مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشگاه هنر اصفهان
دکتری معماری اسلامی

سمینار دوم

عنوان رساله:

تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره وری انرژی ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک
(نمونه موردی: شهر اردبیل)

موضوع سمینار:

بهینه سازی شاخصه های فرم معماری در راستای کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش حرارتی

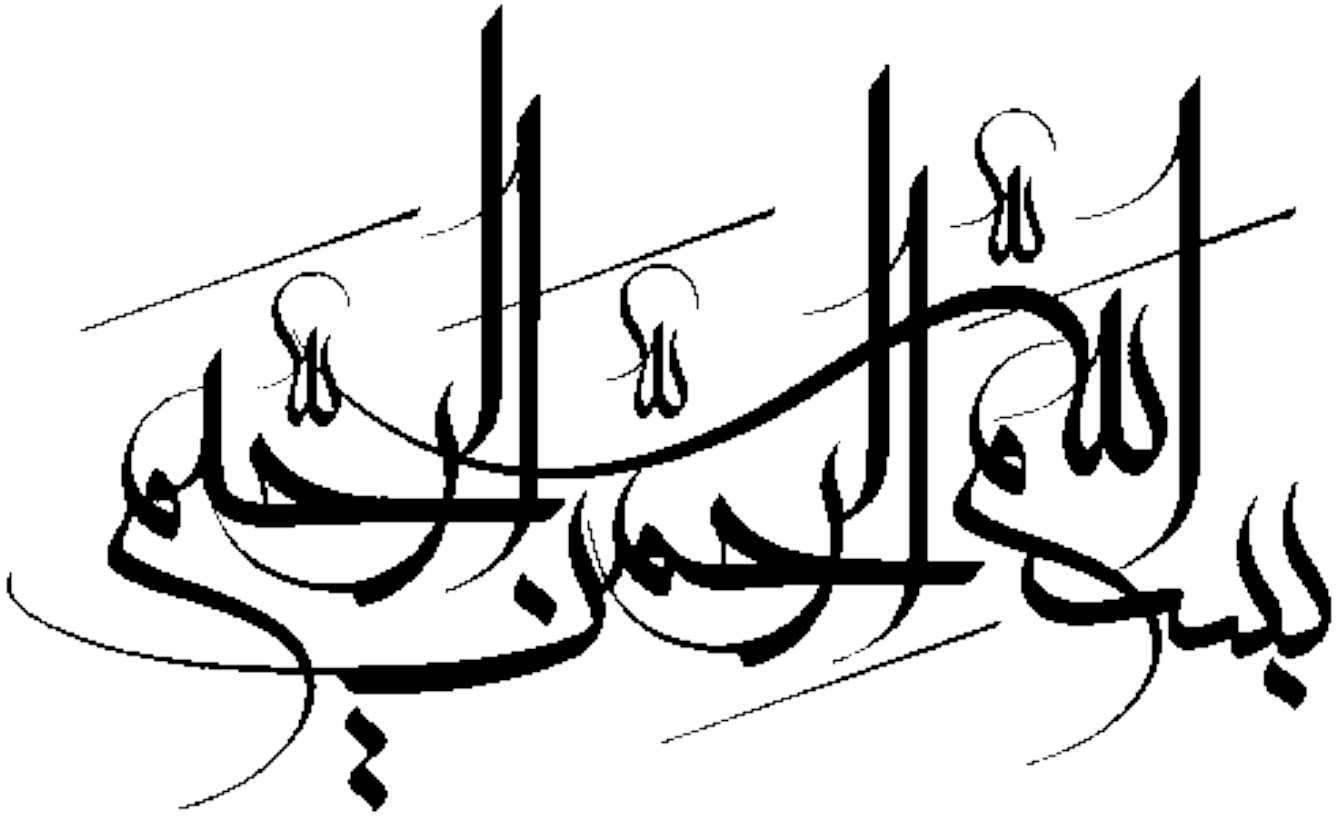
در ساختمانهای بلند مسکونی شهر اردبیل با تکیه بر انرژی خورشیدی

(تحلیل داده ها و دستاورد پژوهش)

استاد راهنما:
دکتر بهرام گسیلی

دانشجو:
عبدالعزیز ابراهیم زاده

مردادماه ۱۴۰۱


بسم الله الرحمن الرحيم

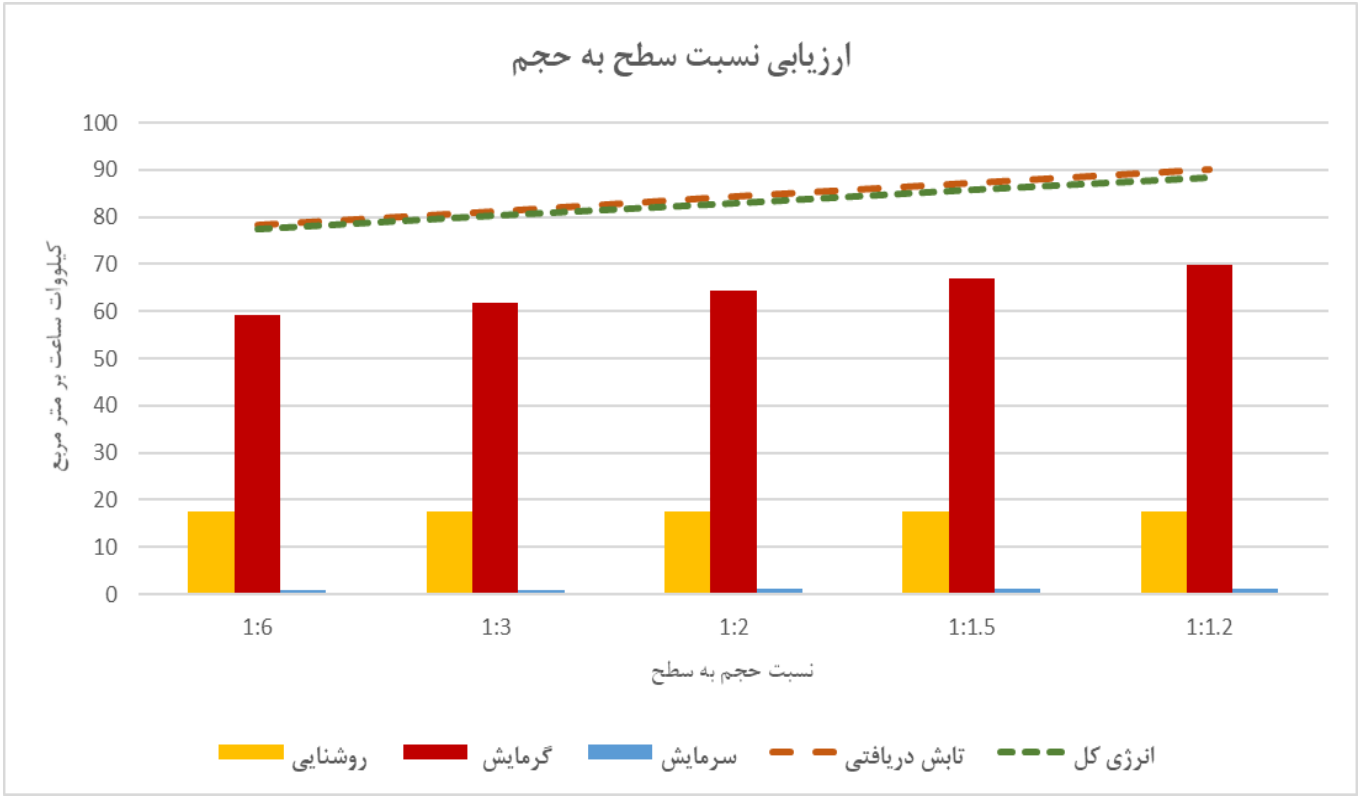
بیان مسئله	❋بهینه سازی پارامترهای فرم معماری در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه در اقلیم سرد کوهستانی اردبیل، جهت کاهش انرژی مصرفی گرمایش، سرمایش ، روشنایی فضاهای داخلی ، افزایش آسایش حرارتی و دریافت انرژی تابشی موردنیاز در مراحل اولیه طراحی
ضرورت و اهمیت	رشد فزاینده جمعیت شهری، محدودیت ارائه زمین و خدمات، تقاضا برای مسکن و محدودیت‌های اقتصادی و محیط زیستی، بلندمرتبه‌سازی راهکار مناسبی برای کنترل رشد کالبدی شهرهاست؛ ازاین‌رو شناسایی و معرفی پهنه‌های مناسب برای احداث ساختمان‌های بلندمرتبه ضروری است و برای توسعه مطلوب شهر اهمیت زیادی دارد. رشد و گسترش احداث ساختمان‌های بلندمرتبه در ایران و مصرف زیاد انرژی و تأثیر آن بر عوامل زیست‌محیطی و بر چرخه حیات، اثرات تخریب را چند برابر ساختمان‌های کوتاه مرتبه ایجاد کرده است. با توجه به این‌که شرایط حرارتی ساکنین در ساختمان‌های بلندمرتبه متفاوت از ساختمان‌های معمولی است، لذا بررسی این‌گونه ساختمان‌ها به لحاظ تأمین آسایش و کاهش مصرف انرژی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است لذا ایجاد راهکاری برای رسیدن به بهره‌وری انرژی بیشتر و کاهش مصرف انرژی در مرحله طراحی از ضروریات هست.
سؤال	❋بهینه سازی شاخصه های فرم معماری تا چه میزان بر کاهش مصرف انرژی جهت تامین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک موثر است؟
هدف	❋بهینه کردن شاخصه های فرم معماری در کاهش مصرف انرژی جهت تامین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک
فرضیه	❋با بهینه کردن پارامترهای هندسی فرم معماری می‌توان مصرف انرژی را جهت تامین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک کاهش داد.
سؤال فرضیه تحقیق	❋چگونه می توان از طریق بهینه کردن پارامترهای هندسی فرم معماری مصرف انرژی را جهت تامین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک کاهش داد؟
روش تحقیق	❋برپایه روش های پژوهشی؛ " توصیفی و تشریحی" ، "شبیه‌سازی" و سپس اعتبارسنجی نتایج آن با "برآورد الگوی مصرف نهایی بخش خانگی به تفکیک کاربرد نهایی (End-Use) در سال ۱۳۹۵ "، بهینه سازی مصرف سوخت شرکت ملی نفت ایران می باشد.

نسبت سطح به حجم ساختمان

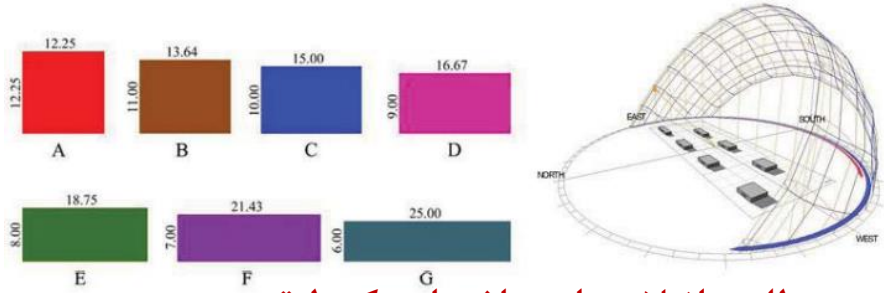
ارزیابی نسبت سطح به حجم

افزایش نسبت سطح به حجم، میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش ساختمان را افزایش داده که افزایش انرژی کل را سبب میگردد.

- نسبتهای در نظر گرفته شده در شبیه سازی بصورت ۱:۱/۲و۱:۱/۵ ،۱:۲ ،۱:۳ ،۱:۶ برگرفته از تناسبات ارائه شده در کتاب اقلیم و معماری است (کسمایی، ۱۳۸۹).
- نسبت سطح به حجم ۱:۶به عنوان مبنای کار قرار گرفته و سعی شده تا تناسب اضلاع با مساحت ثابت طبقه بررسی گردد



تناسبات پلان (نسبت طول به عرض)



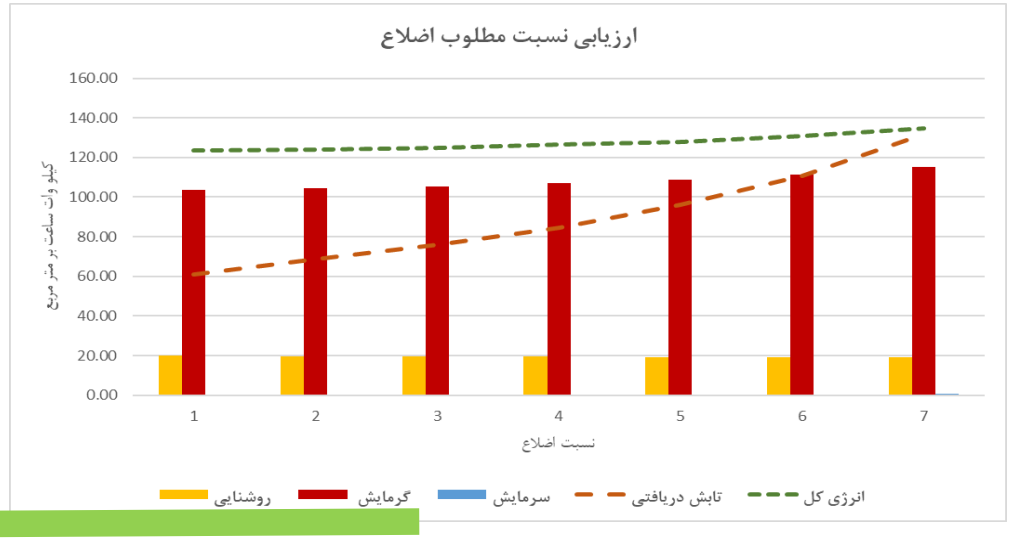
ارزیابی نسبت مطلوب اضلاع برای ساختمان یک طبقه

فرض:

- مساحت کف بصورت ثابت مقداری برابر با ۱۵۰متر مربع
- حجم ساختمان نیز ثابت و برابر با ۴۵۰متر مکعب
- ارتفاع طبقه در هر ۷وضعیت، ثابت و برابر ۳متر
- ۳۰ درصد درصد گشودگی در جبهه ها ی شمال و جنوب ساختمان و
- داشتن همسایگی در غرب و شرق

