با پلان مشابه و ستون به ارتفاع ۳ متر

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۱۱.محاسبات مقدار فولاد به کار رفته در تیرها و ستون های ساختمان فولادی دارای ستون به ارتفاع ۳ متر

Section	ElementType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
IPE270PL200X20	Beam	190	950	87. 318
BOX35X35	Column	124	396. 8	82. 233
2U140	Brace	46	273. 071	8. 729
			Total weight	178. 28

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

همانطور که مشاهده می شود میزان انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از فولاد در ساختمان فولادی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر بسیار بیشتر از مقادیر مشابه برای ساختمان بتنی است.دلیل این امر حرارت بالا و صرف انرژی زیاد در نحوه تولید مقاطع فولادی و همچنین فرایند استخراج آهن از سنگ آهن در معادن آن می باشد.لذا ساختمان بتنی دارای آلودگی و پیامدهای زیست محیطی بسیار کمتری نسبت به ساختمان فولادی می باشد.

جدول ۱۲.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از فولاد در ساختمان فولادی دارای ستون های به ارتفاع ۳ متر

کل فولاد مصرفی در ساختمان فولادی	178280
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO2_Eq kg)	1. 621
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton)	18. 88
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO2_Eq kg) در ساختمان بتنی	288991. 88
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton) در ساختمان بتنی	3365926. 4

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۲/۷۵ متر

در این بخش نتایج مربوط به محاسبه انرژی نهفته ساختمان های بتنی دارای ستون به ارتفاع ۲/۷۵ متر ارائه شده است.

جدول ۱۳.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از میلگردها در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۲/۷۵ متر

کل میلگرد مصرفی در ستون ساختمان بتنی	۱۵۵۰۰.۱
کل میلگرد مصرفی در تیرهای ساختمان بتنی	۱۵۲۷۶
خاموت های تیر و ستون	۷۱۳۹.۲۳
کل میلگرد مصرفی در دیوار برشی ساختمان بتنی	۱۸۴۹۲
کل میلگرد مصرفی در سقف ساختمان بتنی شامل تیرچه ها و کف	۲۸۴۴۰
کل میلگرد مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۸۴۸۴۷.۳۳
کل میلگرد مصرفی با احتساب همپوشانی در ساختمان بتنی	۹۳۳۳۲.۰۶۳
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg)	۱.۶۲۱
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton)	۱۸.۸۸
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح میلگرد(kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۱۵۱۲۹۱.۲۷۴۱
انرژی نهفته مصالح میلگرد (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۱۷۶۲۱۰۹.۳۴۹

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۱۳ نشان دهنده میزان انرژی نهفته و همچنین میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح میلگرد در ساختمان بتنی با ستون هایی به طول ۲/۷۵ متر می باشد.همانطور که دیده می شود مقدار انتشار کربن عددی کمتر از انرژی نهفته است کمتر از یک دهم و همچنین اگرچه هر دو پارامتر برای ساختمان بتنی با ستون هایی به ارتفاع ۲/۷۵ متر عدد قابل توجهی به دست آمده است اما از مقادیر به دست آمده برای ساختمان با ستون ها ۳/۵ متر و ۳/۲۵ متر و ۳ متر کمتر می باشد.

جدول ۱۴.انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۲/۷۵ متر

کل بتن مصرفی خالص در ساختمان بتنی	۱۱۵۰۴۸۴
کل بتن مصرفی با احتساب تلفات در ساختمان بتنی	۱۲۰۸۰۰۸.۲
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg)	۲۰۷.۶۷۳
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton)	۲.۲۳
انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO۲_Eq kg) در ساختمان بتنی	۲۵۰۸۷۰۶۸۶.۹
انرژی نهفته مصالح بتن (Gj/ton) در ساختمان بتنی	۲۶۹۳۸۵۸.۲۸۶

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۱۵ نشان دهنده انرژی نهفته و میزان انتشار کربن ناشی از بتن در ساختمان بتنی دارای ستون های به ارتفاع ۲/۷۵ متر می باشد.همانطور که مشاهده می شود میزان انتشار کربن دی اکسید تولید مصالح بتن (kg CO2 _Eq

(kg در ساختمان بتنی نسبت به انرژی نهفته آن عدد بسیار بالاتری است.به طور کلی میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید بتن بسیار بالاتر از انرژی نهفته آن می باشد و بالعکس در مصالح فولادی (در این تحقیق میلگرد) میزان انرژی نهفته بسیار بالاتر از میزان انتشار دی اکسید کربن می باشد.