مشخصات در نظر گرفته شده برای ارزیابی تناسبات

شماره	طول (m)	عرض (m)	ارتفاع (m)	مساحت کف (m^2)	مساحت دیوار (m^2)	حجم (m^3)	نسبت طول به عرض	نسبت سطح به حجم (A/v)
۱	۱۲,۲۵	۱۲,۲۵	۳,۰۰	۱۵۰	۱۴۷	۴۵۰	۱	۰,۳
۲	۱۳,۶۴	۱۱	۳,۰۰	۱۵۰	۱۴۷,۸۴	۴۵۰	۱,۲۴	۰,۳۲
۳	۱۵	۱۰	۳,۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۴۵۰	۱,۵	۰,۳۳
۴	۱۶,۶۷	۹	۳,۰۰	۱۵۰	۱۵۴,۰۲	۴۵۰	۱,۸۵	۰,۳۴
۵	۱۸,۷۵	۸	۳,۰۰	۱۵۰	۱۶۰,۰۵	۴۵۰	۲,۳۴	۰,۳۵
۶	۲۱,۴۳	۷	۳,۰۰	۱۵۰	۱۶۹,۵۸	۴۵۰	۳	۰,۳۷
۷	۲۵	۶	۳,۰۰	۱۵۰	۱۸۶	۴۵۰	۴,۱	۰,۴۱



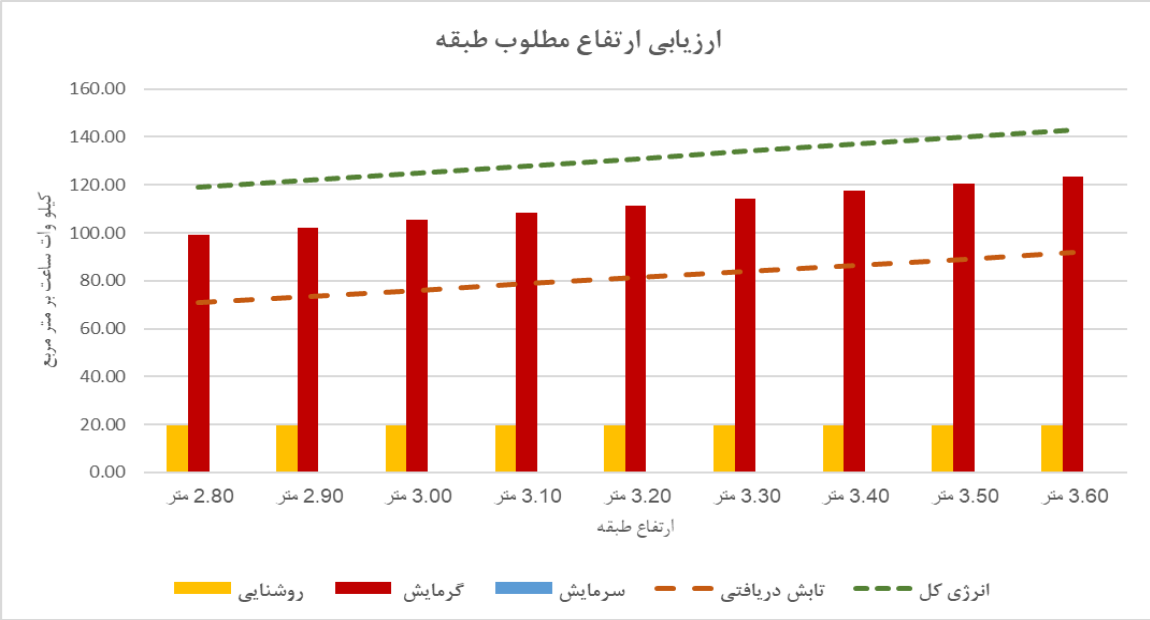
میزان مصرف انرژی سالیانه ساختمانهای نمونه

شماره	تابش دریافتی Wh/m^2	روشنایی Wh/m^2	گرمایش Wh/m^2	سرمایش Wh/m^2	انرژی کل Wh/m^2
۱	۶۱۱۰۱.۳۵	۱۹۹۶۶.۸۷	۱۰۳۴۸۸.۸۶	۰.۰۰	۱۲۳۴۵۵.۷۴
۲	۶۸۶۴۵.۰۵	۱۹۷۵۲.۴۱	۱۰۴۳۹۱.۶۹	۱.۰۹	۱۲۴۱۴۵.۱۹
۳	۷۶۱۲۳.۹۳	۱۹۶۰۱.۵۷	۱۰۵۳۳۳.۳۳	۱۳.۳۸	۱۲۴۹۴۸.۲۸
۴	۸۴۵۰۴.۸۹	۱۹۳۸۸.۹۴	۱۰۶۹۴۸.۹۰	۳۲.۰۲	۱۲۶۳۶۹.۸۷
۵	۹۶۲۵۹.۲۶	۱۹۲۱۰.۱۴	۱۰۸۶۹۳.۷۶	۷۰.۴۶	۱۲۷۹۷۴.۳۷
۶	۱۱۰۷۹۱.۲۰	۱۹۱۳۱.۱۵	۱۱۱۴۱۰.۴۸	۱۸۹.۴۵	۱۳۰۷۳۱.۰۸
۷	۱۳۱۹۱۸.۱۷	۱۹۰۲۵.۷۲	۱۱۵۱۲۰.۳۶	۵۴۶.۶۵	۱۳۴۶۹۲.۷۲

ارتفاع مطلوب

ارزیابی ارتفاع مطلوب طبقه و پیدا کردن ارتفاع بهینه

- اعداد از ۲,۸۰ متر تا ۳,۶۰ متر با فواصل یک دهم براساس ارتفاعات رایج برای ساختمان‌های مسکونی
- کمترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش ساختمان، نیاز اصلی اقلیم شهر اردبیل متعلق به ساختمان با ارتفاع ۲,۸۰ متر است.
- افزایش ارتفاع، افزایش مقدار انرژی کل را به همراه دارد.



ارتفاع m	تابش دریافتی Wh/m²	روشنایی Wh/m²	گرمایش Wh/m²	سرمایش Wh/m²	انرژی کل Wh/m²
۲,۸۰	۷۰.۹۳	۱۹.۶۷	۹۹.۲۷	۰.۰۱	۱۱۸.۹۴
۲,۹۰	۷۳.۵۳	۱۹.۶۳	۱۰۲.۳۰	۰.۰۱	۱۲۱.۹۴
۳,۰۰	۷۶.۱۲	۱۹.۶۰	۱۰۵.۳۳	۰.۰۱	۱۲۴.۹۵
۳,۱۰	۷۸.۷۲	۱۹.۵۷	۱۰۸.۳۵	۰.۰۲	۱۲۷.۹۴
۳,۲۰	۸۱.۳۲	۱۹.۵۴	۱۱۱.۴۰	۰.۰۲	۱۳۰.۹۶
۳,۳۰	۸۳.۹۱	۱۹.۵۱	۱۱۴.۴۵	۰.۰۳	۱۳۳.۹۹
۳,۴۰	۸۶.۵۱	۱۹.۴۹	۱۱۷.۵۰	۰.۰۳	۱۳۷.۰۲
۳,۵۰	۸۹.۱۰	۱۹.۴۶	۱۲۰.۵۶	۰.۰۴	۱۴۰.۰۶
۳,۶۰	۹۱.۷۰	۱۹.۴۴	۱۲۳.۶۳	۰.۰۴	۱۴۳.۱۱

- میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش ساختمان با کاهش ارتفاع سقف کاهش میابد.
- افزایش ارتفاع، افزایش مقدار انرژی کل را به همراه دارد

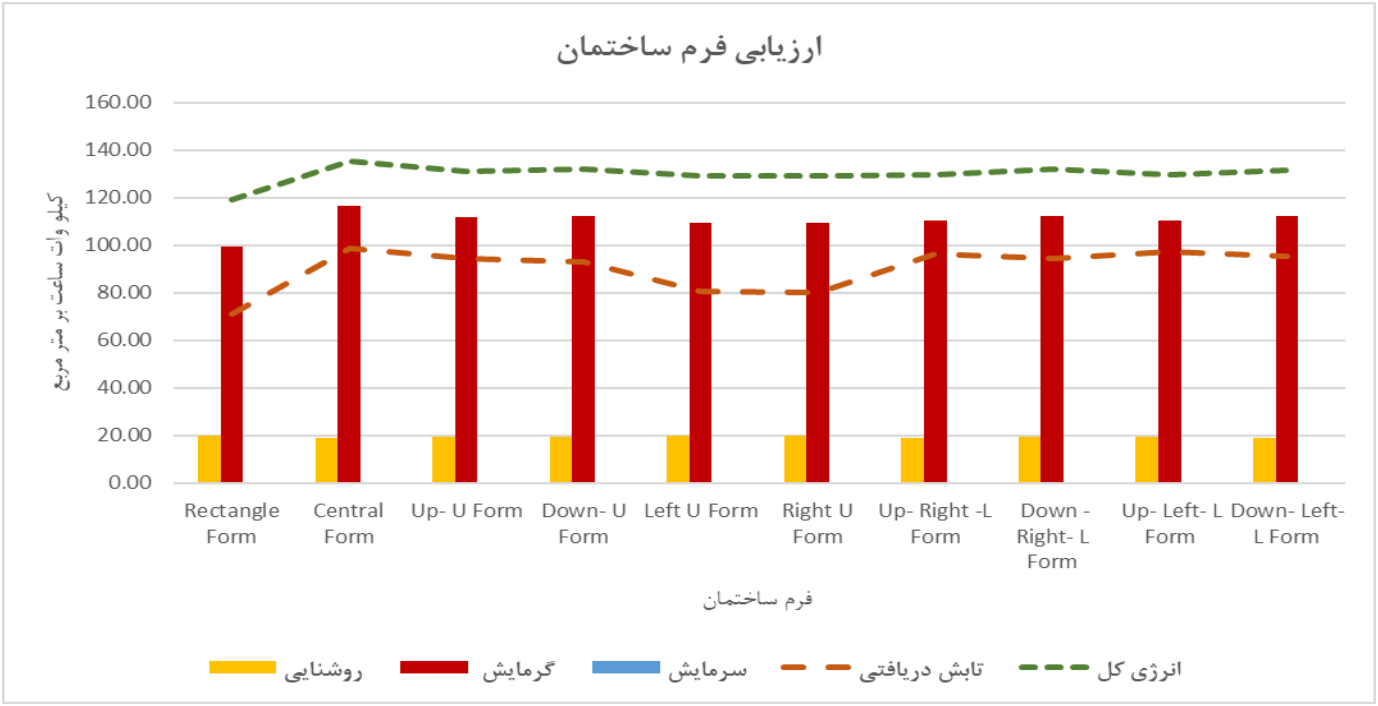
ارزیابی وانتخاب فرم بهینه

جدول ۳۳- فرم‌های ارزیابی شده

فرم	kWh/m²		فرم	kWh/m²	
	روشنایی	۱۹.۶۷		روشنایی	۱۹.۰۶
	گرمایش	۹۹.۲۷		گرمایش	۱۱۶.۳۱
	سرمایش	۰.۰۱		سرمایش	۰.۱۹
	انرژی کل	۱۱۸.۹۴		انرژی کل	۱۳۵.۵۷
Rectangle Form, Area= 139.60m²	تابش دریافتی	۷۰.۹۳	Central Form, Area= 134.80m²	تابش دریافتی	۹۸.۵۹
	روشنایی	۱۹.۳۴		روشنایی	۱۹.۳۵
	گرمایش	۱۱۱.۵۹		گرمایش	۱۱۲.۳۱
	سرمایش	۰.۱۷		سرمایش	۰.۱۵
	انرژی کل	۱۳۱.۰۹		انرژی کل	۱۳۱.۸۲
Up-U Form, Area= 132.20m²	تابش دریافتی	۹۴.۲۷	Down-U Form, Area= 132.20m²	تابش دریافتی	۹۳.۱۸
	روشنایی	۱۹.۷۹		روشنایی	۱۹.۸۸
	گرمایش	۱۰۹.۲۴		گرمایش	۱۰۹.۱۹
	سرمایش	۰.۰۴		سرمایش	۰.۰۴
	انرژی کل	۱۲۹.۰۸		انرژی کل	۱۲۹.۱۱
Left-U Form, Area= 137.80m²	تابش دریافتی	۸۰.۶۶	Right-U Form, Area= 137.80m²	تابش دریافتی	۸۰.۲۸
	روشنایی	۱۹.۱۰		روشنایی	۱۹.۴۶
	گرمایش	۱۱۰.۵۷		گرمایش	۱۱۲.۲۱
	سرمایش	۰.۱۵		سرمایش	۰.۱۵
	انرژی کل	۱۲۹.۸۲		انرژی کل	۱۳۱.۸۲
Up-Right -L Form, Area= 132.60m²	تابش دریافتی	۹۶.۱۹	Down-Right- L Form, Area= 132.20m²	تابش دریافتی	۹۴.۴۷
	روشنایی	۱۹.۳۶		روشنایی	۱۹.۰۹۹
	گرمایش	۱۱۰.۲۱		گرمایش	۱۱۲.۱۷
	سرمایش	۰.۲۶		سرمایش	۰.۲۵۳
	انرژی کل	۱۲۹.۸۳		انرژی کل	۱۳۱.۵۲
Up-Left- L Form, Area= 132.60m²	تابش دریافتی	۹۷.۱۵	Down-Left- L Form, Area= 132.60m²	تابش دریافتی	۹۵.۵۳

ارزیابی وانتخاب فرم بهینه

- از فرمهای مرسوم در معماری استفاده و به ارزیابی آنها پرداخته شده است.
- فرمهای شبیه سازی شده؛ مکعب، حیاط مرکزی، یو و ال را شامل میشود.
- در روند ارزیابی فرمها سعی برآن بوده است که مساحتها مساوی و یا نزدیک به هم باشد.
- فرم مستطیل در مقایسه با دیگر فرمها، کمترین میزان مصرف انرژی در تامین گرمایش مورد نیاز و همچنین کمترین مقدار انرژی کل را دارد