مقایسه مقادیر کاهش ها

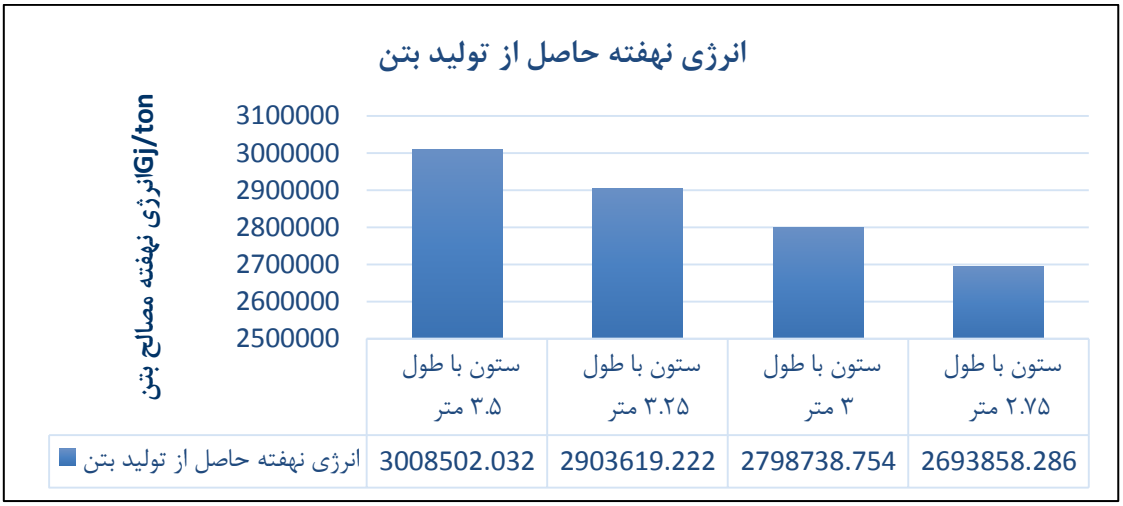
در جداول ۱۵ تا ۱۸ و همچنین شکل های ۴ تا ۷ مقایسه ای میان مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید بتن و میزان کاهش انرژی ٪ و همچنین مقایسه مقادیر انتشار کربن حاصل از تولید بتن و میزان کاهش انتشار کربن ارائه شده است.همانطور که در جدول ۱۶ مشاهده می شود با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳/۲۵ انرژی نهفته حاصل از تولید بتن به میزان ۳/۵ درصد کاهش می یابد.همچنین با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳ متر میزان انرژی نهفته حاصل از بتن در ساختمان بتنی حدود ۷ درصد کاهش می یابد.بیشترین میزان کاهش در انرژی نهفته حاصل از تولید بتن با کاهش ارتفاع ستون ها از ۳/۵ به ۲/۷۵ حاصل شده است و حدود ۱۰/۵ درصد می باشد.

جدول ۱۵.مقایسه مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید بتن و میزان کاهش انرژی

میزان کاهش انرژی ٪	انرژی نهفته حاصل از تولید بتن	
1	3008502. 032	ستون با طول ۳. ۵ متر
3. 486213684	2903619. 222	ستون با طول ۳. ۲۵ متر
6. 972349538	2798738. 754	ستون با طول ۳ متر
10. 45848539	2693858. 286	ستون با طول ۲. ۷۵ متر

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

شکل ۵ نشان دهنده مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید بتن در ساختمان های مختلف می باشد.همانطور که دیده می شود با کاهش طول ستون ها در ساختمان مقادیر انرژی نهفته نیز کاهش می یابد.به طوری که بیشترین انرژی نهفته مربوط به ساختمان با ستون هاس ۳/۵ متری است که ۳ میلیون گیگاژول بر تن می باشد و کمترین مقدار مربوط به ساختمان دارای ستون به طول ۲/۷۵ متر است که ۲/۷ میلیون گیگاژول بر تن می باشد.



شکل ۵.مقایسه مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید بتن

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

همانطور که در جدول ۱۶مشاهده می شود با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳/۲۵ میزان انتشار کربن دی اکسید از تولید بتن به میزان ۳/۵ درصد کاهش می یابد.همچنین با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳ متر میزان انتشار کربن