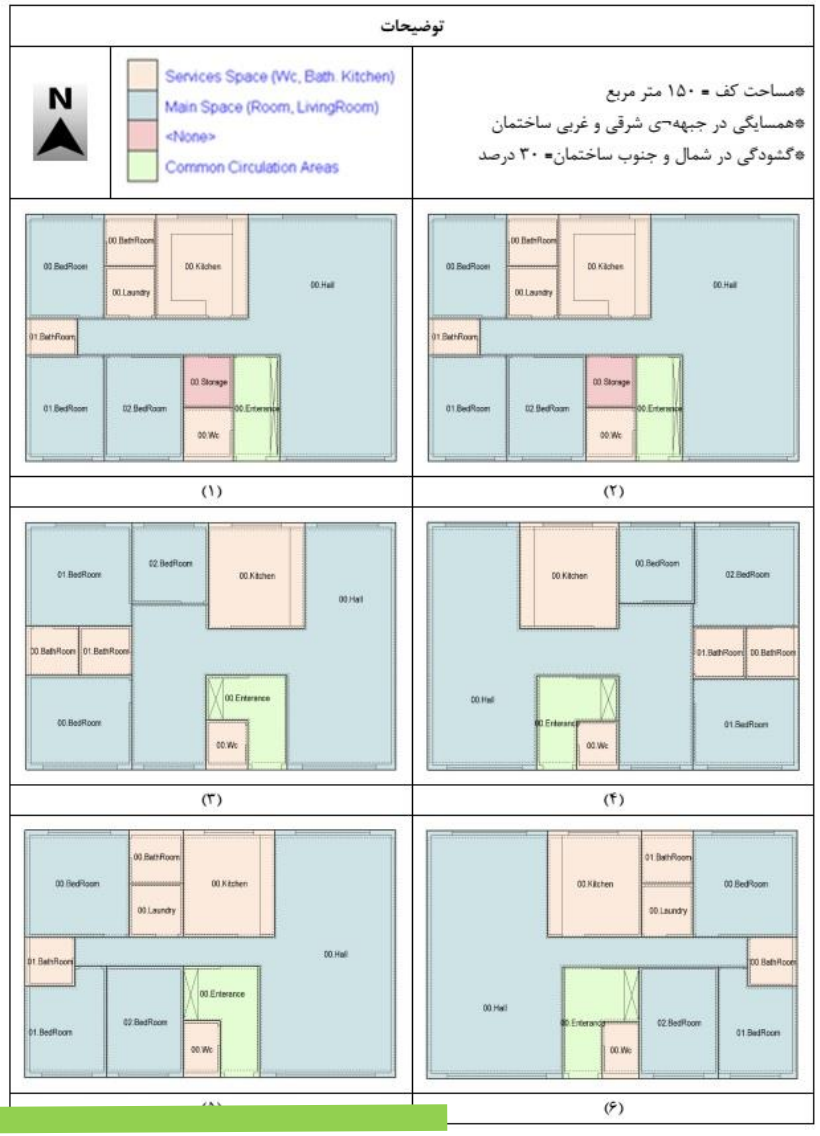
طراحی پلان یک طبقه

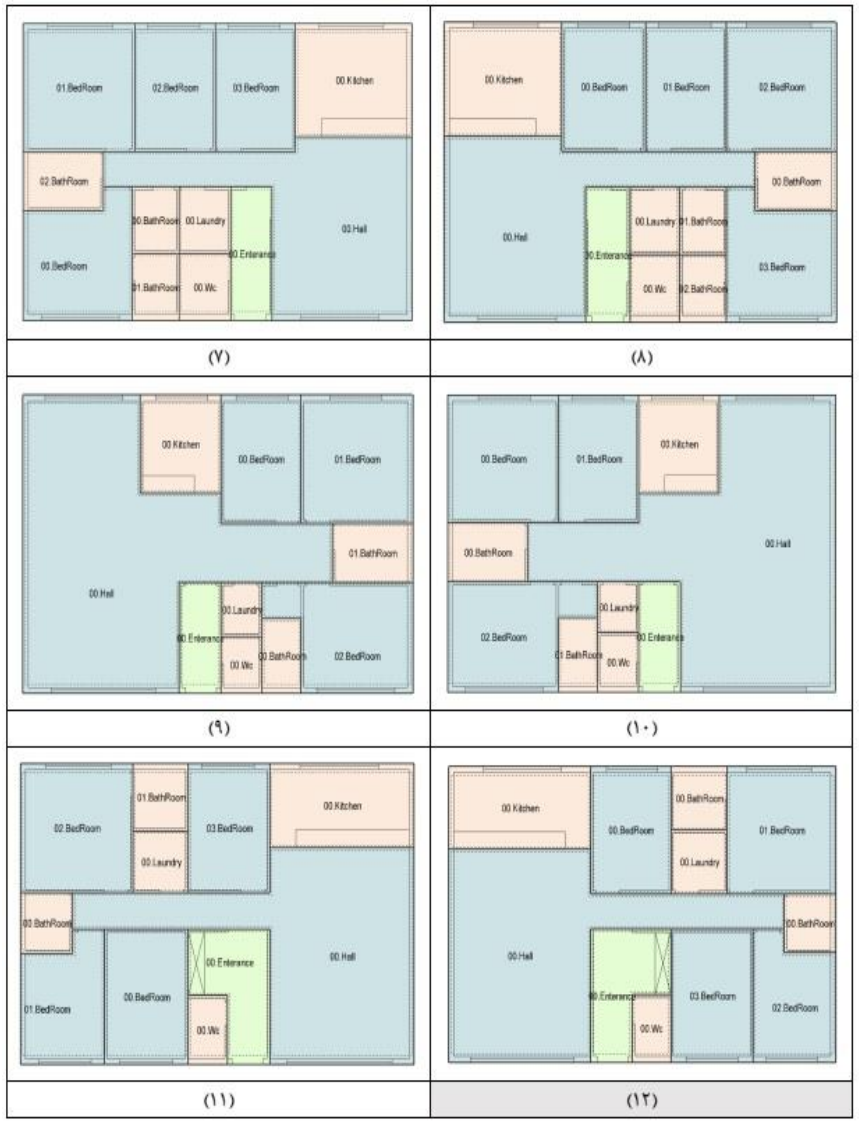
ارزیابی پیکره بندی بهینه پلان

فرض:

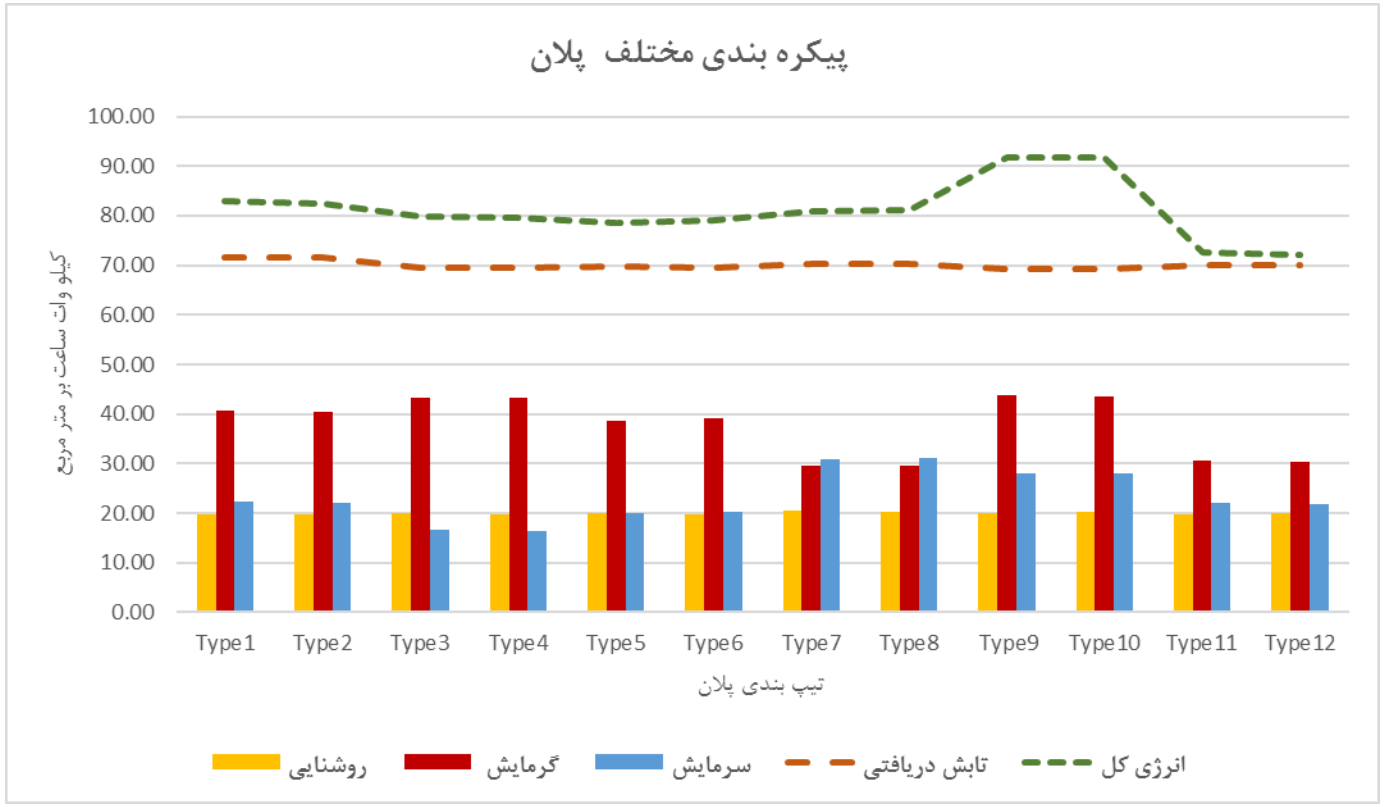
- طراحی، شبیه سازی و آنالیزپلان با نسبت طول به عرض ۱.۵و ارتفاع ۲.۸۰متر با فرم مستطیل به ۱۲حالت
- مساحت کف ۱۵۰ مترمربع
- خانه مسکونی تک خانوار
- در همه حالتها، مساحت برابر، ۳۰درصد گشودگی درجبهه ی شمالی و جنوبی و وجود همسایگی درجبهه شرقی و غربی ساختمان
- نحوه قرارگیری فضاها در پلان شماره ۱۲در مقایسه با دیگرحالتهای شبیه سازی شده،مصرف انرژی کمتری در تامین گرمایش و همچنین انرژی کل را سبب شده است

جدول ۳۴- نحوه‌ی قرارگیری فضاهای داخلی در پلان





طراحی پلان یک طبقه

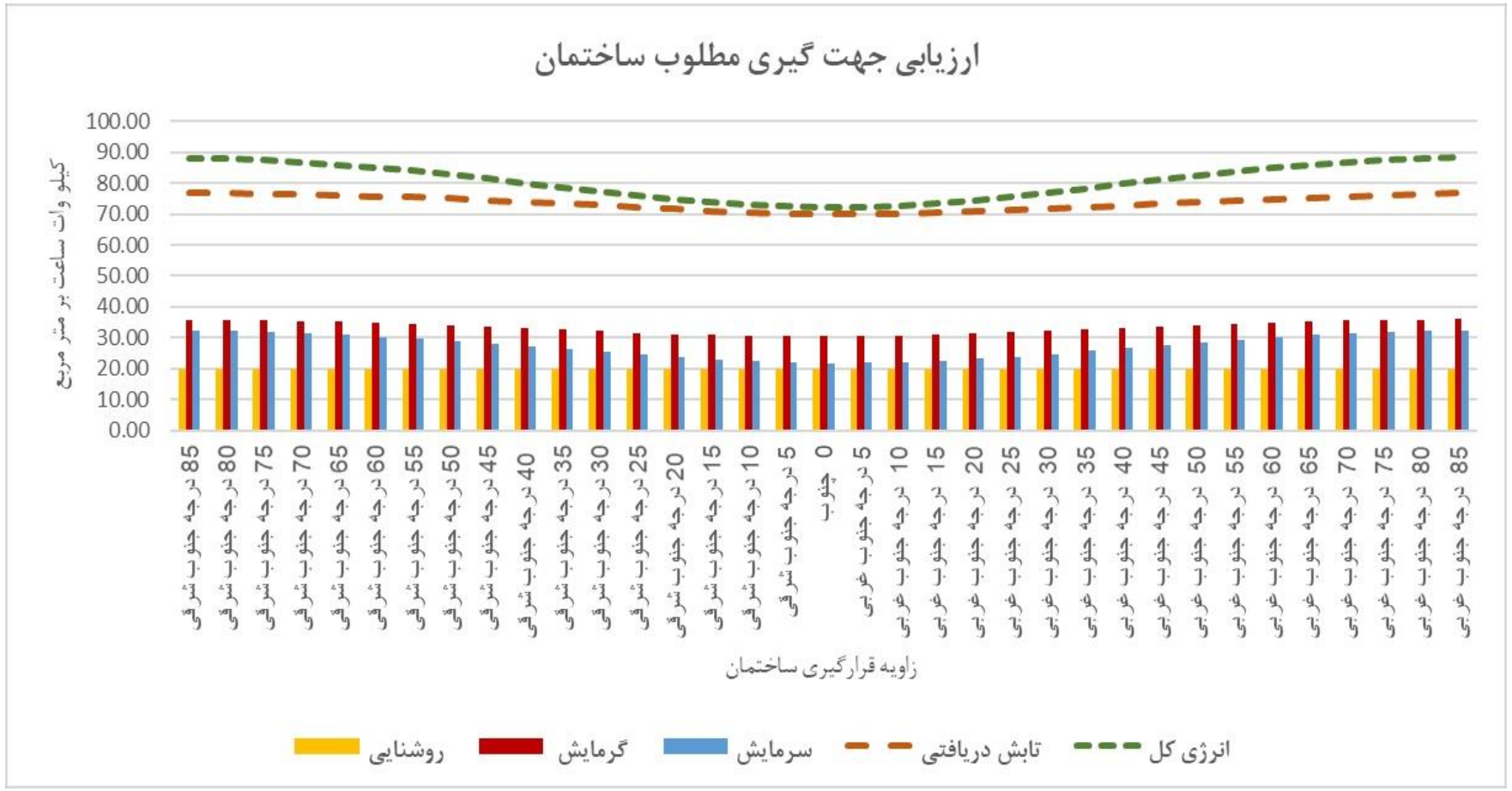


- تغییر چیدمان فضا، کاهش انرژی نهایی سالانه برای گرمایش و سرمایش ساختمان را به همراه داشته است
- پلان شماره ۱۲ مصرف انرژی کمتری در تامین گرمایش و همچنین انرژی کل را سبب شده است.
- میزان تابش دریافتی توسط هر یک از حالت‌های فوق در یک محدوده قرار داشته و اختلاف بسیار کمی وجود دارد.
- نحوه قرارگیری فضاها در پلان شماره ۱۲در مقایسه با دیگرحالتهای شبیه سازی شده،مصرف انرژی کمتری در تامین گرمایش و همچنین انرژی کل را سبب شده است

طراحی پلان یک طبقه(آسایش حرارتی)

- پیکربندی پلان و نحوه‌ی قرارگیری فضاهای داخلی نقش موثری در میزان مصرف انرژی و تامین آسایش کاربران دارد.
- تاثیر چیدمان فضا (پیکره‌بندی پلان) بر مصرف انرژی بیشتر از آسایش کاربران است، بطوریکه تغییر چیدمان فضا، کاهش انرژی نهایی سالانه برای گرمایش و سرمایش ساختمان را به همراه داشته است.
- نمودار PMVمربوط به پلان شماره یک، نیاز به گرمایش در بازه های سرد سال را خاطر نشان میسازد.
  در ماههای گرم سال نیاز به سرمایش نبوده و شرایط آسایش بصورت نسبی برقراراست.
- در نمودار میانگین آرا پیش بینی شده دیگر طرح ها نیز شرایط مشابه حالت اول بوده و نیاز به گرمایش برای تامین آسایش در اقلیم سرد شهر اردبیل را یادآور میشود.