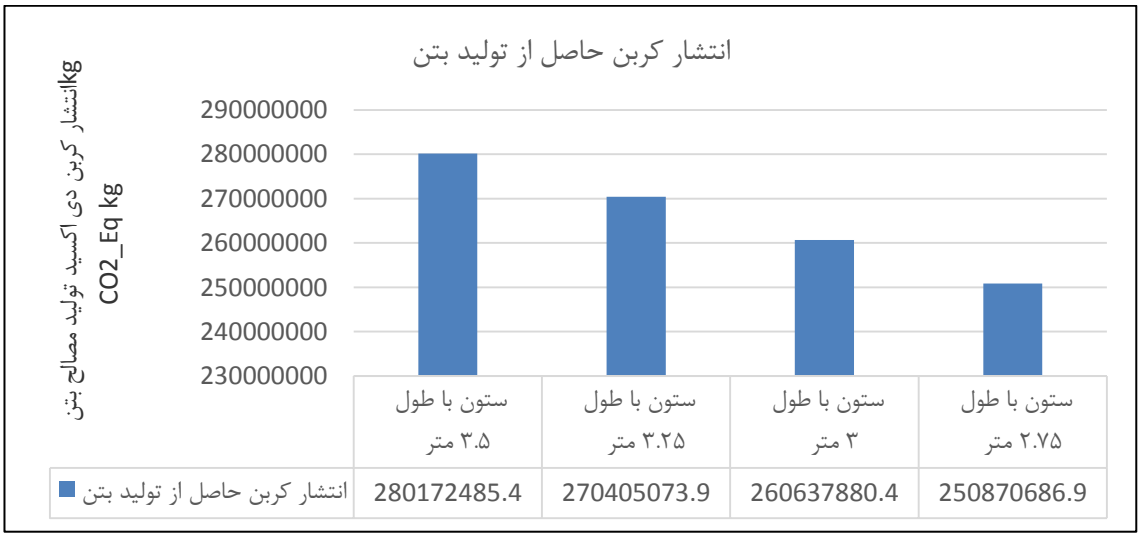
دی اکسید حاصل از بتن در ساختمان بتنی حدود ۷ درصد کاهش می یابد.بیشترین میزان کاهش در انرژی نهفته حاصل از تولید بتن با کاهش ارتفاع ستون ها از ۳/۵ به ۲/۷۵ حاصل شده است و حدود ۱۰/۵ درصد می باشد.نکته بسیار جالب به دست آمده این می باشد که درصد مقادیر کاهش انرژی نهفته و درصد مقادیر کاهش میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح بتن در ساختمان های بتنی با هم برابر است.این واقعیت منطقی به نظر می رسد زیرا میزان بتن کاهش یافته در هر حالت یکسان است که نسبت کاهش های یکسانی را نیز نتیجه می دهد.

شکل ۶ نشان دهنده مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید بتن در ساختمان های مختلف می باشد.همانطور که دیده می شود با کاهش طول ستون ها در ساختمان مقادیر انرژی نهفته نیز کاهش می یابد.به طوری که بیشترین انرژی نهفته مربوط به ساختمان با ستون های ۳/۵ متری است که ۲/۸ میلیون گیگاژول بر تن می باشد و کمترین مقدار مربوط به ساختمان دارای ستون به طول ۲/۷۵ متر است که ۲/۵ میلیون گیگاژول بر تن می باشد.

جدول ۱۶.مقایسه مقادیر انتشار کربن حاصل از تولید بتن و میزان کاهش انتشار کربن ٪

میزان کاهش انتشار کربن ٪	انتشار کربن حاصل از تولید بتن	
1	280172485. 4	ستون با طول ۳. ۵ متر
3. 486213684	270405073. 9	ستون با طول ۳. ۲۵ متر
6. 972349538	260637880. 4	ستون با طول ۳ متر
10. 45848539	250870686. 9	ستون با طول ۲. ۷۵ متر

منبع نویسندگان ۱۴۰۰



شکل ۶ .مقایسه مقادیر انتشار کربن حاصل از تولید بتن

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

همان طور که در جدول ۱۷ مشاهده می شود با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳/۲۵ انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد به میزان ۱/۷۵ درصد کاهش می یابد. همچنین با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳ متر میزان انرژی نهفته حاصل از میلگرد در ساختمان بتنی حدود ۳/۵ درصد کاهش می یابد. بیشترین میزان کاهش در انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد با کاهش ارتفاع ستون ها از ۳/۵ به ۲/۷۵ حاصل شده است و حدود ۶/۱۳ درصد می باشد.همانطور که مشاهده می شود تاثیر درصد کاهش های انرژی نهفته مصالح میلگرد در اثر کاهش طول ستون کمتر از تاثیر انرژی نهفته بتن است به طوری که مقادیر کاهش انرژی نهفته حاصل از مصالح بتن حدود ۲ برابر بیشتر از مصالح