جهت گیری ساختمان



- جهتگیری ساختمان به منظور بهبود تابش دریافتی توام با کاهش مصرف انرژی ساختمان انجام میشود.
- ساختمان با فواصل ۵درجه چرخش نسبت به جنوب در جهت شرق و سپس غرب شبیه سازی و ارزیابی گریده است.
- تفاوت مقادیر مربوطه بین چرخش به شرق و غرب سیار ناچیز بوده که با توجه به بهتر بودن تابش دریافتی در جهت شرق، زاویه ۵درجه جنوب شرقی به عنوان جهت قرارگیری مطلوب برای ساختمان انتخاب شده است.

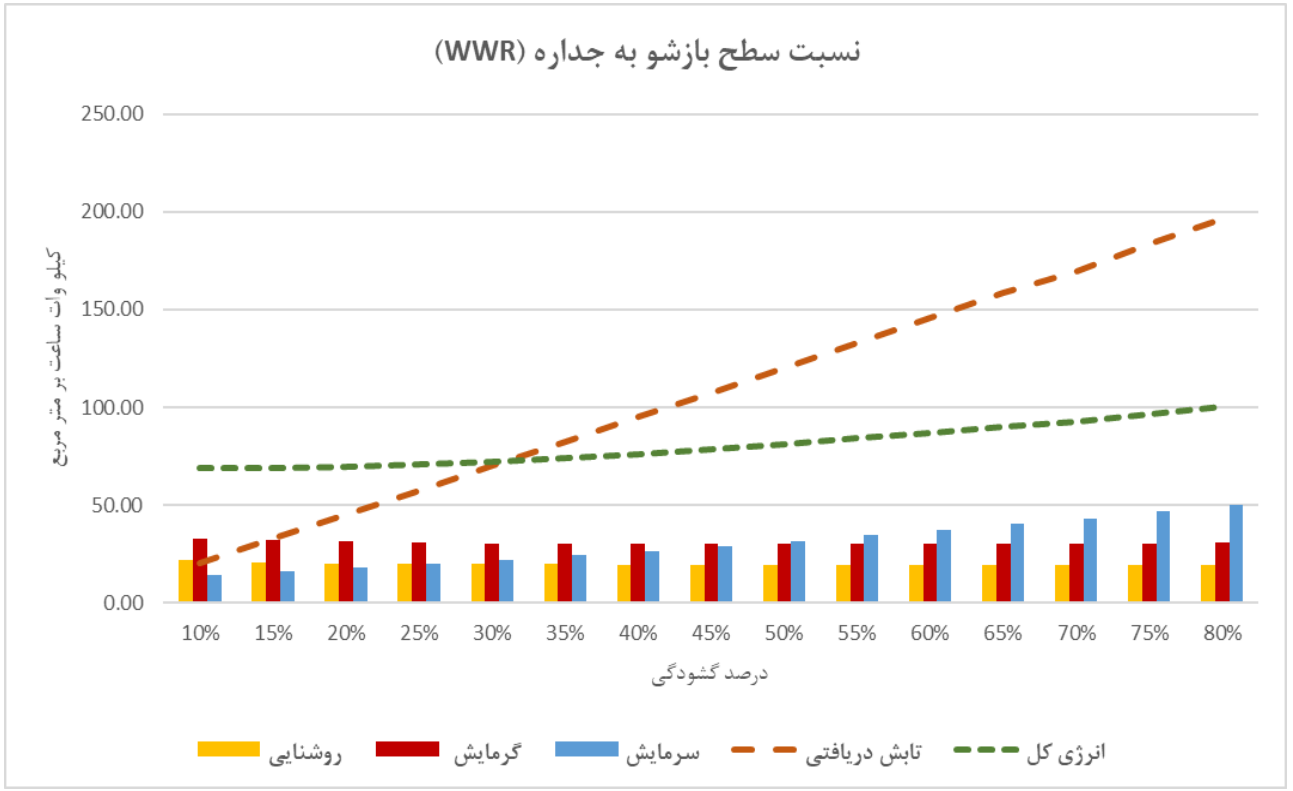
ارزیابی ساختمان منتخب در جهت های (جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی) مختلف

جهت گیری ساختمان

	جهت‌گیری	روشنایی	گرمایش	سرمایش	انرژی کل	تابش دریافتی
زاویه چرخش از جنوب به سمت شرق (جنوب شرقی)	۸۵ درجه	۱۹.۸۴	۳۵.۸۹	۳۲.۴۱	۸۸.۱۵	۷۶.۸۱
	۸۰ درجه	۱۹.۸۴	۳۵.۸۰	۳۲.۲۱	۸۷.۸۶	۷۶.۷۴
	۷۵ درجه	۱۹.۸۴	۳۵.۶۶	۳۱.۹۰	۸۷.۴۰	۷۶.۶۰
	۷۰ درجه	۱۹.۸۴	۳۵.۴۷	۳۱.۴۸	۸۶.۷۹	۷۶.۳۹
	۶۵ درجه	۱۹.۸۴	۳۵.۲۱	۳۰.۹۶	۸۶.۰۱	۷۶.۱۰
	۶۰ درجه	۱۹.۸۴	۳۴.۹۰	۳۰.۳۳	۸۵.۰۷	۷۵.۷۷
	۵۵ درجه	۱۹.۸۴	۳۴.۵۲	۲۹.۶۲	۸۳.۹۸	۷۵.۳۸
	۵۰ درجه	۱۹.۸۴	۳۴.۰۹	۲۸.۸۳	۸۲.۷۶	۷۴.۹۴
	۴۵ درجه	۱۹.۸۴	۳۳.۶۱	۲۷.۹۷	۸۱.۴۲	۷۴.۴۶
	۴۰ درجه	۱۹.۸۵	۳۳.۰۹	۲۷.۰۶	۸۰.۰۱	۷۳.۹۵
	۳۵ درجه	۱۹.۸۵	۳۲.۵۷	۲۶.۱۵۸	۷۸.۵۸	۷۳.۳۹
	۳۰ درجه	۱۹.۸۶	۳۲.۰۶	۲۵.۲۵	۷۷.۱۸	۷۲.۸۱
	۲۵ درجه	۱۹.۸۷	۳۱.۶۰	۲۴.۳۹	۷۵.۸۶	۷۲.۲۰
	۲۰ درجه	۱۹.۸۷	۳۱.۲۰	۲۳.۵۹	۷۴.۶۷	۷۱.۶۰
	۱۵ درجه	۱۹.۸۸	۳۰.۸۸	۲۲.۹۰	۷۳.۶۶	۷۱.۰۵
	۱۰ درجه	۱۹.۸۸	۳۰.۶۵	۲۲.۳۴	۷۲.۸۸	۷۰.۵۷
	۵ درجه	۱۹.۸۹	۳۰.۵۱	۲۱.۹۸	۷۲.۳۸	۷۰.۲۲
جنوب	۰	۱۹.۸۹	۳۰.۴۸	۲۱.۸۰	۷۲.۱۸	۷۰.۰۲
زاویه چرخش از جنوب به سمت غرب (جنوب غربی)	۵ درجه	۱۹.۹۰	۳۰.۵۴	۲۱.۸۴	۷۲.۲۸	۶۹.۹۹
	۱۰ درجه	۱۹.۹۱	۳۰.۷۰	۲۲.۰۸	۷۲.۶۹	۷۰.۱۱
	۱۵ درجه	۱۹.۹۱	۳۰.۹۴	۲۲.۵۳	۷۳.۳۹	۷۰.۳۸
	۲۰ درجه	۱۹.۹۲	۳۱.۲۸	۲۳.۱۲	۷۴.۳۳	۷۰.۷۶
	۲۵ درجه	۱۹.۹۲	۳۱.۶۸	۲۳.۸۸	۷۵.۵۰	۷۱.۲۲
	۳۰ درجه	۱۹.۹۳	۳۲.۱۵	۲۴.۷۳	۷۶.۸۲	۷۱.۷۲
	۳۵ درجه	۱۹.۹۴	۳۲.۶۳	۲۵.۶۶	۷۸.۲۴	۷۲.۲۴
	۴۰ درجه	۱۹.۹۴	۳۳.۱۴	۲۶.۶۱۸	۷۹.۷۱	۷۲.۷۶
	۴۵ درجه	۱۹.۹۴	۳۳.۶۴	۲۷.۵۶	۸۱.۱۶	۷۳.۲۹
	۵۰ درجه	۱۹.۹۵	۳۴.۱۲	۲۸.۴۶	۸۲.۵۴	۷۳.۸۱
	۵۵ درجه	۱۹.۹۵	۳۴.۵۴	۲۹.۳۲	۸۳.۸۳	۷۴.۳۲
	۶۰ درجه	۱۹.۹۶	۳۴.۹۳	۳۰.۰۹	۸۴.۹۹	۷۴.۸۱
	۶۵ درجه	۱۹.۹۶	۳۵.۲۴	۳۰.۷۸	۸۶.۰۰	۷۵.۲۸
	۷۰ درجه	۱۹.۹۷	۳۵.۵۱	۳۱.۳۶	۸۶.۸۵	۷۵.۷۱
	۷۵ درجه	۱۹.۹۷	۳۵.۷۱	۳۱.۸۳	۸۷.۵۲	۷۶.۰۹
	۸۰ درجه	۱۹.۹۸	۳۵.۸۷	۳۲.۱۹	۸۸.۰۴	۷۶.۴۱
	۸۵ درجه	۱۹.۹۸	۳۵.۹۷	۳۴.۴۳	۸۸.۳۸	۷۶.۶۶

مصرف انرژی ساختمان
برگزیده در جهت‌گیری‌های
مختلف

نسبت مساحت پنجره به دیوار



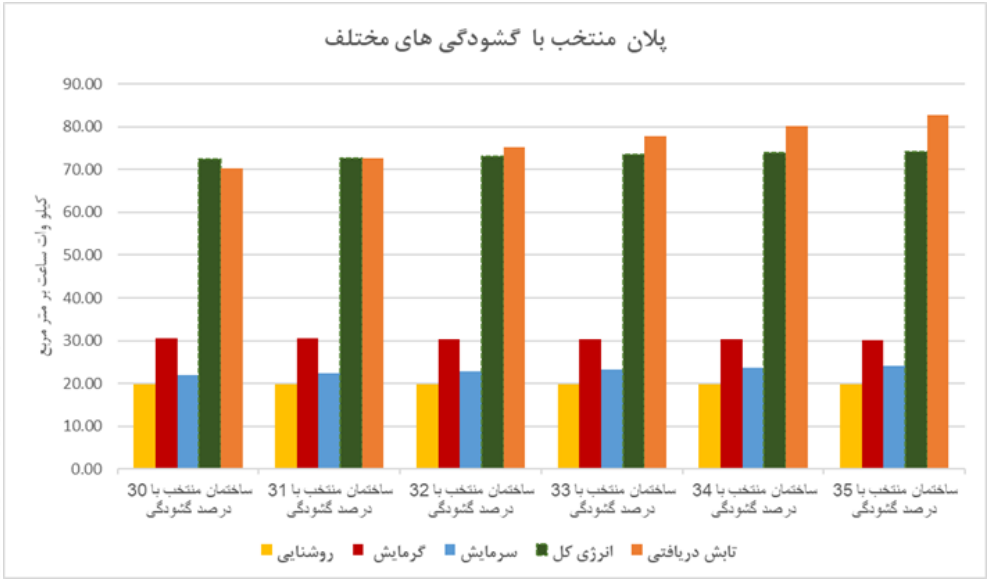
کیلو وات ساعت بر متر مربع (KWh/m^2)					
نسبت سطح بازشو به سطح جداره	روشنایی	گرمایش	سرمایش	تابش دریافتی	انرژی کل
۱۰٪	۲۱.۸۱	۳۲.۶۸	۱۴.۳۴	۲۰.۴۷	۶۸.۸۳
۱۵٪	۲۰.۸۲	۳۲.۰۶	۱۶.۰۲	۳۲.۹۱	۶۸.۸۹
۲۰٪	۲۰.۳۵	۳۱.۴۴	۱۷.۸۸	۴۵.۳۵	۶۹.۶۸
۲۵٪	۲۰.۰۷	۳۰.۹۲	۱۹.۸۷	۵۷.۷۸	۷۰.۸۶
۳۰٪	۱۹.۸۹	۳۰.۵۲	۲۱.۹۸	۷۰.۲۲	۷۲.۳۸
۳۵٪	۱۹.۷۵	۳۰.۲۳	۲۴.۲۱	۸۲.۶۶	۷۴.۱۹
۴۰٪	۱۹.۶۵	۳۰.۰۸	۲۶.۵۵	۹۵.۰۹	۷۶.۲۹
۴۵٪	۱۹.۵۷	۳۰.۰۲	۲۹.۰۵	۱۰۷.۵۳	۷۸.۶۴
۵۰٪	۱۹.۵۱	۳۰.۰۶	۳۱.۶۸	۱۱۹.۹۷	۸۱.۲۵
۵۵٪	۱۹.۴۳	۳۰.۱۱	۳۴.۵	۱۳۲.۶۴	۸۴.۰۵
۶۰٪	۱۹.۳۵	۳۰.۱۶	۳۷.۴۹	۱۴۵.۵۰	۸۷.۰۱
۶۵٪	۱۹.۲۹	۳۰.۳	۴۰.۶	۱۵۸.۳۷	۹۰.۱۹
۷۰٪	۱۹.۲۵	۳۰.۴	۴۳.۱۹	۱۶۹.۱۳	۹۲.۸۴
۷۵٪	۱۹.۴۵	۳۰.۳۶	۴۶.۷۴	۱۸۳.۳۰	۹۶.۵۶
۸۰٪	۱۹.۳۷	۳۰.۶۸	۵۰	۱۹۶.۱۴	۱۰۰.۰۵

- بازه ۳۰ تا ۳۵ درصد گشودگی شرایط مطلوبی را از نظر تابش دریافتی و انرژی کل به همراه دارد.
- در نسبت‌های قبل از این بازه، میزان تابش دریافتی اختلاف زیادی با مقادیر دریافتی در بازه مذکور دارند در صورتیکه میزان انرژی کل آنها بهم نزدیک است.