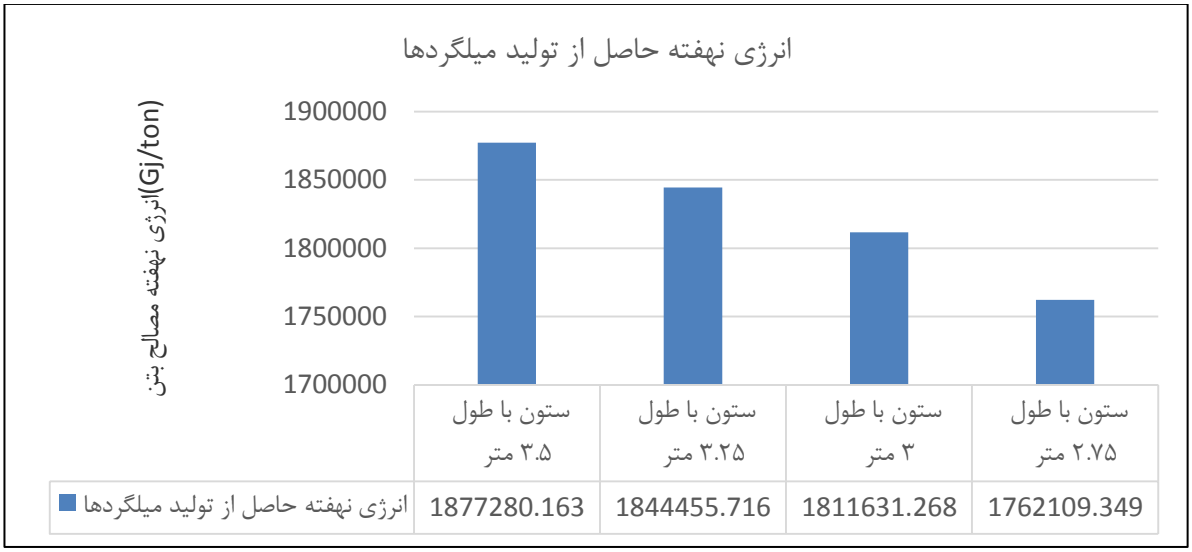
میلگرد بود.این امر این نتیجه مهم را ارائه می دهد که کاهش بتن در ساختمان های بتنی از اهمیت بیشتری برخوردار است یعنی در ساختمان های بتنی بهتر است حجم مقاطع بتنی را کاهش داد و سعی کرد کاهش مقاطع را با میزان آرماتور بیشتری جبران نمود.البته می بایست به الزامات مبحث نهم مقررات ملی و آبا نیز توجه نمود و معیارهای حداکثر آرماتور قابل استفاده در مقاطع بتنی را نیز ارضا نمود.

جدول ۱۷.مقایسه مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد و میزان کاهش انرژی ٪

میزان کاهش انرژی ٪	انرژی نهفته حاصل از تولید میلگردها	
1	1877280. 163	ستون با طول ۳. ۵ متر
1. 748510835	1844455. 716	ستون با طول ۳. ۲۵ متر
3. 497021669	1811631. 268	ستون با طول ۳ متر
6. 134982696	1762109. 349	ستون با طول ۲. ۷۵ متر

منبع نویسندگان ۱۴۰۰

شکل ۷ نشان دهنده مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد در ساختمان های مختلف می باشد.همانطور که دیده می شود با کاهش طول ستون ها در ساختمان مقادیر انرژی نهفته نیز کاهش می یابد.به طوری که بیشترین انرژی نهفته مربوط به ساختمان با ستون هاس ۳/۵ متری است که ۱/۸ میلیون گیگاژول بر تن می باشد و کمترین مقدار مربوط به ساختمان دارای ستون به طول ۲/۷۵ متر است که ۱/۷ میلیون گیگاژول بر تن می باشد.



شکل ۷.مقایسه مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

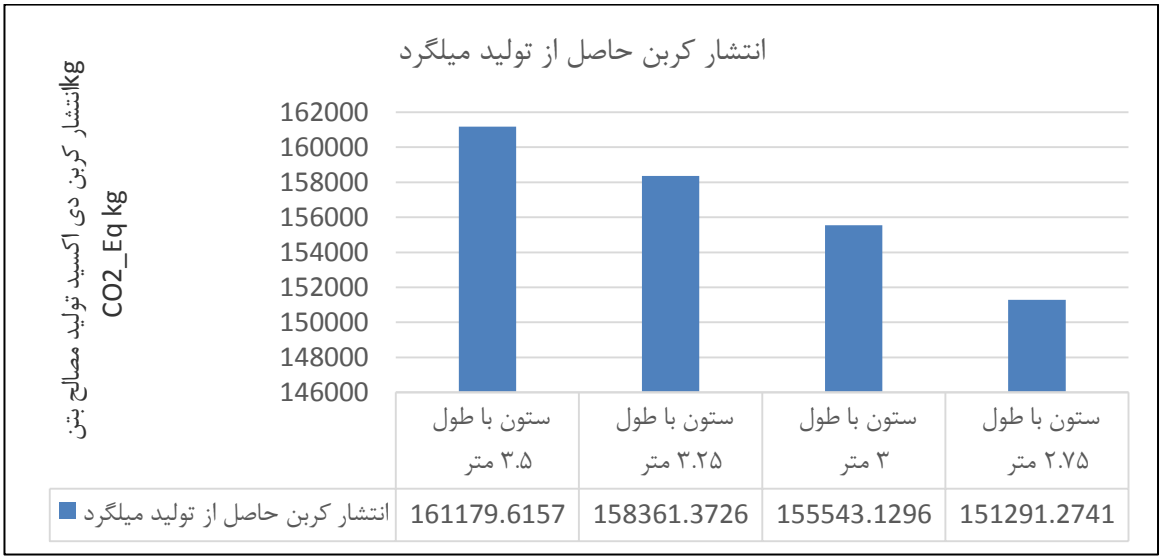
همانطور که در جدول ۱۸ مشاهده می شود با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳/۲۵ میزان انتشار کربن دی اکسید از تولید میلگرد به میزان ۳/۵ درصد کاهش می یابد.همچنین با کاهش طول ستون ها از ۳/۵ به ۳ متر میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از میلگرد در ساختمان بتنی حدود ۷ درصد کاهش می یابد.بیشترین میزان کاهش در انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد با کاهش ارتفاع ستون ها از ۳/۵ به ۲/۷۵ حاصل شده است و حدود ۱۰/۵ درصد می باشد.نکته بسیار جالب به دست آمده این می باشد که درصد مقادیر کاهش انرژی نهفته و درصد مقادیر کاهش میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح میلگرد در ساختمان های بتنی با هم برابر نمی باشد.به طوری که درصد کاهش میزان انتشار کربن حاصل از میلگردها با درصد کاهش انرژی نهفته و همچنین درصد کاهش میزان انتشار کربن حاصل از مصالح بتن برابر است ولی مقدار درصد های کاهش انرژی نهفته حاصل از مصالح میلکرد از سایر

درصد کاهش ها کمتر است.این امر نشان می دهد که برای کاهش انتشار کربن در ساختمان های بتنی کاهش میزان میلگرد گزینه مناسبی است.شکل ۷ نشان دهنده مقادیر انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد در ساختمان های مختلف می باشد.همانطور که دیده می شود با کاهش طول ستون ها در ساختمان مقادیر انرژی نهفته نیز کاهش می یابد.به طوری که بیشترین انرژی نهفته مربوط به ساختمان با ستون های ۳/۵ متری است که ۱/۶ میلیون گیگاژول بر تن می باشد و کمترین مقدار مربوط به ساختمان دارای ستون به طول ۲/۷۵ متر است که ۱/۵ میلیون گیگاژول بر تن می باشد.

جدول ۱۸.مقایسه مقادیر انتشار کربن حاصل از تولید میلگرد و میزان کاهش انتشار کربن ٪

	انتشار کربن حاصل از تولید میلگرد	میزان کاهش انتشار کربن ٪
ستون با طول ۳. ۵ متر	161179. 6157	1
ستون با طول ۳. ۲۵ متر	158361. 3726	3. 486213684
ستون با طول ۳ متر	155543. 1296	6. 972349538
ستون با طول ۲. ۷۵ متر	151291. 2741	10. 45848539

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰



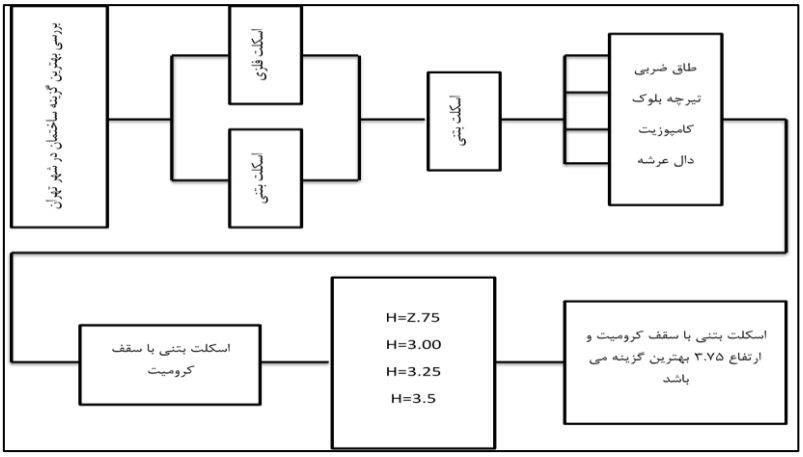
شکل ۸ .مقایسه مقادیر انتشار کربن حاصل از تولید میلگرد