نسبت مساحت پنجره به دیوار

ساختمان منتخب	کیلو وات ساعت بر متر مربع KWh/m^2				
	تابش دریافتی	انرژی کل	سرمایش	گرمایش	روشنایی
۳۰ درصد گشودگی	۷۰.۲۲	۷۲.۳۸	۲۱.۹۸	۳۰.۵۲	۱۹.۸۹
۳۱ درصد گشودگی	۷۲.۷۱	۷۲.۷۲	۲۲.۴۱	۳۰.۴۵	۱۹.۸۶
۳۲ درصد گشودگی	۷۵.۲۰	۷۳.۰۷	۲۲.۸۶	۳۰.۳۹	۱۹.۸۳
۳۳ درصد گشودگی	۷۷.۶۸	۷۳.۴۴	۲۳.۳۱	۳۰.۳۳	۱۹.۸۰
۳۴ درصد گشودگی	۸۰.۱۷	۷۳.۸۱	۲۳.۷۶	۳۰.۲۸	۱۹.۷۸
۳۵ درصد گشودگی	۸۲.۶۶	۷۴.۱۹	۲۴.۲۱	۳۰.۲۳	۱۹.۷۵

بازه انتخابی (۳۰-۳۵ درصد) (WWR) نسبت سطح بازشو به جداره



منتخب با گشودگی های بی ۳۱ تا ۳۵ درصد

- اختلاف بین حد بالا و پایین بازه بطور تقریبی ۲ کیلو وات ساعت بر متر مربع است.
- با توجه به نزدیکی اعداد مربوط به انرژی کل و اختلاف نسبتاً زیاد میان مقادیر تابش دریافتی به منظور ارزیابی دقیق‌تر، فواصل بین بازه مذکور نیز شبیه‌سازی و ارائه شده است.
- مطابق با نمودار و جدول مذکور، ۳۴ درصد گشودگی به عنوان نسبت مطلوب برای بازشوهای ساختمان یک طبقه منتخب در نظر گرفته می‌شود.

ویژگیهای ساختمان برگزیده در فرایند شبیه سازی

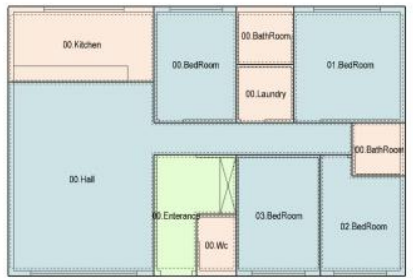
- پس از مشخص شدن ویژگیهای هندسی ساختمان یک طبقه به مطالعه مصرف انرژی ساختمان منتخب با افزایش تعداد طبقات آن پرداخته شده است.
- مشخصات جداره‌های داخلی و خارجی، کف، کف طبقات و مشخصات بام طبق جدول
- در روند انجام شبیه‌سازی، در جبهه شرقی و غربی ساختمان همسایگی در نظر گرفته شده است.
- میزان گشودگی در جداره‌های شمالی و جنوبی ساختمان ۳۴ درصد لحاظ گردیده است.

کف در تماس با خاک				
کفپوش	۳	۰.۳۷۰	۲.۷۰۲	
ماسه و سیمان	۲			
عایق حرارتی	۵			
بخاربند	۰.۱			
بتن کفسازی	۱۰			
بلوکاژ	۲۰			
کف طبقات				
کفپوش	۱	۰.۵۴۴	۱.۸۴۰	
ماسه وسیمان	۲۵			
شیب بندی	۵			
عایق حرارتی	۵			
بتن مسلح	۱			
نازک کاری				
کفسازی بام				
نازک کاری	۱.۵	۰.۴۶۵	۲.۱۵۲	
بتن مسلح	۲۰			
بخاربند	۰.۱			
عایق حرارتی	۵			
شیب بندی	۳			
عایق رطوبتی	۰.۱			
اندود محافظ	۱			
ماسه و سیمان	۱			
کفپوش	۲			

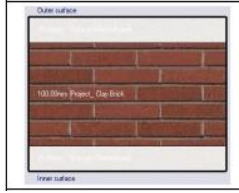
توضیحات

پلان شماره ۱۲ (منتخب):

- مساحت= ۱۵۰ متر مربع
- همسایگی در جبهه‌ی شرقی و غربی ساختمان
- نسبت بازشو به سطح جداره در جبهه‌ی شمالی و جنوبی ساختمان= ۳۴ درصد

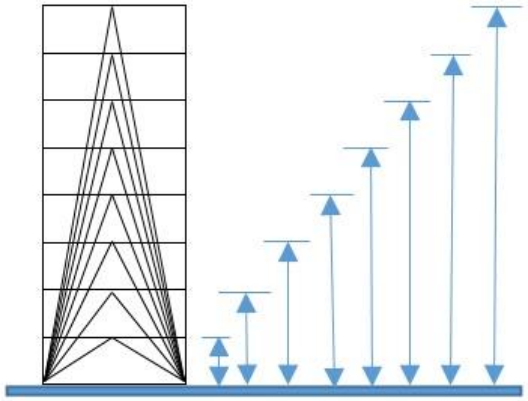


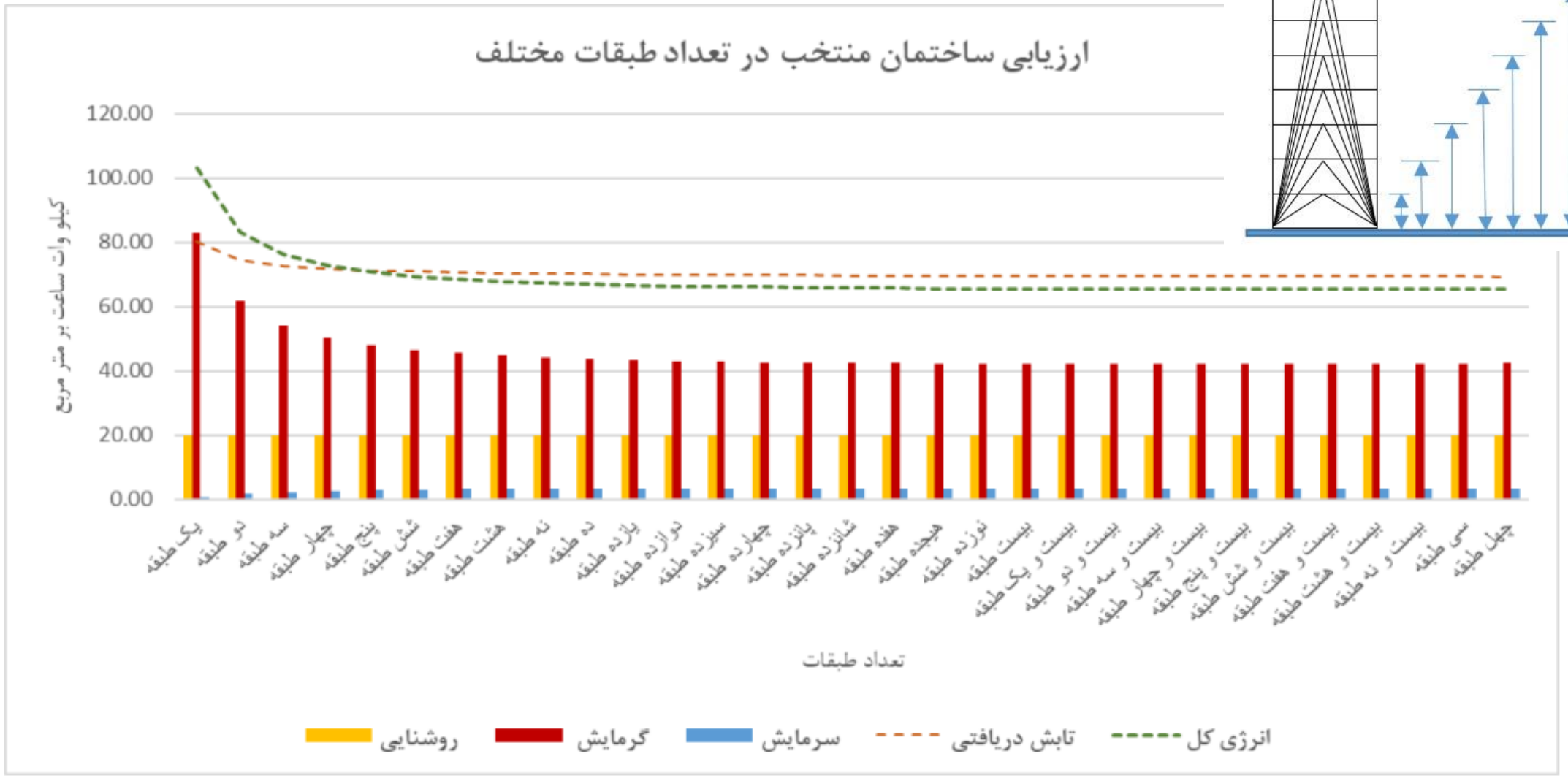
مصالح مورد استفاده

دیوار خارجی				
مصالح	ضخامت (Cm)	ضریب انتقال حرارت (W/m^2-k)	مقاومت حرارت (m2-k /w)	تصویر
نازک کاری	۱	۰.۵۰۷	۱.۹۷۲	
گچ و خاک	۱			
آجر سفال	۱۰			
عایق حرارتی	۵			
آجر سفال	۱۰			
دوغاب	۱			
آجر نما	۲			
دیوار داخلی				
نازک کاری	۲.۵	۰.۵۹۰	۱.۶۹۵	
آجر سفال	۱۰			
نازک کاری	۲.۵			

مصالح و مشخصات در نظر گرفته شده برای گزینه برگزیده

افزایش تعداد طبقات ساختمان





ارزیابی ساختمان منتخب در تعداد طبقات مختلف (افزایش تعداد طبقات)

ساختمان	کیلو وات ساعت بر متر مربع (kWh/m^2)					
	روشنایی	گرمایش	سرمایش	انرژی کل	تابش دریافتی	شاخص آسایش حرارتی (PMV)
شانزده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۴۸	۳,۴۱	۶۵,۸۱	۶۹,۶۹	-۱,۰۳
هفده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۳۹	۳,۴۱	۶۵,۷۱	۶۹,۶۵	-۱,۰۳
هیجده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۳۱	۳,۴۱	۶۵,۶۴	۶۹,۶۲	-۱,۰۳
نوزده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۳۱	۳,۴۱	۶۵,۶۴	۶۹,۵۸	-۱,۰۳
بیست طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۳۱	۳,۴۱	۶۵,۵۳	۶۹,۵۵	-۱,۰۳
بیست و یک طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۱۷	۳,۴۰	۶۵,۴۸	۶۹,۵۳	-۱,۰۳
بیست و دو طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۱۴	۳,۳۹	۶۵,۴۵	۶۹,۵۰	-۱,۰۳
بیست و سه طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۱۲	۳,۳۹	۶۵,۴۳	۶۹,۴۸	-۱,۰۳
بیست و چهار طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۱	۳,۳۸	۶۵,۴۱	۶۹,۴۶	-۱,۰۳
بیست و پنج طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۱	۳,۳۷	۶۵,۳۹	۶۹,۴۴	-۱,۰۳
بیست و شش طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۱	۳,۳۶	۶۵,۳۸	۶۹,۴۲	-۱,۰۳
بیست و هفت طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۱	۳,۳۵	۶۵,۳۸	۶۹,۴۱	-۱,۰۴
بیست و هشت طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۲	۳,۳۴	۶۵,۳۸	۶۹,۳۹	-۱,۰۴
بیست و نه طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۴	۳,۳۳	۶۵,۳۸	۶۹,۳۸	-۱,۰۴
سی طبقه	۱۹,۹۲	۴۲,۱۵	۳,۳۲	۶۵,۳۹	۶۹,۳۷	-۱,۰۴

ساختمان	کیلو وات ساعت بر متر مربع (kWh/m^2)					
	روشنایی	گرمایش	سرمایش	انرژی کل	تابش دریافتی	شاخص آسایش حرارتی (PMV)
یک طبقه	۱۹,۷۸	۸۲,۸۲	۰,۶۹	۱۰۳,۲۸	۸۰,۱۷	-۱,۴۷
دو طبقه	۱۹,۸۴	۶۱,۷۰	۱,۶۰	۸۳,۱۴	۷۴,۵۸	-۱,۲۷
سه طبقه	۱۹,۸۷	۵۴,۰۲	۲,۲۴	۷۶,۱۳	۷۲,۷۲	-۱,۱۸
چهار طبقه	۱۹,۸۸	۵۰,۲۰	۲,۶۴	۷۲,۷۳	۷۱,۷۹	-۱,۱۳
پنج طبقه	۱۹,۸۹	۴۷,۹۵	۲,۸۹	۷۰,۷۴	۷۱,۲۳	-۱,۱۰
شش طبقه	۱۹,۹۰	۴۶,۴۹	۳,۰۵	۶۹,۴۴	۷۰,۸۶	-۱,۰۸
هفت طبقه	۱۹,۹۰	۴۵,۴۷	۳,۱۶	۶۸,۵۳	۷۰,۵۹	-۱,۰۷
هشت طبقه	۱۹,۹۰	۴۴,۷۳	۳,۲۴	۶۷,۸۷	۷۰,۳۹	-۱,۰۶
نه طبقه	۱۹,۹۰	۴۴,۱۷	۳,۲۹	۶۷,۳۷	۷۰,۲۴	-۱,۰۵
ده طبقه	۱۹,۹۱	۴۳,۷۴	۳,۳۳	۶۶,۹۷	۷۰,۱۱	-۱,۰۵
یازده طبقه	۱۹,۹۱	۴۳,۴۰	۳,۳۶	۶۶,۶۷	۷۰,۰۱	-۱,۰۴
دوازده طبقه	۱۹,۹۱	۴۳,۱۳	۳,۳۸	۶۶,۴۲	۶۹,۹۳	-۱,۰۴
سیزده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۹۱	۳,۴۰	۶۶,۲۲	۶۹,۸۵	-۱,۰۴
چهارده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۷۴	۳,۴۱	۶۶,۰۵	۶۹,۷۹	-۱,۰۴
پانزده طبقه	۱۹,۹۱	۴۲,۶۰	۳,۴۱	۶۵,۹۲	۶۹,۷۴	-۱,۰۳

بررسی ساختمان منتخب در تعداد طبقات مختلف

تجزیه و تحلیل (تجمیع طبقات)

تجمیعی	تعداد طبقه (...طبقه)	وضعیت
انرژی مصرفی کل	۱-۲۹	کاهش
	۳۰	افزایش
تابش دریافتی	۱-۳۰	کاهش
شاخص آسایش حرارتی	۱-۲۶	افزایش
	۲۷-۳۰	کاهش

رابطه انرژی کل با افزایش طبقه(در تعداد طبقات مختلف):

- یک طبقه بیشترین انرژی کل را دارد.
- انرژی کل دو طبقه نسبت به یک طبقه کاهش می یابد.
- انرژی کل از دوطبقه تا بیست و نه طبقه کاهش دارد.
- انرژی سی طبقه نسبت به بیست و نه طبقه افزایش دارد.

نتیجه:

به جز آخرین طبقه افزایش طبقه با انرژی کل رابطه معکوس دارد

رابطه تابش با افزایش طبقه (در تعداد طبقات مختلف):

- تابش دریافتی از یک طبقه تا سی طبقه کاهش دارد.

نتیجه:

افزایش تعداد طبقه با تابش رابطه معکوس دارد.

رابطه شاخص آسایش حرارتی با افزایش طبقه(در تعداد طبقات):

- شاخص آسایش حرارتی یک طبقه تا بیست و شش طبقه افزایش می یابد و از بیست و هفت طبقه تا سی طبقه به کاهش ثابت می رسد.
- شاخص آسایش حرارتی از بیست و هفت طبقه تا سی طبقه کاهش می یابد.

نتیجه:

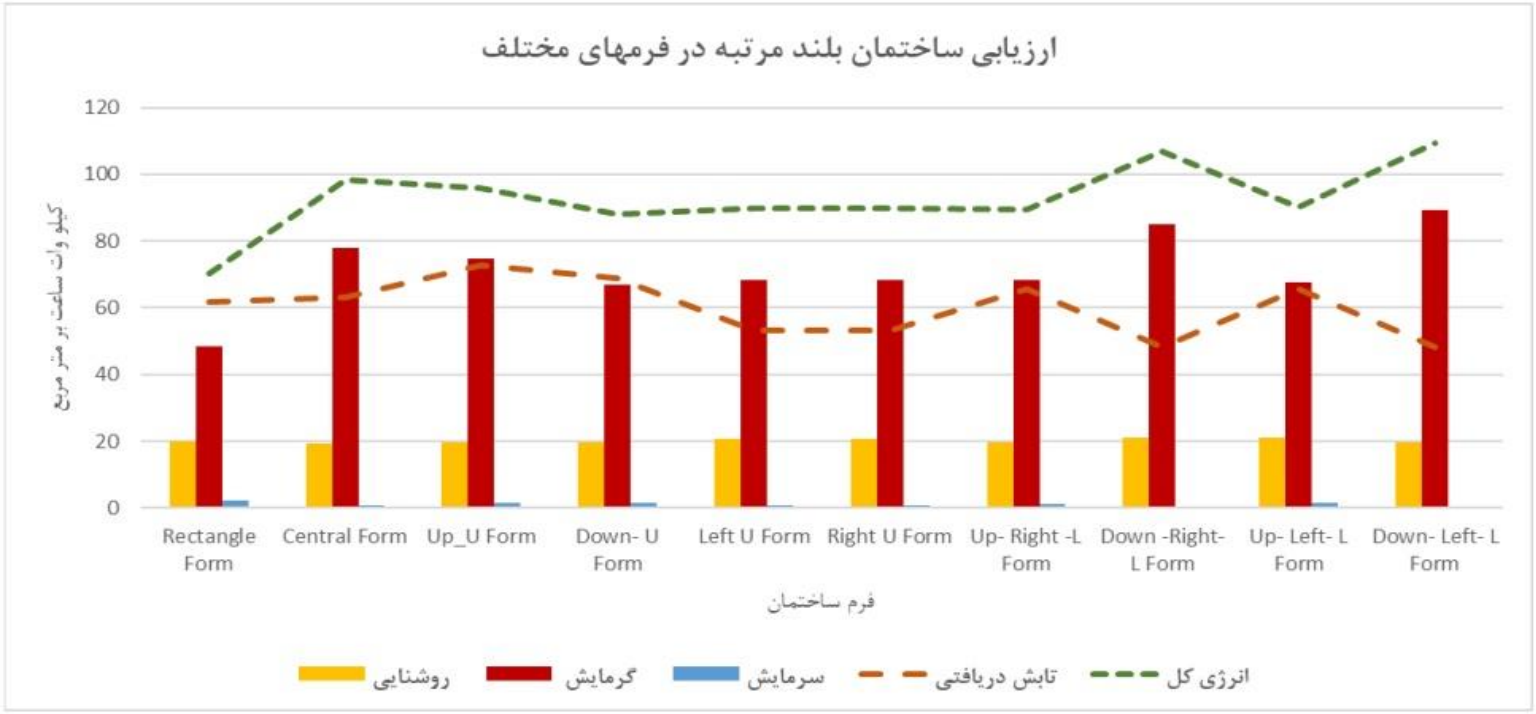
شاخص آسایش حرارتی یک طبقه تا بیست شش طبقه رابطه مستقیم با تعداد طبقات دارد و از بیست شش طبقه به بعد رابطه معکوس با تعداد طبقات دارد.

نتایج:

- به منظور ارزیابی میزان مصرف انرژی و تابش دریافتی در ساختمان بلند مورد نظر پژوهش، پس از بررسی مشخصات هندسی ساختمان یک طبقه در بخش‌های قبل، تعداد طبقات افزایش یافته و شبیه‌سازی و تحلیل به ازای اضافه شدن هر طبقه تکرار شده است.
- شبیه‌سازی مطابق با داده‌های جدول انجام شده است.
- مصرف انرژی در بخش روشنایی، با افزایش تعداد طبقات با توجه به کاهش تابش دریافتی و همچنین کاهش تابش حاصل از انعکاس سطوح پیرامون، افزایش یافته است.
- انرژی مصرفی در بخش گرمایش با افزایش تعداد طبقات کاهش و در بخش تامین سرمایش افزایش یافته، بدین صورت که گرمایش ساختمان یک طبقه در مقایسه با ساختمان بیست وشش طبقه مصرف انرژی بیشتری را دارا است.
- از آنجا که نیاز غالب اقلیم شهر اردبیل گرمایش است، بلند مرتبه سازی می‌تواند در این اقلیم موثر واقع شود. میزان انرژی کل نیز با افزایش تعداد طبقات روند نزولی و آسایش حرارتی روند صعودی (بهبود شرایط آسایش) داشته است.
- مقدار بیشینه انرژی کل مربوط به ساختمان یک طبقه و کمینه آن متعلق به ساختمان بیست و شش طبقه است.

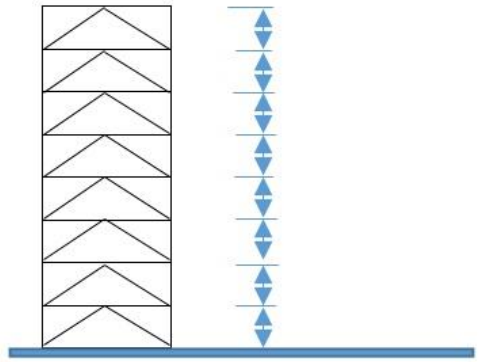
فرم ساختمان بلند مرتبه (۲۶ طبقه)

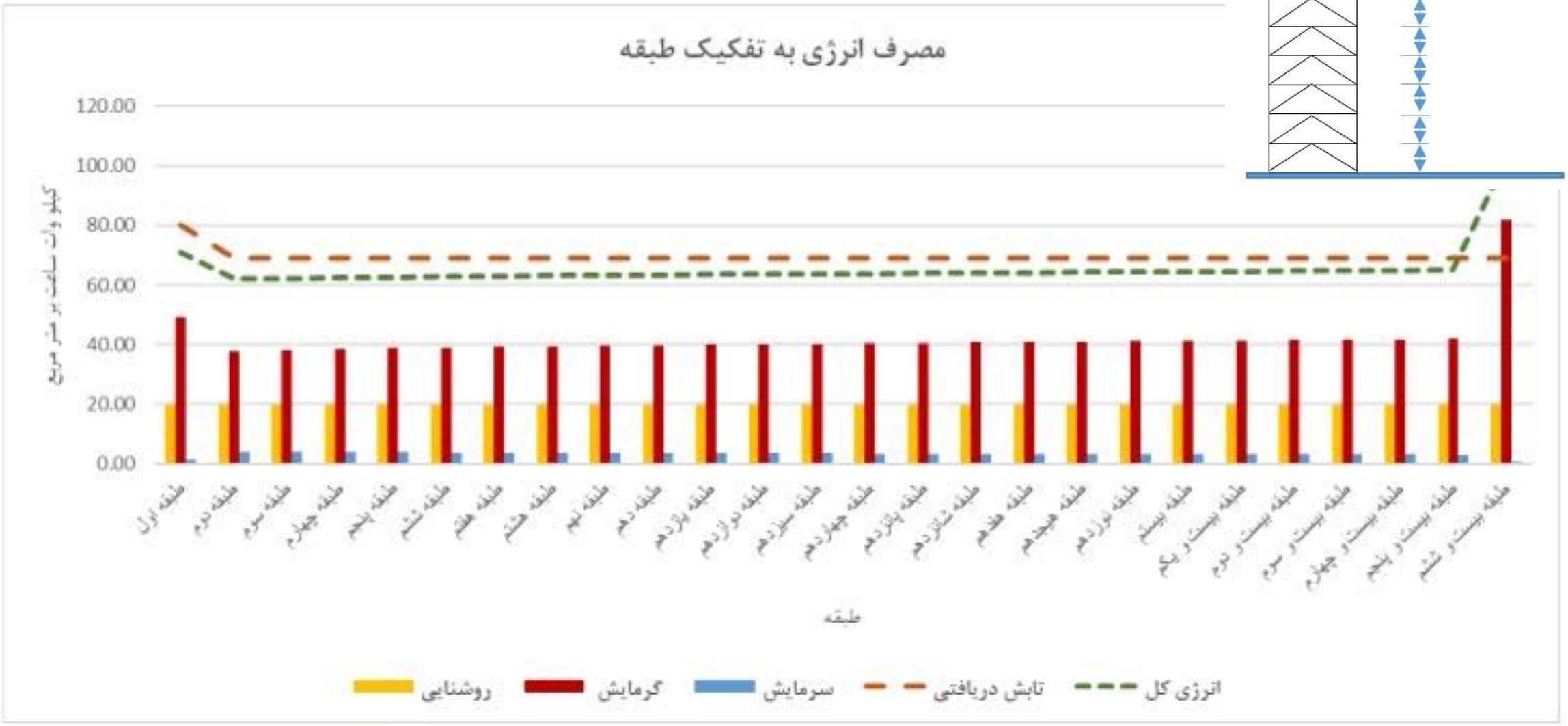
فرم	kWh/m²		فرم	kWh/m²	
N	روشنایی	۱۹.۸۹		روشنایی	۱۹.۴۱
	گرمایش	۴۸.۳۵		گرمایش	۷۸.۰۱
	سرمایش	۲.۱۰		سرمایش	۰.۹۴
	انرژی کل	۷۰.۳۳		انرژی کل	۹۸.۳۷
Rectangle Form	تابش دریافتی	۶۱.۸۱	Central Form	تابش دریافتی	۶۳.۰۲
	روشنایی	۱۹.۶۳		روشنایی	۱۹.۶۵
	گرمایش	۷۴.۸۱		گرمایش	۶۶.۷۴
	سرمایش	۱.۵۶		سرمایش	۱.۶۲
	انرژی کل	۹۶.۰۰		انرژی کل	۸۸.۰۱
Up-U Form	تابش دریافتی	۷۲.۹۱	Down-U Form	تابش دریافتی	۶۹.۰۲
	روشنایی	۲۰.۶۴		روشنایی	۲۰.۷۴
	گرمایش	۶۸.۳۵		گرمایش	۶۸.۱۹
	سرمایش	۰.۷۷		سرمایش	۰.۷۵
	انرژی کل	۸۹.۷۶		انرژی کل	۸۹.۷۰
Left-U Form	تابش دریافتی	۵۳.۲۱	Right-U Form	تابش دریافتی	۵۳.۱۸
	روشنایی	۱۹.۶۴		روشنایی	۲۱.۱۴
	گرمایش	۶۸.۵۱		گرمایش	۸۵.۰۹
	سرمایش	۱.۳۳		سرمایش	۰.۶۵
	انرژی کل	۸۹.۴۸		انرژی کل	۱۰۶.۸۸
Up-Right -L Form	تابش دریافتی	۶۵.۵۱	Down-Right- L Form	تابش دریافتی	۴۸.۳۳
	روشنایی	۲۱		روشنایی	۱۹.۷۵
	گرمایش	۶۷.۶۱		گرمایش	۸۹.۲۳
	سرمایش	۱.۵۰		سرمایش	۰.۵۵
	انرژی کل	۹۰.۱۰		انرژی کل	۱۰۹.۵۳
Up-Left- L Form.	تابش دریافتی	۶۵.۵۹	Down-Left- L Form	تابش دریافتی	۴۸.۴۲



- فرم‌های بررسی شده برای ساختمان یک طبقه است.
- میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش با مقدار ۴۸,۳۵ کیلووات ساعت بر متر مربع وانرژی کل با مقدار ۷۰,۳۳ کیلو وات ساعت بر متر مربع متعلق به فرم مستطیل است.
- میزان تابش دریافتی نیز در تناسب با میزان انرژی کل مصرفی در فرم مستطیل، شرایط مناسبی را در مقایسه با دیگر فرمها دارد.
- بر این اساس، مشابه نتیجه‌ی حاصل از ارزیابی فرم برای ساختمان یک طبقه، فرم مستطیل به عنوان فرم مطلوب(۲۶ طبقه) برای اقلیم هدف شناخته و انتخاب شده است.