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

دو پارامتر مهم در توسعه کشورها را می توان انرژی و محیط زیست نام برد.استفاده از انرژی های فسیلی باعث تولیدگازهای گلخانه ای می شود که اثرات زیست محیطی قابل توجهی بر کره زمین می گذارد.در دهه های اخیر بروزپیامدهایی نظیر گرمایش جهانی و نازک شدن لایه ازن ناشی از این پدیده بوده است.از آنجایی که بیش از ۴۰ درصداز انرژی جهان در بخش ساختمان مصرف می شود،بنابراین توجه به این بخش می تواند نقش مهمی در انتشار گاز دیاکسید کربن داشته باشد.ساختمان ها در مراحل تولید مصالح، ساخت، استفاده و تخریب انرژی مصرف می کنند.انرژی در ساختمان دارای دو مؤلفه می باشد: انرژی نهفته و انرژی عملکردی. انرژی نهفته در فرآیند تولید مصالح ساختمانی، حمل آنها به سایت مورد نظر، ساخت، نگهداری، نوسازی و تخریب نهایی و انرژی عملکردی در زمان بهره برداری از ساختمان مصرف می گردد. تحقیقات نشان می‌دهد که بام کرومیت کمترین میزان انرژی نهفته

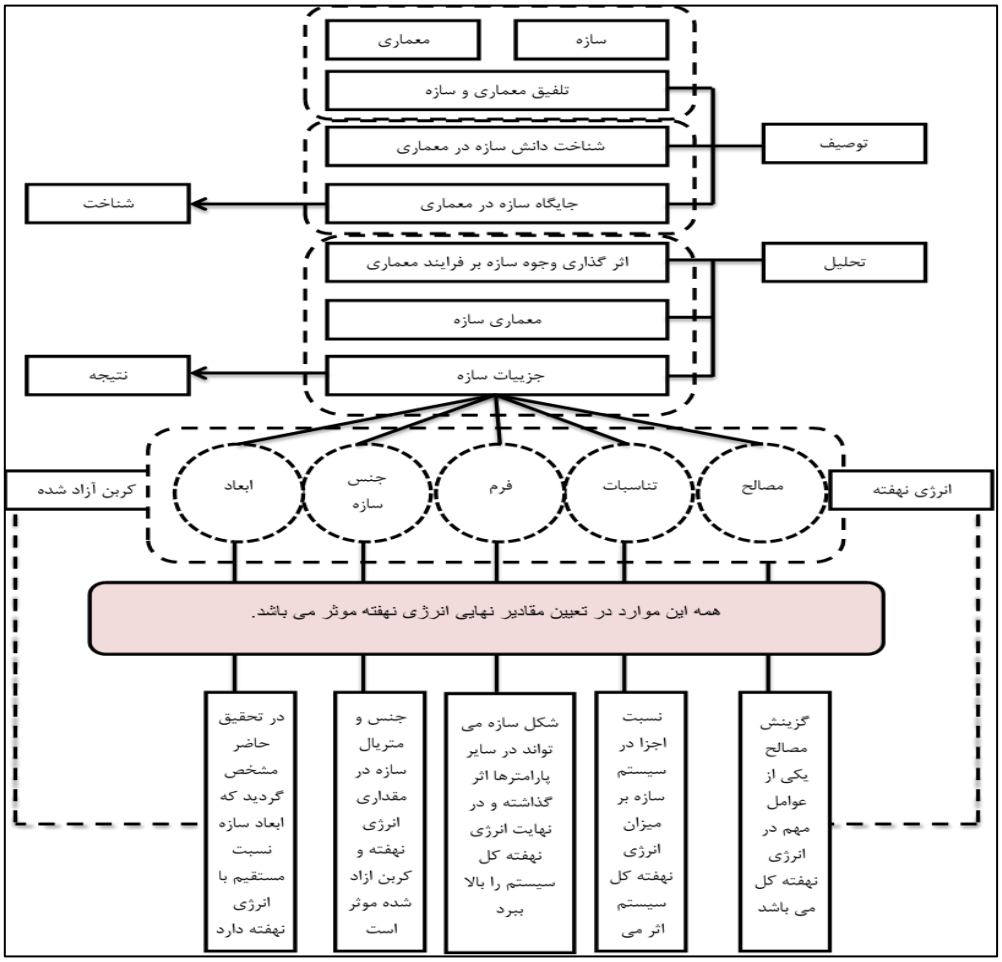
را دارا می باشد و بعد از آن دال بتنی و تیرچه بلوک برای مناطق گرم و مرطوب، بام کامپوزیت برای مناطق معتدل و عرشه فولادی برای مناطق سرد مناسب می باشد.در بخش سازه ای یافته های تحقیق نشان می دهد که مصالح ساختمانی نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان انرژی نهفته دارند، جنس مصالح و ابعاد آن در کارکرد موضوع موثر میباشد،لذا ساختمانهای بتنی دارای انرژی نهفته کمتری نسبت به ساختمانهای فلزی بوده و میزان ارتفاع موثر برای آنها ۷۵.۲ متر می باشد.



شکل ۹.نتیجه نهایی حاصل از پژوهش

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

درمقایسه و اثبات کمی انرژی نهفته در دو سازه بتنی و فلزی از خروجی ETABS مقدار آهن مصرفی در اسکلت فلزی و آهن مصرفی در اسکلت بتنی و مقدار بتن مصرفی در اسکلت بتنی مورد محسابه قرار گرفته و چون سقف ها (میزان مصرف بتن و میزان مصرف آهن) قبلاً محاسبه گردیده، در بخش محاسبه سقف ها به آن اشاره گردد.



جدول ۱۰.معماری سازه و تاثیر آن در انرژی نهفته

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

۱. با مقایسه انرژی نهفته در بام ها در جدول زیر می توان نتیجه گرفت که بام کرومیت از سایر بام ها دارای انرژی نهفته کمتری می باشد.
۲. ساختمان بتنی نسبت به ساختمان فولادی دارای انرژی نهفته کمتر و مضرات زیست محیطی بسیار کمتری می باشد.
۳. بهترین ارتفاع برای ستون ها در ساختمان بتنی، ارتفاع ۲/۷۵ متر می باشد، البته این ارتفاع می بایست با نیاز های معماری طرح مطابقت داده شود.
۴. به طور کلی میزان انتشار دی اکسید کربن حاصل از تولید بتن بسیار بالاتر از انرژی نهفته آن می باشد و بالعکس در مصالح فولادی (در این تحقیق میلگرد) میزان انرژی نهفته بسیار بالاتر از میزان انتشار دی اکسید کربن می باشد.
۵. به طوری که درصد کاهش میزان انتشار کربن حاصل از میلگردها با درصد کاهش انرژی نهفته و همچینین درصد کاهش میزان انتشار کربن حاصل از مصالح بتن برابر است ولی مقدار درصد های کاهش انرژی نهفته حاصل از مصالح میلکرد از سایر درصد کاهش ها کمتر است.این امر نشان می دهد که برای کاهش انتشار کربن در ساختمان های بتنی کاهش میزان میلگرد گزینه مناسبی است.
۶. کاهش بتن در ساختمان های بتنی از اهمیت بیشتری برخوردار است یعنی در ساختمان های بتنی بهتر است حجم مقاطع بتنی را کاهش داد و سعی کرد کاهش مقاطع را با میزان آرماتور بیشتری جبران نمود.البته می

بایست به الزامات مبحث نهم مقررات ملی و آبا نیز توجه نمود و معیارهای حداکثر آرماتور قابل استفاده در مقاطع بتنی را نیز ارضا نمود.

۷. درصد مقادیر کاهش انرژی نهفته و درصد مقادیر کاهش میزان انتشار کربن دی اکسید حاصل از مصالح بتن در ساختمان های بتنی با هم برابر است.این واقعیت منطقی به نظر می رسد زیرا میزان بتن کاهش یافته در هر حالت یکسان است که نسبت کاهش های یکسانی را نیز نتیجه می دهد.

۸. با کاهش طول ستون ها میزان انرژی نهفته و انتشار کربن در ساختمان های بتنی کاهش یافت.بیشترین کاهش انرژی نهفته حاصل از تولید بتن ۱۰/۵ درصد، بیشترین کاهش انتشار کربن حاصل از تولید بتن ۱۰/۵ درصد، بیشترین کاهش انرژی نهفته حاصل از تولید میلگرد ۶/۱۳ درصد و بیشترین کاهش انتشار کربن حاصل از تولید بتن ۱۰/۵ درصد به دست آمد.

منابع

آذری، رحمان و عباس آبادی، نرجس(۱۳۹۷).انرژی تجسم یافته ساختمان‌ها: مرور داده ها، روش‌ها، چالش‌ها و روندهای تحقیق، انرژی و ساختمان‌ها ۱۶۸: ۲۲۵-۲۳۵.

اصل فلاح، سارینا و کیا، شمس و ناصر محققی، حمید(۱۳۹۶).ارزیابی چرخه عمر ساختمان های سبز بر اساس سطح انرژی مصالح ساختمانی، کنفرانس ملی تحقیقات بنیادی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی.

امینی طوسی، هاشم(۱۳۹۵).دستورالعمل‌های ارزیابی چرخه زندگی ساختمان در فرایند طراحی معماری، دانشگاه تهران، پردیس هنرهای زیبا، دانشکده معماری، پایان نامه کارشناسی ارشد.

جلیلی صدرآباد، سمانه و بلبلی، شیوا(۱۳۹۶).بررسی جایگاه مصالح در نمای شهری تهران با استفاده از رویکرد توسعه پایدار شهری، شماره ۲-۷، فصلنامه نقش جهان.

شایفر، محسن علی و مفیدی شمیرانی، سید مجید و سید عبدالهی، سید احسان (۱۳۹۵).مصالح ساختمانی با انرژی نهفته و کم کربن نهفته، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چهارمین کنفرانس ملی تحقیقات کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری.