ارزیابی ساختمان به تفکیک طبقه





بررسی مصرف انرژی به تفکیک طبقه

طبقه	کیلو وات ساعت بر متر مربع (kWh/m^2)					
	روشنایی	گرمایش	سرمایش	انرژی کل	تابش دریافتی	شاخص آسایش حرارتی (PMV)
شانزدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۶۹	۳.۴۳	۶۴.۰۴	۶۸.۹۹	-۱.۰۲
هفدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۸۴	۳.۳۹	۶۴.۱۵	۶۸.۹۹	-۱.۰۲
هیجدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۹۸	۳.۳۶	۶۴.۲۶	۶۸.۹۹	-۱.۰۳
نوزدهم	۱۹.۹۲	۴۱.۱۲	۳.۳۳	۶۴.۳۷	۶۸.۹۹	-۱.۰۳
بیستم	۱۹.۹۲	۴۱.۲۶	۳.۲۹	۶۴.۴۷	۶۸.۹۹	-۱.۰۳
بیست و یکم	۱۹.۹۲	۴۱.۴۰	۳.۲۶	۶۴.۵۸	۶۸.۹۹	-۱.۰۳
بیست و دوم	۱۹.۹۲	۴۱.۵۳	۳.۲۳	۶۴.۶۸	۶۸.۹۹	-۱.۰۴
بیست و سوم	۱۹.۹۲	۴۱.۶۷	۳.۲۰	۶۴.۷۹	۶۸.۹۹	-۱.۰۴
بیست و چهارم	۱۹.۹۲	۴۱.۸۱	۳.۱۷	۶۴.۸۹	۶۸.۹۹	-۱.۰۴
بیست و پنجم	۱۹.۹۲	۴۱.۹۴	۳.۱۴	۶۵.۰۰	۶۸.۹۹	-۱.۰۵
بیست و ششم	۱۹.۹۲	۸۱.۶۹	۰,۷۵	۱۰۲.۳۳	۶۸.۹۹	-۱.۴۷

طبقه	کیلو وات ساعت بر متر مربع (kWh/m^2)					
	روشنایی	گرمایش	سرمایش	انرژی کل	تابش دریافتی	شاخص آسایش حرارتی (PMV)
اول	۱۹.۸۰	۴۹.۴۷	۱.۵۷	۷۰.۸۳	۸۰.۱۷	-۱.۲۲
دوم	۱۹.۹۲	۳۷.۸۴	۴.۲۱	۶۱.۹۶	۶۸.۹۹	-۰.۹۶
سوم	۱۹.۹۲	۳۸.۲۶	۴.۰۹	۶۲.۲۶	۶۸.۹۹	-۰.۹۷
چهارم	۱۹.۹۲	۳۸.۵۵	۴.۰۰	۶۲.۴۷	۶۸.۹۹	-۰.۹۷
پنجم	۱۹.۹۲	۳۸.۸۱	۳.۹۳	۶۲.۶۵	۶۸.۹۹	-۰.۹۸
ششم	۱۹.۹۲	۳۹.۰۲	۳.۸۶	۶۲.۸۱	۶۸.۹۹	-۰.۹۸
هفتم	۱۹.۹۲	۳۹.۲۳	۳.۸۱	۶۲.۹۶	۶۸.۹۹	-۰.۹۹
هشتم	۱۹.۹۲	۳۹.۴۲	۳.۷۶	۶۳.۰۹	۶۸.۹۹	-۰.۹۹
نهم	۱۹.۹۲	۳۹.۵۹	۳.۷۱	۶۳.۲۲	۶۸.۹۹	-۱.۰۰
دهم	۱۹.۹۲	۳۹.۷۷	۳.۶۶	۶۳.۳۵	۶۸.۹۹	-۱.۰۰
یازدهم	۱۹.۹۲	۳۹.۹۳	۳.۶۲	۶۳.۴۷	۶۸.۹۹	-۱.۰۰
دوازدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۰۹	۳.۵۸	۶۳.۵۹	۶۸.۹۹	-۱.۰۱
سیزدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۲۵	۳.۵۴	۶۳.۷۱	۶۸.۹۹	-۱.۰۱
چهاردهم	۱۹.۹۲	۴۰.۴۰	۳.۵۰	۶۳.۸۲	۶۸.۹۹	-۱.۰۱
پانزدهم	۱۹.۹۲	۴۰.۵۵	۳.۴۶	۶۳.۹۳	۶۸.۹۹	-۱.۰۲

تجزیه و تحلیل (تفکیک طبقات)

انفرادی	تعداد طبقه (طبقه...)	وضعیت
انرژی مصرفی کل	۱-۲	کاهش
	۳-۲۶	افزایش
تابش دریافتی	۱-۲	کاهش
	۳-۲۶	ثابت
شاخص آسایش حرارتی	۱-۲	افزایش
	۳-۲۶	کاهش

رابطه انرژی کل با افزایش طبقات:

- طبقه دوم نسبت به طبقه اول، کاهش انرژی کل را دارد.
- افزایش انرژی کل از طبقه دوم شروع‌شده تا طبقه بیست و پنجم ادامه دارد اما هیچ‌کدام از طبقات به انرژی
- کل طبقه اول نمی‌رسد.
- طبقه بیست و ششم نسبت به طبقه بیست و پنجم افزایش انرژی دارد حتی به طبقه اول نمی‌رسد.

نتیجه:

به‌طورکلی با افزایش طبقات، میزان انرژی کل بیشتر می‌شود و افزایش طبقات رابطه مستقیم باانرژی کل دارد.

رابطه تابش با افزایش طبقات:

- تابش دریافتی طبقه دوم نسبت به طبقه اول کاهش می‌یابد.
- تابش دریافتی طبقه اول‌ازهمه طبقات بیشتر هست.
- تابش دریافتی از طبقه دوم تا طبقات بیست و ششم ثابت هست.

نتیجه:

با افزایش طبقات تابش دریافتی ثابت باقی می‌ماند.

رابطه شاخص آسایش حرارتی با افزایش طبقات:

- شاخص آسایش حرارتی طبقه دوم نسبت به طبقه اول افزایش دارد.
- کاهش آسایش حرارتی از طبقه دوم شروع‌شده تا طبقه بیست و ششم ادامه دارد.
- کاهش آسایش حرارتی طبقه بیست و ششم از همه طبقات بیشتر هست.

نتیجه:

با افزایش طبقات شاخص آسایش حرارتی کمتر می‌شود و افزایش طبقات با آسایش حرارتی رابطه معکوس دارد.

- **ارزیابی:**

- **روشنایی:** کمترین مقدار روشنایی مربوط به طبقه اول ساختمان بوده که با توجه به بیشترین مقدار تابش دریافتی در طبقه اول نسبت به دیگر طبقات و همچنین دریافت انعکاس حاصل از کف و سطوح در آن، است.

- **تابش:** تابش دریافتی در طبقه اول بیشتر از سایر طبقات است و سایر طبقات یکسان می‌باشد.

- **مصرف انرژی:** در تأمین گرمایش طبقه اول برابر با مقدار ۴۹.۴۷ کیلووات ساعت بر مترمربع است. مقدار مربوط به این بخش در طبقه دوم در مقایسه با طبقه اول، کاهش چشمگیری را داشته و پس‌ازآن در دیگر طبقات به‌مرور این میزان افزایش‌یافته است که در طبقه بیست و ششم، مقدار ۸۱.۶۹ کیلووات ساعت بر مترمربع، بیشترین مقدار مصرف را به خود اختصاص داده که به دلیل اتلاف حرارتی که از طریق بام اتفاق می‌افتد

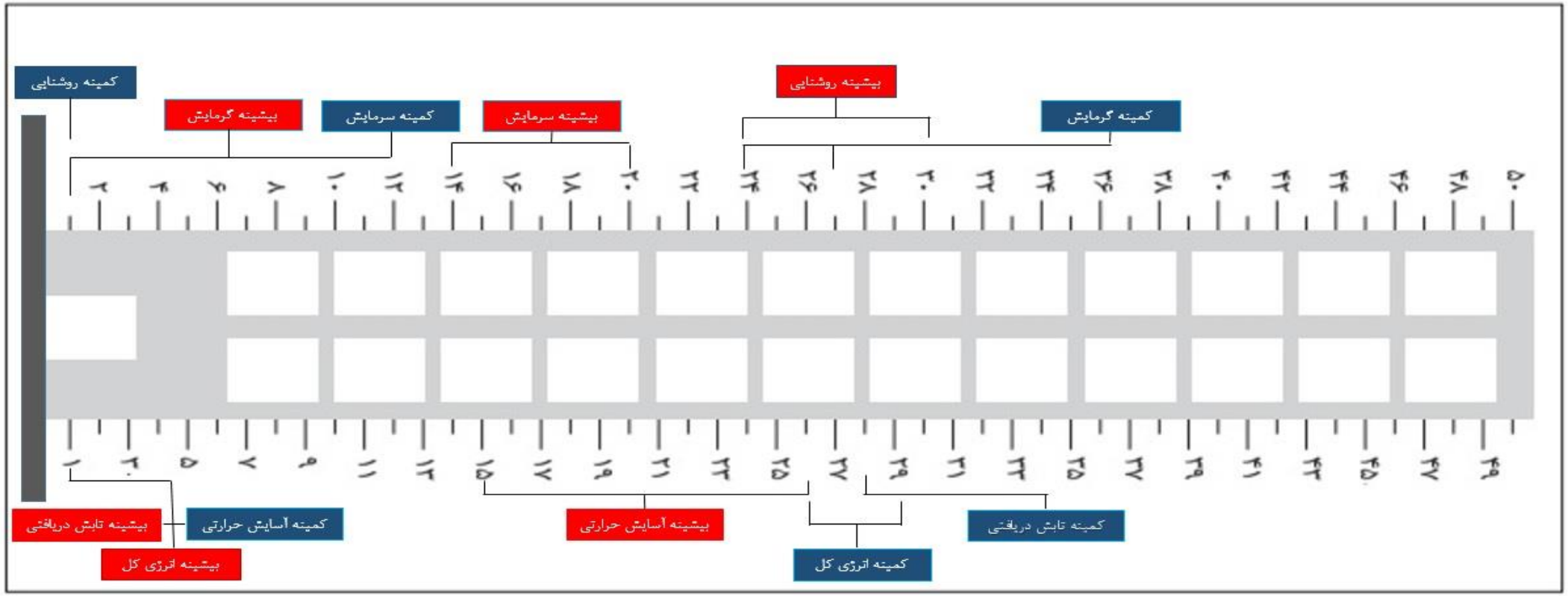
- **سرمایش:** مقدار مصرف انرژی برای سرمایش طبقه‌ی اول ۱.۵۷ کیلووات ساعت بر مترمربع است. در بررسی مجزای طبقات، این عدد در طبقه دوم در مقایسه با طبقه اول افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته و پس‌ازآن در طبقات بالاتر مقدار آن روند نزولی را طی نموده و کمترین مقدار متعلق به طبقه بیست و ششم بوده که مقدار آن برابر ۰.۷۵ کیلووات ساعت بر مترمربع است. میزان مصرف انرژی در بخش سرمایش هر طبقه به‌جز طبقه بیست و ششم، نسبت به طبقه اول افزایش داشته است.

- **انرژی کل:** در بخش روشنایی، گرمایش و سرمایش به تفکیک طبقه، میزان انرژی کل در طبقه بیست و ششم ساختمان بیشترین مقدار و برابر ۱۰۲.۳۳ کیلووات ساعت بر مترمربع است. انرژی کل مربوط به طبقه دوم نسبت به طبقه اول کاهش‌یافته است و در طبقات بالاتر نسبت به طبقه دوم افزایش داشته است. در طبقه آخر انتقال حرارت از بام وجود دارد، لذا انرژی کل به نسبت دیگر طبقات افزایش چشمگیری داشته است.

- **آسایش حرارتی:** میزان آسایش حرارتی نیز همانند انرژی کل مربوط به طبقه دوم در مقایسه با طبقه اول کاهش‌یافته است. عدد مربوطه در طبقات بالاتر نسبت به طبقه دوم افزایش داشته و بیشترین مقدار متعلق به طبقه بیست و ششم است. در آسایش حرارتی منظور از افزایش، عدم رضایت کاربران است.

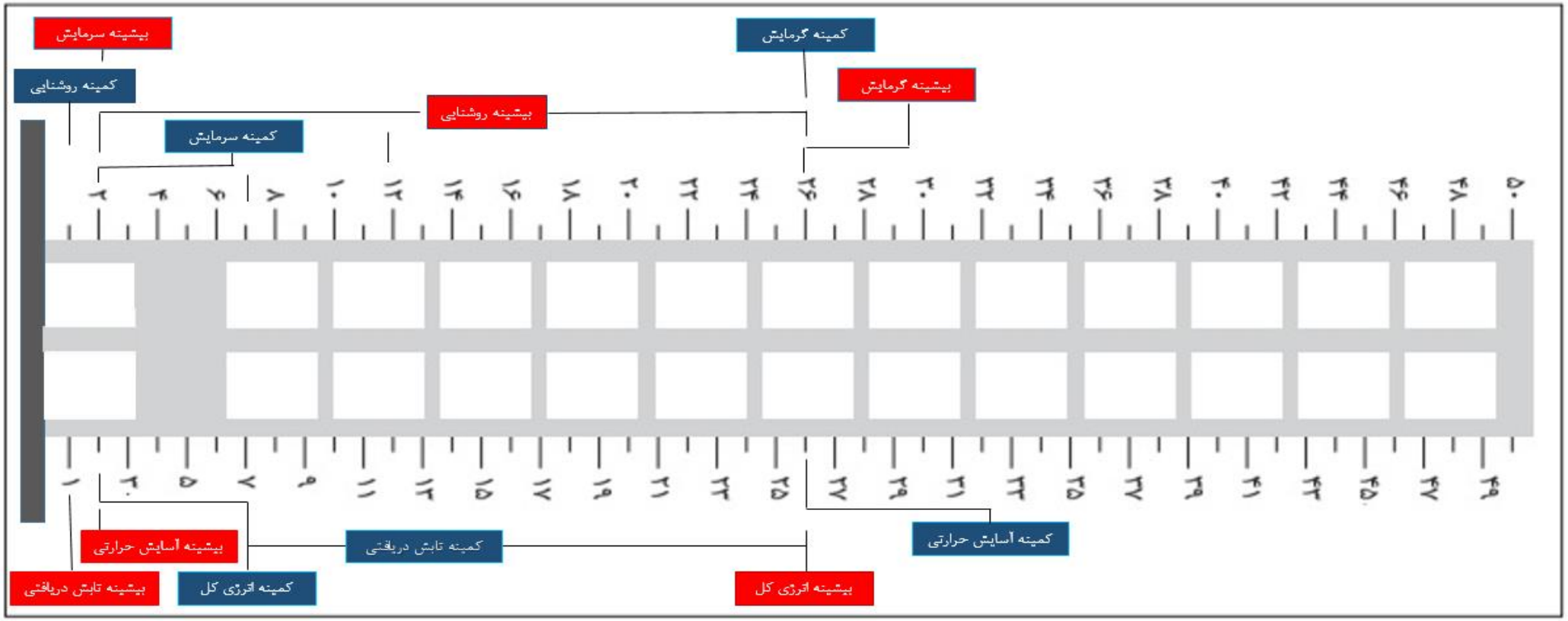
تحلیلی و مقایسه ای (تجمیع طبقات)

پارامترهای بهره وری تعداد طبقات-تجمیعی					
	کمینه	بیشینه		کمینه	بیشینه
انرژی کل	۲۶ الی ۲۹ طبقه	۱ طبقه	روشنایی	۱ طبقه	۲۴ الی ۳۰ طبقه
			گرمایش	۲۴ الی ۲۷ طبقه	۱ طبقه
			سرمایش	۱ طبقه	۱۴ الی ۲۰ طبقه
تابش دریافتی	۳۰ طبقه	۱ طبقه	❖ بیست‌وشش طبقه از نظر انرژی کل، تابش دریافتی و شاخص حرارتی، به عنوان طبقه اپتیمم می باشد.		
شاخص آسایش حرارتی	۱ طبقه	۱۵ الی ۲۶ طبقه			



تحلیلی و مقایسه ای (تفکیک طبقات)

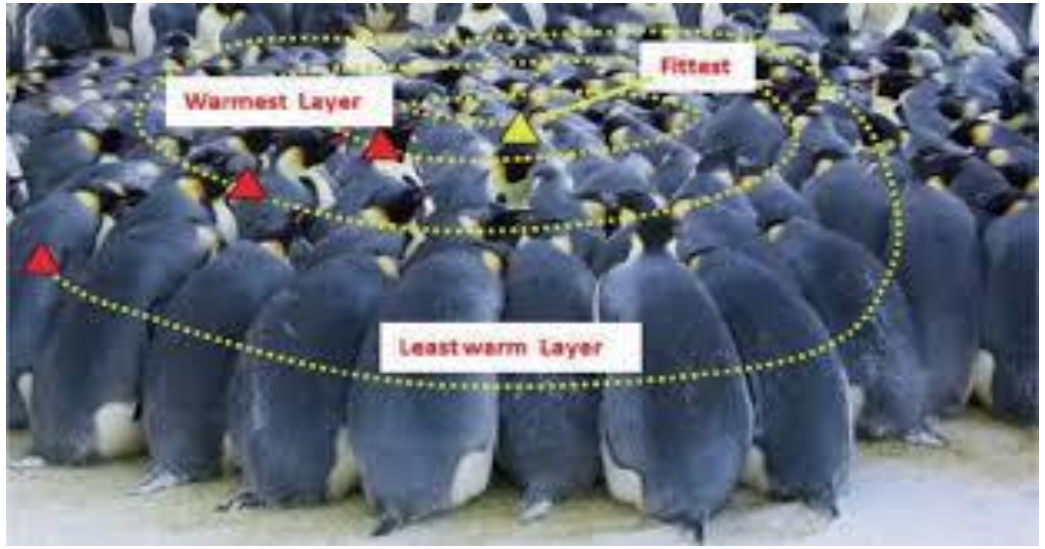
پارامترهای بهره وری طبقه تعداد- مجزا					
	کمینه	بیشینه		کمینه	بیشینه
انرژی کل	طبقه ۲	طبقه۲۶	روشنایی	طبقه ۱	طبقه ۲ الی ۲۶ ثابت
			گرمایش	طبقه ۲	طبقه ۲۶
			سرمایش	طبقه ۲۶	طبقه ۲
تابش دریافتی	۲ الی ۲۶ ثابت	طبقه ۱	❖ طبقه ۲۶ انرژی کل بالا و با شاخص حرارتی کمتر (نارضایتی بیشتر) می باشد.		
شاخص آسایش حرارتی	طبقه ۲۶	طبقه ۲			



جمع بندی نتایج(تجمیع و تفکیک طبقات)

طبقات	انرژی کل	تابش	شاخص آسایش حرارتی	
افزایش تعداد طبقات مختلف (تجمیعی- X طبقه)	کاهش (معکوس)	کاهش(معکوس)	۱-۲۶	افزایش(مستقیم)
			۲۶-۳۰	کاهش(معکوس)
افزایش طبقات (انفرادی-طبقه X)	افزایش(مستقیم)	ثابت	کاهش(معکوس)	

❖ **بررسی رابطه طبقات با پارامترهای بهره وری**



جمع بندی ارزیابی ها

۱. **نسبت سطح به حجم ساختمان:** نسبت سطح به حجم ۱:۶ به‌عنوان مبنای کار قرارگرفته و سعی شده تا تناسب اضلاع با مساحت ثابت طبقه بررسی گردد.

۲. **تناسبات پلان (نسبت طول به عرض):** نسبت مطلوب اضلاع برای ساختمان یک طبقه، نسبت طول به عرض ۱/۵

۳. **ارتفاع بهینه:** کمترین میزان مصرف انرژی در بخش گرمایش ساختمان، نیاز اصلی اقلیم شهر اردبیل متعلق به ساختمان با ارتفاع ۲.۸۰ متر است.

۴. **ارزیابی و انتخاب فرم بهینه:** ارزیابی و انتخاب فرم بهینه فرم مستطیل در مقایسه با دیگر فرم‌ها، کمترین میزان مصرف انرژی در تأمین گرمایش موردنیاز و همچنین کمترین مقدار انرژی کل را دارد.

۵. **پیکره‌بندی بهینه پلان:** در پیکره‌بندی بهینه پلان شماره ۱۲ در مقایسه با دیگر حالت‌های شبیه‌سازی‌شده، مصرف انرژی کمتری در تأمین گرمایش و همچنین انرژی کل را سبب شده است.

۶. **میانگین آرا پیش‌بینی‌شده:** نمودار PMV(میانگین آرا پیش‌بینی‌شده) مربوط به پلان شماره یک، نیاز به گرمایش در بازه‌های سرد سال را خاطرنشان می‌سازد. در ماهه‌ای گرم سال نیاز به سرمایش نبوده و شرایط آسایش به‌صورت نسبی برقراراست.

۷. **جهت‌گیری بهینه ساختمان:** با توجه به بهتر بودن تابش دریافتی در جهت شرق، زاویه ۵ درجه جنوب شرقی به‌عنوان جهت قرارگیری مطلوب برای ساختمان انتخاب‌شده است.

۸. **نسبت بهینه مساحت پنجره به دیوار:** ۳۴ درصد گشودگی به‌عنوان نسبت مطلوب برای بازشوهای ساختمان یک طبقه منتخب در نظر گرفته می‌شود.

۹. **مصالح و مشخصات در نظر گرفته‌شده:** مشخصات جداره‌های داخلی و خارجی، کف، کف طبقات و مشخصات بام طبق جدول مطابق ساختمان‌های متعارف در نظر گرفته‌شده است.

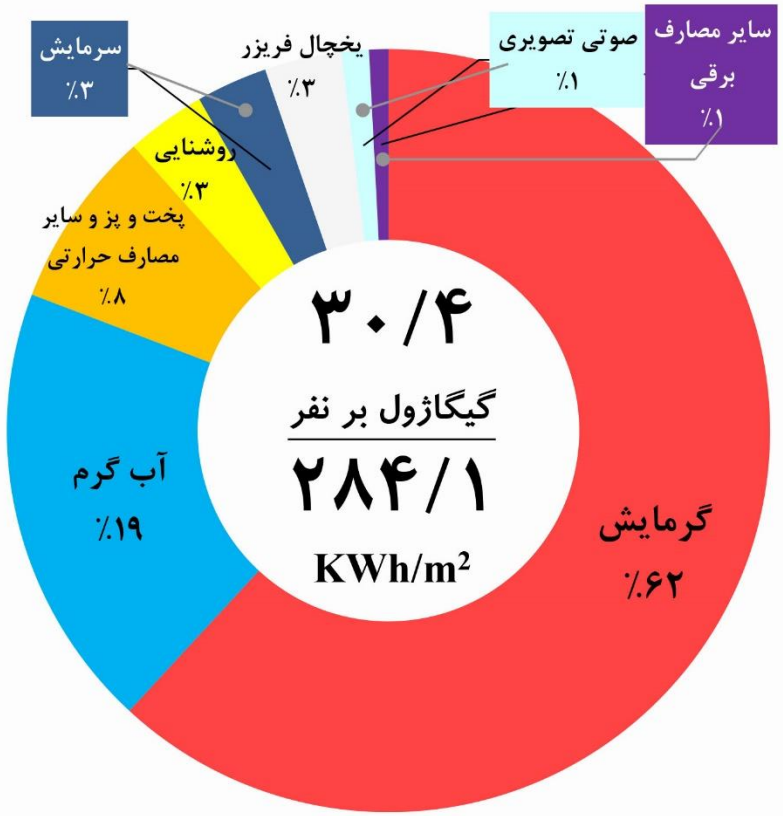
۱۰. **ارزیابی ساختمان منتخب در تعداد طبقات مختلف (تجمیع طبقات):** مقدار بیشینه انرژی کل مربوط به ساختمان یک طبقه و کمینه آن متعلق به ساختمان بیست‌وشش طبقه است.

۱۱. **ارزیابی ساختمان‌های بلندمرتبه در فرم‌های مختلف:** مشابه نتیجه حاصل از ارزیابی فرم برای ساختمان یک طبقه، فرم مستطیل به‌عنوان فرم مطلوب برای اقلیم هدف شناخته و انتخاب‌شده است.

۲۱. ارزیابی ساختمان بلندمرتبه به تفکیک طبقه: انرژی کل (روشنایی، گرمایش و سرمایش) مربوط به طبقه دوم نسبت به طبقه اول کاهش‌یافته است و در طبقات بالاتر نسبت به طبقه دوم افزایش داشته است. طبقه آخر به لحاظ انتقال حرارت از بام به نسبت دیگر طبقات افزایش چشمگیری داشته است.میزان آسایش حرارتی نیز همانند انرژی کل مربوط به طبقه دوم در مقایسه با طبقه اول کاهش‌یافته است. عدد مربوطه در طبقات بالاتر نسبت به طبقه دوم افزایش داشته و بیشترین مقدار متعلق به طبقه بیست و ششم است.تابش دریافتی در طبقه اول بیشتر از سایر طبقات است و سایر طبقات یکسان هست.

۳۱. از آنجا که نیاز غالب اقلیم شهر اردبیل گرمایش است، بلند مرتبه سازی می‌تواند در این اقلیم موثر واقع شود. میزان انرژی کل نیز با افزایش تعداد طبقات روند نزولی و آسایش حرارتی روند صعودی (بهبود شرایط آسایش) داشته است.

برآورد الگوی مصارف نهایی بخش خانگی به تفکیک کاربرد نهایی (End-Uses) در سال ۱۳۹۵



میزان مصرف انرژی ساختمان مسکونی کاربرد نهایی و بهینه سازی شده در سال ۱۳۹۵

انرژی و کاربرد	الگوی مصارف نهایی سالانه کشوری kwh/m^2	درصد از کل	مصرف سالانه بهینه سازی شده kwh/m2	درصد از کل	درصد تغییرات
گرمایش	۱۷۶/۱۳۲	۹۱	۴۲/۱۶	۶۵	-۲۴
سرمایش	۸/۵۳۲	۴/۵	۳/۳۸	۵	-۳۹/۶
روشنایی	۸/۵۳۲	۴/۵	۱۹/۹	۳۰	+۲/۳۳
مصرف سالیانه کل	۱۹۳/۸۸	۱۰۰	۶۵/۴۵	۱۰۰	-۳۳/۸
تابش میانگین			۶۹/۴۲		

مهم‌ترین یافته‌ها و نتیجه‌گیری تحقیق

نتایج حاصل از شبیه‌سازی و سنجش اعتبار آن با برآورد الگوی مصرف نهایی بخش خانگی به تفکیک کاربرد نهایی (end use)در سال ۱۳۹۵، پژوهش نشان داد که **بهینه‌سازی شاخصه‌های فرم معماری** تا ۲۴ درصد کاهش بار گرمایشی، ۳۹/۶ درصد کاهش بار سرمایشی، ۲/۳۳ درصد افزایش بار روشنایی و ۳۳/۸ درصد کاهش انرژی کل (اثر ترکیبی) در مصرف انرژی سالیانه و افزایش آسایش حرارتی در ساختمان‌های بلند مسکونی شهر اردبیل تا طبقه بیست و ششم به دنبال دارد. اثر ترکیبی بارهای گرمایش، سرمایش و روشنایی درمجموع نشان از کاهش بار حرارتی ساختمان به‌طورکلی در طول یک سال دارد.

- **میزان مصرف انرژی کل با افزایش تعداد طبقات روند نزولی و آسایش حرارتی روند صعودی (بهبود شرایط آسایش تا طبقه ۲۶ام) داشته است. لذا بلندمرتبه‌سازی ساختمان‌های مسکونی می‌تواند در این اقلیم مؤثر واقع شود.**

سپاس فراوان

تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره وری انرژی ساختمان های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک (نمونه موردی: شهر اردبیل)

عبدالعزیز ابراهیم زاده