فروزان، نرجس و حاجی پور، خلیل سلطانی، علی(۱۳۹۵).مطالعه مصرف انرژی تجسم یافته در بخش مسکونی: مطالعه موردی شیراز، نقش جهان- مطالعات پایه و فناوری های جدید معماری و برنامه‌ریزی ۶. ۱:: ۴۲-۵۲.

کریم پور، علی رضا(۱۳۹۴)، تأثیر اجزای طراحی معماری بر مصرف انرژی ساختمان های مسکونی با استفاده از مدلهای شبیه سازی (مطالعه موردی: تهران) پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

گلزاده، پویا و رمضانی پور، امیر محمد(۱۳۹۴)، نقش دیوارهای ساختمان در مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی، سومین کنگره بین المللی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران، دبیرخانه دائمی کنگره بین المللی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی.

محمد مرادی، اصغر و حسینی، سید باقر(۱۳۹۱)، کنترل اثرات زیست محیطی ساختمان با اندازه گیری و کاهش انرژی نهفته در واحد سطح در مرحله ساخت (مطالعه موردی: ساختمان مسکونی ۷ طبقه در شمال تهران)، نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری معماری و شهرسازی مدرن، مقاله ۵، دوره ۲، شماره ۲ (۳)، صص ۵۵-۶۶.

مفیدی شمیرانی، سید مجید و همکاران(۱۳۹۴).انرژی نهفته، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، پروژه دوره درس آب و هوا و معماری، دکتری، استاد راهنما: دکتر سید مجید مفیدی شمیرانی، دانشجویان در فصول: کیومرث سیفی، محمد کاظم رضایی، زهره عطار عباسی، سیده محدثه شمخی.

ممقانی قاضی جهانی، مهسا و حبیب، فرح و مفیدی شمیرانی، سید مجید(۱۳۹۰).ساختار ارزیابی نهفته انرژی برای ساختمانهای پایدار، کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی، اردستان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان.

یوسفی، فاطمه و قلی پور، یعقوب(۱۳۹۷).ارزیابی مصرف انرژی طولانی مدت یک ساختمان مسکونی واقعی در تهران، مجله هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۲۲، شماره ۱.

Abdul, Rauf,(2016) .The effect of building and material service life on building life cycle embodied energy ،July, Faculty of Architecture, Building & Planning ،The University of Melbourne

Anuradha,I.G.N.,B.A.K.S.Perera,and B.J.Ekanayake.(2019)."Significance of whole life embodied energy and embodied carbon of wall materials compared to their initial/maintenance costs. " International Journal of Construction Management: 1-14.

Banteli, Amalia,Vicki Stevenson, and Gabriela Zapata Lancaster.(2018)."Building Information Modelling (BIM) application in relation to embodied energy and carbon (EEC) considerations during design: A practitioner perspective. ": 224-234.

Bolden J., Abu-Lebdeh T, Fini E,(2019).Utilization of recycled and waste materials in various construction applications.American Journal of Environmental Science 1098, no 31

Bonich, Zoran.And Topličić čurčić, Gordana.And Davidovich, Nebuchadnezzar.And Savich, Jelna.(2017).Structural damage to the environment.International Scientific Journal of Urban and Municipal Civil Engineering, 1090.Procedural Engineering 997 (1090) 499-491

Copiello, S., and P.Bonifaci.(2017). "THE RELATION BETWEEN BUILDING COSTS AND EMBODIED ENERGY: NEW INSIGHTS." International Journal for Housing Science & Its Applications 41. 2.

D'Agostino, Delia, Danny Parker, and Paco Melià.(2020)."Environmental and economic data on energy efficiency measures for residential buildings. " Data in brief 28: 104905.

Ding, G., (2004).The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities.PhD Thesis, University of technology, Sydney.

Dissanayake,D.M.K.W., C.Jayasinghe,andM.T.R.Jayasinghe.(2017)."A comparative embodied energy analysis of a house with recycled expanded polystyrene (EPS) based foam concrete wall panels. " Energy and Buildings 135: 85-94.

Dixit, Manish K.(2017)."Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters." Renewable and Sustainable Energy Reviews 79: 390-413.

Dixit, Manish K.(2019)."Life cycle recurrent embodied energy calculation of buildings: A review. " Journal of cleaner production 209: 731-754.

Tarabieh, Khaled, and Mirette Khorshed. (2019)."Optimizing Evaluation Methods for the Embodied Energy and Carbon Management of Existing Buildings in Egypt. " Buildings 9. 4: 90.

Topcu I.B., Sengel S.(2018).Properties of concrete produced with waste concrete aggregate.Cement and Concrete Research 1004; 84(1) 9807-9891 doi: 90,9096/ j. cemconres. 1008,91,091.